

温州みかん園における除草剤の連用が線虫・
ダニ・トビムシ等に及ぼす影響

石橋信義・村岡 実*・近藤栄造・山崎 浩
甲斐秀昭**・岩切 徹***・中原美智男***

(応用動物学教室)

昭和52年7月21日 受理

Effect of Annual Application of Herbicides on Nematodes, Soil
Mites, and Springtails in Satsuma Mandarin Orchards

Nobuyoshi ISHIBASHI, Minoru MURAOKA*, Eizo KONDO,
Hiroshi YAMASAKI, Hideaki KAI**, Tooru IWAKIRI***,
and Michio NAKAHARA***

(Laboratory of Nematology and Entomology, Faculty of Agriculture)

Received July 21, 1977

Summary

The annual application of herbicides (paraquat in spring, paraquat and bromacil in summer) in satsuma mandarin orchard brought about a decrease in free-living soil organisms participating in the decomposition of organic matters, and an increase in plant-parasitic or predacious ones being capable of withstanding desiccation.

Nematodes: In the total number of nematodes collected, no significant differences were observed between the plots with and without herbicides, except in one locality. However, in the plots treated with herbicides, the citrus root nematode, *Tylenchulus semi-penetrans*, was predominant forming 70–80% of all nematodes throughout the investigation period (1974–1975). *Cephalobus* spp. and *Aphelenchus avenae* were dominant species among the free-living nematodes. Both of these were experimentally confirmed to become predominant as the soil of a sod-mulching plot was allowed to desiccate in a glass-house. Mononchida, especially *Clarkus* sp., monopolized the predacious nematodes in every treated plot. On the other hand, untreated sod-mulching or cut-grass mulching plots had more species with higher diversities. Plant-parasitic nematodes were smaller in percentage, but had more species in number. Among free-living ones, Enoplida and Chromadorida were detected, but few of these were collected from the treated plots. Predacious nematodes also had more species, in particular more Dorylaimida than Mononchida species in untreated plots.

Soil mites: Prostigmatids and mesostigmatids remarkably decreased in number in the treated plots. Astigmatids were rather prone to increase with herbicides. Cryptostigmatids did not significantly decrease, but their species diversity (β -indices) clearly did. Of all cryptostigmatids collected from the plots treated with herbicides, Oribatei Supe-

* 佐賀県農業大学校 Saga Prefectural College of Agriculture

** 九州大学農学部肥科学教室 Laboratory of Plant Nutrition, Kyushu Univ.

*** 佐賀県果樹試験場化学研究室 Laboratory of Chemistry, Saga Pref. Fruit Tree Exp. Sta.

riores group was more prevalent than Oribatei Inferiores one, which inclined to increase in sod-mulching and all the more to weed-tree forest.

Springtails: Collembola species living in upper layers of soil were mostly decreased in number by herbicides or nematicides, with no exceptions.

Despite different experimental localities consisting of different mother rock and soil texture, the annual application of herbicides gave rise to the increase in similarity (C_s-values) of the soil mesofaunae communities between each treated plot. The decrease in organic matters, the lower pH, the fluctuation of water content, and the increase in fungi in the treated plots may account for the convergence of soil community.

緒 言

近年、農業の近代化に伴ない、除草剤を含む各種農薬は大量に農耕地土壌に投入され、農業生産の増大と安定に貢献してきた。事実、殺虫剤・殺菌剤等の発達は病害虫による被害を減少させるとともに、多肥栽培による多収穫を可能にし、除草剤の普及は農作業に安定した計画性をもたらした。その結果、近年の栽培体系は農薬に依存して体系づけられ、特産地においては連作をいかに回避するかでなく、連作をいかに持続し、なおかつ生産性をいかに向上させるかが、生産者の関心事となっている。このことは、農業の地域性が高まるとともに、今後のひとつの課題となるであろう。従って、農薬の使用は今後も不可避であり、地域によっては増加することはあっても、減少することはないとみられる。しかし一方では、薬剤の土壌蓄積による作物や環境の汚染等がすでに問題になっている。

農薬による不利益は、単にわれわれの周辺に起りかねない公害のみに止まるものではない。農薬をもたらす土壌生態系と物質循環の攪乱、およびその結果生じるであろう土壌生産性（地力）の低下が予想されるのである。

土壌においては、生産・消費・分解の役割をもつもろもろの生物が有機的に関連しつつともに円滑に機能している状態下で、最も安定した生態系が構築される。その中で、線虫・ダニ・トビムシ等の中型動物は個体数において土壌中では最も多数を占め、主として分解者として存在しているが、線虫類は微生物の環境調節者としての役割が大きいことも、最近示唆されている²⁾³⁾。

1973年筆者らのうち中原と岩切は、最近とみに荒廃化したみかん園土壌の回復をはかるため、「果樹園土壌の地力維持に関する研究」をとりあげ、除草剤施用と土壌生物相の関点に焦点をおいた調査を開始した。1974年この研究の協力体制として甲斐らが土壌微生物相を、石橋らが土壌中型動物相を分担することになった。さらに1975年文部省特定研究「合成薬剤と土壌生物相との相互作用」*が発足し、甲斐・石橋らはこの研究グループの一員として本研究を継続した。本報告は、上記経緯のもとに1971年から1976年にわたって佐賀県内みかん園において調査したものである。土壌という構造的にも機能的にも複雑な場においては、投入された薬剤の挙動や生物への影響等を解析することはきわめて困難であり、また世界的にみてもこの種の研究はようやく緒についた段階である。従って、本報告においても、諸データの解釈はなお数年の調査結果に待つべきかも知れないが、調査の一応の区切りとして提示する。

調 査 方 法

佐賀県内みかん園の除草剤長期連用園とそれに隣接する除草剤無施用園（草生または敷わら）

* 文部省特定研究 (1) 代表者: 古坂澄石 (東北大学)

を、土壌の母材および土性別に3カ所（小城；花崗岩・砂壤土，10年以上施用，多久；三紀層・壤土，7年以上施用，唐津；玄武岩・埴壤土，2年施用）選定した。除草剤施用は3試験地とも4月上旬パラコート24%乳剤 300ml/10a，7月下旬～8月上旬パラコート24% 300ml/10a およびプロマシル80%乳剤 100g/10a である。他の農薬・施肥等はすべて慣行法によった。1975年には、唐津試験地で隣接した雑木林も調査対照とし、小城試験地では除草剤連用区に、殺線虫剤 DCIP（ネマモール）粒剤 4kg/10a 4月中旬処理の区を設けた。

土壌採集は除草剤施用を前後して春・夏それぞれ2回ずつ，10月12月にそれぞれ1回行ない，深さ 10cm まで 5cm おきに 100cc のコアを打ちこみ，各区から3～4点採集した。土壌は層別に混和し，100cc をベールマン法で線虫を分離し，同様に 100cc をツルグレン装置によってダニ・トビムシ等を層別に3～4点反復して採集した。

1975年8月，各試験地の草生または敷ワラ対照区の土壌を持ち帰り，5万分の1ポットにつめ，ガラス室内と屋外に放置した。屋外に置いたものは，除草剤（圃場撒布と同濃度のパラコート）撒布処理と無処理に分け，それぞれ3反復とした。以後1週間おきに10週まで，土壌水分と線虫相を調査した。

調査結果の解析には，種多様性の検定に森下の β -指数⁶⁾，または元村⁷⁾の a 値を，また区間類似性には森下の C_λ 値⁶⁾ を応用した。すなわち

$$\beta = \frac{(N-1) \cdot N}{\sum n_i (n_i - 1)}$$

$$\log y + ax = b$$

N : 全個体数

y : 個体数

n_i : 採集されたサンプル

x : 優占順位

N の中での i 番目の個体数

$$C_\lambda = \frac{2 \sum n_{1i} n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum n_{1i} (n_{1i} - 1)}{N_1 (N_1 - 1)}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum n_{2i} (n_{2i} - 1)}{N_2 (N_2 - 1)}$$

N_1, N_2 : サンプル I, II の個体数

n_{1i} : サンプル I の i 番目の個体数

n_{2i} : サンプル II の i 番目の個体数

結果ならびに考察

I. 線虫相

1974年から1975年にわたって除草剤連用区と対照区の総線虫数はほぼ同程度で有意差は認めなかった。年間を通して唐津（玄武岩）は土壌 100cc あたり，2,000～3,000頭，小城（花崗岩）は200～500頭を維持した。しかし，多久（三紀砂岩）は季節の変動が激しかった。全般的に10月は線虫数・種類数とも多く，調査地点による変動も少なく最も安定していると思われたので，以下10月の調査結果を基にして考察する。

第1表に土壌表面から 5cm おきに採集した総線虫数と，線虫類を食性によって類別した百分比を示した。全般的に 0～5cm よりも 5～10cm に個体数は多いが，小城・多久の除草剤連用区は季節的あるいは気象的に土壌の理化学的変動が激しいためか，層別線虫個体数に一貫した傾向はみられなかった。食性による類別では，全調査期間を通して，植物寄生性が連用区で圧倒的に

Table 1. Effect of herbicides on nematode fauna of satsuma mandarin orchard in 3 localities of Saga prefecture (Oct. 1974).
 Herbicides: paraquat 300 ml/10a for spring, paraquat 300 ml/10a and bromacil 100 g/10a for summer.
 Annual application has been made for more than 10, more than 7, and 2 years for Ogi, Taku, and Karatsu, respectively.
 Nematodes in 100 cc soil were recovered from different depth by Baerman funnel method with 4 replicates.

	Ogi (granite, sandy-loam)				Taku (sandyrock, loam)				Karatsu (basalt, clayish-loam)			
	Herbicides		Sod-mulch		Herbicides		Cut-grass mulch		Herbicides		Sod-mulch	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Total No.	443	288	272	412	2,793	2,369	234	353	249	2,217	492	2,260
Plant-parasitic												
No. of nemas	261	158	34	199	2,746	2,254	21	74	186	2,054	283	1,630
No. of spp.	3	4	4	4	1	2	3	9	4	4	4	5
Dominant spp.	Tyl.	Tyl.	Tyl.	Par.	Tyl.	Tyl.	Tyl.	Hel. Xip. Ty.	Tyl.	Tyl.	Tyl. Hel.	Tyl. Hel. Ty. Cri.
Dominancy %/sp.	92.4	89.4	54.5	65.0	100	99.7	66.6	18.0	95.2	98.3	41.3	20.1
Free-living												
No. of nemas	180	114	162	145	30	85	185	256	57	86	188	319
No. of spp.	9	9	9	10	5	5	11	14	7	7	14	14
Dominant spp.	Cep.	Cep.	Aph. Rha. Ple. Cep.	Aph. Rha. Cep. Ple.	Cep.	Cep. Aph.	Cep. Aph. Cep. Aph.	Cep. Aph.	Cep. Aph. Cep. Rha.	Cep. Rha.	Aph. Cep. Rha.	Mon. Cep. Rha. Ple.
Dominancy %/sp.	34.1	49.6	23.3	20.8	35.7	43.7	25.9	27.3	38.5	32.8	28.0	21.5
Predacious												
No. of nemas	2	16	76	68	17	30	28	22	6	77	21	311
No. of spp.	1	3	5	5	2	3	4	4	4	4	5	6
Dominant spp.	Cla.	Cla.	Myl. Nyg.	Myl. Dor.	Cla.	Cla. Myl.	Dor. Car. Iot.	Dor. Nyg. Myl.	Cla.	Cla. Myl.	Myl. Iot. Cla.	Cla. Myl. Dor. Apo.
Dominancy %/sp.	100	48.5	25.6	33.4	95.5	45.1	21.2	17.5	33.3	40.7	25.2	21.4

Tyl.; *Tylenchulus semipenetrans*, Par.; *Paratylenchus* sp., Hel.; *Helicotylenchus* sp., Xip.; *Xiphinema* sp., Ty.; *Tylenchus* sp., Cri.; Criconematidae, Cep.; Cephalobidae, Aph.; *Aphelenchus avenae*, Rha.; Rhabditidae, Ple.; Plectidae, Mon.; Monhysteridae, Cla.; *Clarkus* sp., Myl.; *Mylonchus* sp., Nyg.; Nygolaimidae, Dor.; Dorylaimidae, Car.; Carcarolaimidae, Iot.; Iotonchus sp., Apo.; Aporcelaimidae

Table 2. Effect of herbicides on the diversities of nematode fauna of satsuma mandarin orchard in 3 localities of Saga prefecture (Oct. 1975).

Conditions were same as those in Table 1, except for the duration of successive application of herbicides. Nematodes from 100 cc soil (0-10 cm in depth) were recovered with 4 replicates.

	Ogi		Taku		Karatsu	
	Herbicides	Sod-mulch	Herbicides	Cut-grass mulch	Herbicides	Sod-mulch
Total No. of nemas	596	624	1,596	2,095	1,045	1,188
Plant-parasitic %	65.78	33.11	70.43	56.41	76.56	54.12
Free-living %	32.88	54.01	26.51	38.10	21.62	41.84
Predacious %	1.34	11.34	3.06	5.49	1.82	4.04
Diversities						
β -index ¹⁾	2.165	4.560	2.137	2.472	2.286	3.904
a -value ²⁾	0.102	0.078	0.138	0.069	0.110	0.063

1) β -index in literature No. 6.

2) a -value in literature No. 7.

多く、いずれの試験区においても全線虫の60%以上を占めた。対照区では自活性が相対的に高率であった(第2表)。このように、除草剤連用区で植物寄生性が多くなる傾向は、参考として調査した熊本県果樹試験場の除草剤連用試験圃でも全く同様であった。

線虫の種類でみると、植物寄生性はミカンネセンチュウ *Tylenchulus semipenetrans* が連用区で絶対的に優占種となり、植物寄生の94~96%を占めた。ラセンセンチュウ *Helicotylenchus* sp. ピンセンチュウ *Paratylenchus* sp. ワセンチュウ *Criconemoides* sp. オオガタハリセンチュウ *Xiphinema* sp. ユミハリセンチュウ *Trichodorus* sp. および *Tylenchus* sp. *Aphelenchoides* sp. 等も検出されたが、連用区ではこれらをすべて合計しても全植物寄生の4~5%に止まった。これに対し対照区では、ミカンネセンチュウ以外の植物寄生性の個体数は多く、小城対照区では *Paratylenchus* sp. 多久対照区では *Tylenchus* sp. *Helicotylenchus* sp. *Xiphinema* sp. 唐津では *Criconemoides* sp. *Helicotylenchus* sp. 等が多数検出され、占有率はほぼ同率でいずれが優占種であるか決定できなかった。

自活性線虫では、全試験地とも連用区において *Cephalobidae* 科と *Aphelenchus avenae* が優占種となる傾向がみられた。対照区では *Rhabditidae* 科, *Plectidae* 科, *Panagrolaimidae* 科, *Monhysteridae* 科等も多く、いずれが優占種であるか判明し難く、さらに *Enoplida* 目, *Chromadorida* 目等も低率であるが検出された。

みかん園での捕食性線虫は、*Dorylamida* 目より *Mononchida* 目が一般に多いが、連用区では *Mononchida* 目の中で *Clarkus* sp. が共通して優占種となるのに対し、対照区では *Mylonchus* sp. *Iotonchus* sp. もほぼ同程度に出現した。また対照区では *Dorylamida* 目の *Dorylamidae*, *Nygolaimidae*, *Aporcelaimidae* 科等が多く、多久対照区, 唐津対照区においては *Mononchida* 目よりも *Dorylamida* 目がむしろ優占種であった。*Diplogasteridae* 科 (*Rhabditida* 目) の捕食性線虫は連用区では検出されなかった。

種の多様性は、以上のように対照区において高いことは明らかであるが、 a 値あるいは β 指数でみると、さらに歴然とした差異をみることができる。この場合、種の多様性が低いと a 値は大きくなり、 β 指数は小となって現われる。第3表は β 指数だけを例にとったが、連用区と対照区の β 指数の差は唐津よりも小城・多久で大きく現われた。これは、唐津が連用2年目である

Table 3. Comparison of the diversities (β -indices) of nematode faunas between herbicides and mulching-plots of satsuma mandarin orchard in 3 localities.

Sampling time	Ogi		Taku		Karatsu	
	Herbicides	Sod-mulch	Herbicides	Cut-grass mulch	Herbicides	Sod-mulch
Oct. 1974	3.380	11.076	1.075	16.433	1.277	1.495
Apr. 1975	3.901	5.548	4.802	1.212	2.540	2.550
May 1975	4.366	11.679	1.153	4.012	3.293	3.841
Jul. 1975	3.780	4.047	—	—	4.809	4.658
Aug. 1975	—	—	—	—	2.806	2.848
Oct. 1975	2.165	4.560	2.173	2.472	2.286	3.904
Average	3.085	7.382	2.300	6.032	2.835	3.216

のに対し、小城・多久ではすでに10年または7年以上連用されている結果を反映しているのか、あるいは唐津の玄武岩埴壤土に対し、小城・多久は花崗岩砂壤土または三紀砂岩壤土で、有機物の分解が早く、土壤は乾燥しやすいため、除草剤の影響がより強く現われるものと思われる。

試験区間類似性 (C_s 値) は除草剤連用によって高くなった。すなわち、母材と土性の違いによって設定した試験地を、対照区間で比較すると、小城—多久、小城—唐津、多久—唐津がそれぞれ0.4758, 0.5080, 0.3695であるのに対し、それぞれの連用区間では、0.8068, 0.8398, 0.7960と上昇した(第4表)。1975年の結果は前年ほど顕著な差はなかったが、除草剤連用で類似性が増す傾向は全く同様であった。

Table 4. Similarity (C_s -value¹⁾) between nematode communities in satsuma mandarin orchard in 3 localities where have been annually applied by herbicides or mulched with weeds or grasses.

		Ogi		Taku		Karatsu	
		Herbicides	Sod-mulch	Herbicides	Cut-grass mulch	Herbicides	Sod-mulch
Ogi	Herbicides	1974	0.4198	0.8068	0.3389	0.8398	0.7431
		1975	0.6087	0.6223	0.2472	0.7937	0.6831
	Sod-mulch	1974		0.2209	0.4758	0.3146	0.5080
		1975		0.3123	0.4720	0.5589	0.6052
Taku	Herbicides	1974			0.4760	0.7960	0.5434
		1975			0.5972	0.7283	0.3009
	Cut-grass mulch	1974				0.2486	0.3695
		1975				0.3356	0.5005
Karatsu	Herbicides	1974					0.8625
		1975					0.6197

1) C_s -value in literature No. 6.

II. 草生区土壤の乾燥処理と線虫相

3試験地とも草生区土壤のガラス室内放置で、線虫数は6週後に採集時の50%に減少したが、以後顕著な減少はみられなかった。ガラス室内放置による土壤水分の減少速度は、多久土壤において最も速く、6週目で採集時の27.6%から、7.3%に減少した。小城土壤がこれにつき、唐津土壤は最も緩慢であった。いずれの試験地の土壤においても、ガラス室内放置により線虫相はしだいにCephalobidae科とAphelenchus avenae (Aphelenchidae)が優占種となり、7~8週後

Table 5. Succession of nematode fauna in soil for up to 10 weeks under 3 different conditions. Soil used was obtained from sod-mulching plot in Karatsu on August 6, 1975.

Conditions	Left in outdoors without treatment						Left in outdoors with treatment*					Left in glasshouse without irrigation				
	0	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
Time Nematodes																
Total No.	896	277	292	223	146	316	293	398	254	241	416	388	414	439	187	382
Tylenchulidae	25.2%	36.2%	40.0%	10.3%	3.0%	2.9%	43.0%	37.4%	11.4%	13.5%	19.9%	25.0%	4.3%	4.1%	1.0%	0%
Criconematidae	1.0	0.5	0.3	0.5	0	0	1.3	0.8	0	0	0.7	0	0	0	0	0
Hoploaimidae	0.3	0	0	1.3	0	0	1.0	0	0	0	0.2	0	0	0.6	0	0.5
Paratylenchidae	0.8	0.5	0	0	0	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0.5	0	0	0
Trichodoridae	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphelenchoididae	0.2	0.5	0.4	0.4	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.7	0.2	0.1	0.1	0	0
Longidoridae	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
Rhabditidae	15.7	2.5	2.7	1.3	0.2	2.8	10.7	5.8	3.3	2.1	1.2	1.3	1.9	1.1	1.0	1.5
Cephalobidae	38.9	43.6	47.8	53.5	87.0	55.9	31.5	43.0	59.3	56.0	37.9	62.4	83.0	81.5	75.4	82.1
Aphelenchidae	3.4	11.9	8.0	30.9	8.2	34.9	8.2	9.4	22.8	23.2	36.5	6.4	8.0	11.4	20.4	13.9
Plectidae	2.0	0	0.1	0	0	0.5	0	1.2	0	1.6	0	0	0.5	0	0.5	0
Monhysteridae	3.5	0	0.1	0.5	0.1	1.0	0.4	0	0.8	0	0.4	0.5	0	0	0	0
Trypylidae	0.4	1.8	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0	0	2.3	1.0	0	1.7	1.0
Chromadoridae	1.0	0	0.1	0	0	0	1.2	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0	0
Carcharolaimidae	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorylaimidae	1.3	0.4	0.1	0	0	0.3	0	0	0.1	0.4	0.5	0.3	0.5	0	0	0
Nygalaimidae	2.8	0	0	0	0	0	0.3	0.1	1.7	1.2	0.5	0	0.7	0	0	0
Aporcelaimidae	0.5	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mononchidae	2.1	1.5	0.3	0.8	1.4	1.2	2.0	1.4	3.5	1.9	1.5	1.0	0.5	0.5	0	0
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Plant-parasitic	28.3	38.2	40.7	12.5	3.1	2.9	45.7	38.5	11.4	13.6	21.5	25.4	4.9	4.8	1.0	0.5
Free-living	64.8	59.8	58.8	86.7	95.5	95.6	52.0	59.9	83.2	82.9	76.0	73.3	93.4	94.7	99.0	99.5
Predacious	6.8	2.0	0.4	0.8	1.4	1.5	2.3	1.6	5.4	3.5	2.5	1.3	1.7	0.5	0	0
Water content % w/w	23.5	13.5	27.0	22.9	16.4	27.2	15.3	25.2	25.2	14.1	27.6	10.1	6.6	6.3	5.3	5.2

* Treated with herbicide paraquat 300 ml/10a.

は全線虫の90%以上を占めるに至った。除草剤処理で室外に放置した土壤では、植物寄生はミカンネセンチュウ、捕食性は Mononchida 目、自活性はガラス室内放置と同様、Cephalobidae 科と *A. avenae* が優占種となり、除草剤連用圃と全く同様な線虫相の収斂傾向を示した。第5表に唐津土壤を例として掲げた。除草剤無撒布で屋外に放置した土壤は6・7週まで撒布区と同様な線虫相を示したが、9・10週には植物寄生性が減少し、圃場の草生対照区と同様な傾向となった。しかし、屋外放置のポットは土中に埋めたにもかかわらず、土壤水分の変動が激しく、またミカン実生苗の生育も不良で、圃内と同様な土壤環境が再現できたとは考えられない。本実験では、草生区土壤もガラス室内において極端に不良状態とした場合は、除草剤連用圃の線虫相と同様な傾向を示すことに注目すれば、充分と思われる。

調査3箇所草生区土壤を、実験的に上記のような処理をした場合、*Cephalobus* sp. と *Aphelenchus avenae* の全個体群に占める割合は第1図のようになった。両者はともに不良環境下で優占種となる線虫であるが、乾燥に対して *Cephalobus* sp. は確かに抵抗性をもつようにみえる。

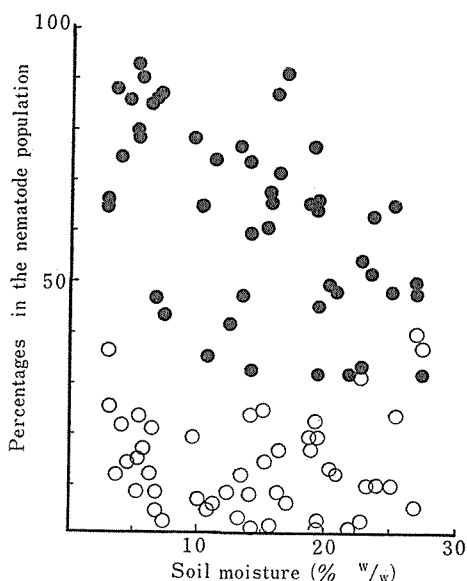


Fig. 1. The population structure of *Aphelenchus avenae* and *Cephalobus* sp. relating with the moisture level of soil obtained from sod-mulching plots in satsuma mandarin orchard.

Open circle; *Aphelenchus avenae*, Solid circle; *Cephalobus* sp.

III. ダニ相

ダニ個体数の変化は、畝目によって異なった様相を示した。すなわち、前気門・中気門畝目のダニは、除草剤連用区あるいは殺線虫剤処理区において、明らかに減少したが、無気門畝目ではむしろ増加する傾向がみられた。隠気門畝目（ササラダニ）の個体数減少は、一般に他のダニほど顕著ではなかった（第6表）。しかし種の多様性は、連用区で明らかに低下した。第7表に1974年10月から1975年12月まで8回にわたって、唐津試験地におけるササラダニの種多様性を示した。8回の平均値は草生区で8.38、連用区は5.31であった。この試験地に隣接した雑木林は、1975年10月・12月の調査だけであるが、平均11.10であった。ササラダニ類によって試験区間の

Table 6. Effects of herbicides and nematicide on the springtails and soil mites in satsuma mandarin orchards.

Herbicides: Annual application of paraquat 300 ml/10a in spring, paraquat 300 ml/10a and bromacil 100 g/10a in summer, for more than 11, 8 and 2 years for Ogi, Taku and Karatsu, respectively.

Nematicide: DCIP granules 4 kg/10a after the application of paraquat in spring.

Recovery of organisms: Collected from 400 cc soil by Tullgren apparatus.

	Ogi (granite, sandy-loam)			Taku (Sandyrock, loam)		Karatsu (basalt, clayish-loam)		
	Nemati- cide	Herbi- cides	Sod- mulch	Herbi- cides	Cut- grass mulch	Herbi- cides	Sod- mulch	Weed- tree forest
Collembola	16	5	105	36	118	106	384	489
Prostigmata	1	1	4	9	14	3	13	20
Mesostigmata	9	21	56	9	29	17	94	107
Astigmata	7	8	0	0	1	0	1	0
Cryptostigmata	56	66	71	105	131	130	218	422

Table 7. Diversities (β -indices) of oribatid fauna (Cryptostigmata) in satsuma mandarin orchard and adjoining weed-tree forest in Karatsu locality.

Sampling time	Orchard		Weed-tree forest
	Herbicides	Sod-mulch	
1974, Oct.	4.30	12.02	—
Dec.	4.55	8.67	—
1975, Apr.	5.31	11.80	—
May	4.32	11.69	—
Jul.	2.95	5.29	—
Aug.	2.79	3.34	—
Oct.	10.68	4.90	13.46
Dec.	7.60	9.34	8.73
Average	5.31	8.38	11.10

類似性 (C_x 値) とみると、線虫相と全く同様に、除草剤連用によって類似性は高まる傾向を示した。すなわち、小城—多久では対照区間0.218に対し、連用区間では0.294、小城—唐津は0.278→0.546、多久—唐津では0.078→0.575となった。唐津試験地で雑木林と草生区の類似性は1.047でほとんど差はないが、雑木林—連用区は除草剤連用2年目で0.592となった(第8表)。

ササラダニは角皮の発達程度や生殖門の位置等から、系統発生的に下等・高等上団に分けられ、高等上団はさらに無翼団・有翼団に分けられて有翼団がより高等とされている。高等になるにつれ、角皮が発達するので乾燥にも耐えられるようになり、しかも有機物の分解のみに依存せず、他の生物を捕食するものも多くなる。ササラダニ類を上記のような系列でグループングすると、第9表のように雑木林→草生区→除草剤連用区と人為的な環境修正が加わるにつれて高等なグループが多くなった。各区の優占種をみると第10表のようになるが、連用区でのみ検出されたものはヒメヒワダニ *Hypochthonius* sp. フリソデダニ科の *Pergaluma* sp. クサビフリソデダニ

Table 8. Similarity (C_i -value) between oribatid communities in satsuma mandarin orchards in 3 localities and an adjoining weed-tree forest in Karatsu (Oct. 1975).

		Ogi	Taku			Karatsu		
		Nematicide	Sod-mulch	Herbicides	Cut-grass mulch	Herbicides	Sod-mulch	Weed-tree forest
Ogi	Herbicides	0.782	0.574	0.294	0.166	0.546	0.370	0.430
	Nematicide		0.648	0.322	0.044	0.457	0.178	0.469
	Sod-mulch			0.584	0.218	0.417	0.278	0.314
Taku	Herbicides				0.228	0.575	0.188	0.304
	Cut-grass mulch					0.236	0.078	0.320
Karatsu	Herbicides						0.458	0.592
	Sod-mulch							1.047

Table 9. Taxonomic grouping of oribatids in satsuma mandarin orchard and adjoining weed-tree forest in Karatsu. The values in parentheses indicate percentages.

	No. of individuals				No. of species			
	Oribatei inferiores	Oribatei superiores		Total	Oribatei inferiores	Oribatei superiores		Total
		Pycnoticae	Poro-noticae			Pycnoticae	Poro-noticae	
Weed-tree forest	82 (38.6)	49 (23.1)	81 (38.2)	212 (100.0)	14 (26.9)	28 (53.8)	18 (19.2)	52 (100.0)
Sod-mulch	14 (13.7)	48 (47.0)	40 (39.2)	102 (100.0)	6 (20.6)	18 (62.1)	5 (17.2)	29 (100.0)
Herbicides	6 (10.3)	26 (44.8)	26 (44.8)	58 (100.0)	4 (16.0)	14 (56.0)	7 (28.0)	25 (100.0)

Table 10. Dominant species of oribatids in satsuma mandarin orchard and an adjoining weed-tree forest.

Species		Orchard		Weed-tree forest	
		Herbicides	Sod-mulch		
Oribatei inferiores	<i>Hypochothonius</i> sp.	0.4%	0%	0%	
	<i>Cryptacarus hirstus</i>	5.2	2.7	11.0	
	<i>Lohmannia</i> sp.	0	0.5	0	
	<i>Epilohmannia ovata</i>	5.6	8.6	4.8	
	<i>Epilohmannia</i> sp.	0.4	0	0	
	<i>Nanhermannia</i> sp.	3.2	0	10.6	
Oribatei superiores	Pycnoticae	<i>Oppia tokyoensis</i>	11.2	21.7	0
		<i>Oppia</i> sp.	1.4	2.2	3.4
		<i>Oppia</i> sp.	8.0	0.7	2.2
		<i>Tectocephus velatus</i>	8.6	3.9	0.1
	Poronoticae	<i>Protribates laphotricus</i>	2.6	6.2	21.3
		<i>Schelorbates latipes</i>	5.6	4.4	4.3
		<i>Rostrozetes foveoratus</i>	0	10.6	0
		<i>Galumna cuneata</i>	1.7	0	0
		<i>Pergalumna</i> sp.	6.0	0	0
		<i>Zygoribatula truncata</i>	26.7	15.3	0
Others		11.4%	23.2%	43.6%	
Total No.		58	101	212	
No. of other species		11 spp.	18 spp.	44 spp.	
No. of total species		25 spp.	29 spp.	52 spp.	

Galumna cuneata で後二者は小城・多久でも連用区でのみ検出された。共通種類数についてみると、雑木林・草生区・連用区に共通するものは17種類、草生区と雑木林は8種類に対し、連用区と雑木林に共通するものは3種類と減少した。

トビムシについては、種の同定は試みなかったが、個体数は明らかに除草剤・殺線虫剤施用区で減少した(第5表)。

総 合 考 察

本研究の分担として、甲斐ら⁵⁾ならびに岩切ら⁴⁾は、除草剤連用区においてはヒメジョオン・スイバ・ヨモギ・ササ・オオイヌノフグリ等多年生草本が優占種となり、対照区では草種が豊富でしかもムカシヨモギ・メヒシバ・ツユクサ・ウシハコベ・ヤエムグラ等一年生雑草が優占種となることをみている。また連用区の草量は、どの試験地においても対照区の1/2以下であった。草種が多いことは、そこに生息する動物相を豊富にするし、また草量が多いことは、有機物の土壌への還元とともに有機物を分解する生物が多くなることと関連する。従って、草生対照区においては生物の種類が多く、有機物の分解に依存する種類が豊富になることは当然予想されることである³⁾。岩切ら⁴⁾はまたミミズの個体数が対照区においてははるかに多いことをみているが、ミミズは有機物の分解に関与するばかりでなく、糞が土壌微生物の繁殖に好適な場となるため、微生物を食う中型動物にとっても好条件となる。中型動物の殆どは生物遺体を機械的に分解して微生物による有機物の分解を助け、またその排泄物が微生物の繁殖の場となる^{1), 9), 13)}。微生物は分解産物をさらに無機態にして第一次生産者に戻す。このようにして土壌生態系が有機的に構築されると、生物的緩衝力は高くなり、ある特定の生物のみが特異的に増加することは抑制される。

落葉・朽木・糸状菌・細菌等を摂食する中型動物類は、一般に系統発生的には下等なグループに属するものが多い。本調査においても、草生対照区の線虫類は Dorylaimida 目、Enoplida 目、Chromadorida 目などが比較的多く、ササラダニでは有機物の分解に依存度の高い下等団が多かった。寄生性よりも自活性の線虫が多いことは、これらが細菌類で室内培養もできるように、土壌中でも細菌類が多いことを示唆する。事実、甲斐ら⁵⁾によると、対照区土壌の pH は 0.1~1.6 の差で常に連用区より高く、細菌類は連用区よりも多かった。逆に連用区では糸状菌が多いという結果になっている。このことは、連用区において食菌性の *Aphelenchus avenae* や *Aphelenchoides* spp. が対照区より多かったことと関連するようみえる。また一方、これら連用区の線虫は乾燥に耐過するものが多い。連用区土壌の pH が低いのは、塩基となる草やわらの土壌への還元が少ないためであろう⁵⁾。

連用区の夏期地表温度は対照区より 3~6°C、深さ 3cm で 1~3°C 高かった。夜は逆に対照区よりも低温となるであろう。また降雨後の土壌水分は対照区より高く、晴天が続くと、逆に対照区より低かった。このように連用区の土壌は温度・水分が変動しやすい¹⁰⁾¹¹⁾。その結果、そこに生息する生物は環境の変化に耐えられるものが多くなる。一方、このような不良環境下で生存しうる線虫やダニ等は、自活性のものにも勿論みられるが、概して寄生性または捕食性のものに多い。ミカンネセンチュウは10年間無寄主で生存可能であるし、ワセンチュウ・ラセンセンチュウ・ピンセンチュウ等はとくに乾燥に強い。また Mononchida 目は Dorylaimida 目よりも捕食生活に依存度が高い。このような線虫の比率はすべて対照区よりも連用区において高くなっている。ダニについてみると、連用区の隠気門は高等ササラダニ上団の有翼団が多くなる。これらは角皮が発達し乾燥に強いばかりでなく、線虫を捕食するものが多い⁸⁾。また無気門ダニも連用区で多くなるが、これらは概して乾燥に強く、森林、雑木林等よりも、畑地、鶏舎、住居等と人為的環

境修正が加わるにつれて多くなる¹⁾。一方、前気門ダニは、成虫に昆虫その他の動物に寄生するものも多いが、土壌にいるものは幼虫が多く、有機物の分解者であり、角皮の発達是最も脆弱である。中気門には有機物の分解に関与するものが多いが、捕食性も多い。しかしこれらも角皮は隠気門ほど発達していない¹⁾¹²⁾。

以上のように、除草剤連用区と草生あるいはしきわら対照区との生物相の違いは明瞭であったが、連用区で優占種となる生物は、連用区でのみ忽然と現われてくるものではない。むしろどこにでも生息する普遍種とみるべきであろう。従って環境の生物指標として中型動物相をみるときは、優占種となるものよりも、逆に減少していくものに着目すべきではないかと考える。これらは概してより低次の栄養系の生物であるがゆえに、環境変化の情報をより迅速にかつ正確に我々に知らせてくれるであろう。

本研究の遂行にあたっては、東北大学農学研究所古坂澄石教授に種々の便宜を計っていただいた。ここに改めて深謝の意を表する。

要 約

温州みかん園における除草剤（パラコートとプロマシル）の連用は、土壌中型動物相に著しい変化をもたらした。線虫・ダニとも有機物の分解に関与する自活性の種類は減少し、寄生性あるいは捕食性が増加した。すなわち、除草剤連用区においては、ミカンネセンチュウが全線虫の70～80%を占め、自活性は乾燥に強い *Cephalobidae* 科または菌食性の *Aphelenchus avenae* が多くなり、捕食性は *Clarkus* sp. *Mylonchus* sp. など捕食生活に依存度の高い *Mononchida* 目が多くなった。これに対し草生あるいは敷きわら対照区では、*Dorylaimida* 目、*Enoplida* 目、*Chromadorida* 目など系統発生的には下等な線虫が相対的に多く、全般的に種多様性が高かった。母材・土性等の違いで設定した試験区（花崗岩・砂壤土、三紀砂岩・壤土、玄武岩・埴壤土）の線虫相は除草剤連用によって類似してきた。草生区土壌の実験的乾燥処理により、自活性線虫相は除草剤連用区と同様な様相を示すようになった。

ダニ類では、前気門・中気門亜目が明らかに除草剤連用区で減少し、無気門亜目はむしろ増加する傾向がみられた。隠気門亜目においては、前二者ほど個体数の減少は顕著でなかったが、ササラダニの種多様性は、除草剤連用によって明らかに低下し、また試験区間の類似性は、線虫相と同様に、除草剤連用によって上昇した。ササラダニにおいても有機物分解に依存度の強い系統発生的に下等なグループは除草剤連用区で減少し、より高等で捕食行動もする有翼団が増加した。

トビムシは除草剤連用区ないし殺線虫剤施用区において明らかに減少した。

以上にみられた除草剤連用区における土壌中型動物相の収斂傾向は、有機物環元量減少による化学的・生物的緩衝力の低下ならびに三相分布の遍在化による地温・水分等の変動しやすい状態に起因するものとみられる。

引 用 文 献

- 1) 青木淳一 (1973) 土壌動物学, 北隆館 p. 814.
- 2) BIRD, A. F. (1975) Symbiotic relationship between nematodes and plants. Cambridge Univ. Press.
- 3) 石橋信義 (1977) 土壌無脊椎動物に及ぼす農薬の影響 (人間生存と自然環境第4集, 佐々学・内藤正明・安野正之編) 東京大学出版会, 東京: 270-275.

- 4) 岩切 徹・中原美智男・甲斐秀昭・小野 忠・石橋信義・近藤栄造 (1977) 温州みかん園土壌の生物相について, 日本土壤肥科学会誌, 48 (7・8): 329-331.
- 5) 甲斐秀昭・小野 忠・山田芳雄・石橋信義・中原美智男・岩切 徹 (1976) 除草剤連用が土壌微生物相および地力要因に及ぼす影響, 第1報, 日本土壤肥科学会大会 (1976), 講演要旨.
- 6) MORISHITA, M. (1959) Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu. Univ., Ser. E. (Biol.) 3: 65-80.
- 7) 元村 勲 (1932) 群聚の統計的取扱について, 動物学雑誌 44: 379-398.
- 8) MURAOKA, M. and N. ISHIBASHI (1976) Nematode-feeding mites and their feeding behaviour. Appl. Ent. Zool., 11: 1-7.
- 9) RICHARDS, R. N. (1974) Introduction to the soil ecosystem. Longman Inc., N. Y.: p. 266.
- 10) 植木邦和・伊藤操子・伊藤幹二 (1974) 果樹園の雑草管理に関する基礎研究, 雑草研究 17: 38-45.
- 11) 植木邦和・山本祐二 (1977) 農薬とくに除草剤と植物 (人間生存と自然環境第4集, 佐々 学・内藤 正明・安野正之編) 東京大学出版会, 東京: 262-269.
- 12) WALLWORK, J. A. (1967) 'Acari' ed. by N. A. Burges and F. Raw. Acad. Press, London: 363-395.
- 13) WALLWORK, J. A. (1970) Ecology of soil animals. MacGraw-Hill, London: p. 283.