

除草剤の連年使用が 土壌の理化学性に及ぼす影響

熊本県果樹試験場 岡島量男・金川英明・岩本数人

1. はじめに

ミカン園に除草剤を使用するようになってから10数年になる。この間に除草剤は、ミカン園の草管理上、完全に定着し、年1～2回、多い園では3～4回の散布が行なわれるようになった。これには、昭和30年代の後半から40年代の前半にかけての開園で、草の繁茂しやすい条件の若令ミカン園が急増したこと、また、それまでミカン園の地表面管理の主体をなしていた敷わら管理が、わらの入手困難などの理由から雑草草生を主体とした管理へと移行してきたことなどが大きく影響している。この雑草草生には除草又は刈草という仕事がつきまとうが、除草

剤の使用はこの除草労力を10分の1以下に減じた。特に梅雨明けの除草の省力化は、その余裕の出来た労力を摘果に回すことができ、品質向上と生産安定に大きく寄与している。このようにして除草剤が定着し、毎年使用するということになると、これが土壌を悪化させるのではないかと心配させられる。そこで、昭和45年から除草剤の連年使用試験を行なっている園を用いて、樹体栄養や土壌の理化学性等に及ぼす影響について調査を進めているので、現在までの成果の概要を紹介することにした。試験成績は、何れも中間的なもので、今後に残された問題が多いが、あえてここに発表して、諸先輩のご指

第1表 試験設計

区 分	春 草		夏 草		夏～秋草		備 考
	除草剤名	薬 量	除草剤名	薬 量	除草剤名	薬 量	
		散布水量		散布量		散布量	
プロマシル水和剤	グラモキソン	150cc 200l	プロマシル水和剤	400g 250l	グラモキソン	300cc 250l	
グラモキソン	〃		グラモキソン	300cc 250l			
プロマシル粒剤	〃		プロマシル粒剤	15kg —			
ワイダック乳剤			ワイダック乳剤	3l 300l			
グラモキソン+ カーメックス	〃		グラモキソン+ カーメックス	150cc+200g 250l			
ゲザパックス乳剤	〃		ゲザパックス乳剤	2l 250l			
刈 草	刈 草		刈 草		刈 草		51年度から実施
無 処 理	放 任		放 任		放 任		
裸 地	裸 地		裸 地		裸 地		

導をお願いしたい。

2. 試験方法の概要

熊本県果樹試験場育種部ほ場において、昭和45年より、第1表に示したような設計で、ウンシュウミカン園に対する除草剤の連用試験が実施されている。供試園の土壤は安山岩を母材とするLIC~HCの土壤で、供試樹は田上系温州（試験着手時6年生）である。試験の規模は9区制、3反復、1区の面積50m²である。この試験ほ場について、ウンシュウミカンの樹体栄養と土壤の理化学性等について、昭和51年より調査を始め、現在も継続中である。

3. 樹体栄養について

除草剤の連用が樹体の栄養状態にどのような影響を与えるかについて、昭和51~52年の2年間、葉分析を行なった成績を第2表に示した。主な無機5要素についてであるが、チッ素とマグネシウムは少しではあるが刈草区よりも処理区がすべて高い値を示し、カリは逆に低い値を示した。リン、カルシウムについてはほとんど

第3表 草量の年次別変化

区 分	(1 m ² 当り kg)									刈草対比
	45	46	47	48	49	50	51	52	平 均	
ブロマシル水和剤	1.74	2.70	2.33	1.31	3.30	1.71	2.91	4.16	2.52	61.2
グラモキソン	2.51	2.63	3.45	1.47	3.18	2.87	3.27	3.84	2.90	70.4
ブロマシル粒剤	2.29	2.08	2.50	1.19	4.23	2.43	2.52	3.82	2.64	64.1
ワイダック乳剤	2.61	3.02	3.65	1.34	3.35	3.17	3.89	4.01	3.13	76.0
グラモキソン+カーメックス	2.24	2.90	2.46	1.29	3.97	2.10	2.54	3.95	2.68	65.0
ゲザパックス乳剤	2.48	3.30	3.39	1.73	4.35	3.15	3.47	3.87	3.22	78.2
刈 草	2.75	3.87	3.92	2.87	4.61	3.90	5.89	5.59	4.12	100.0
無 処 理	2.47	4.74	4.37	3.30	5.23	4.52	6.20	6.09	4.62	112.1

(注) 刈草対比は刈草区を100としたときの指数。

第2表 葉中成分

(乾物当り%)

区 分	N	P	K	Ca	Mg
ブロマシル水和剤	3.22	0.188	1.44	3.42	0.286
グラモキソン液剤	3.20	0.189	1.38	3.51	0.284
ブロマシル粒剤	3.18	0.194	1.45	3.44	0.267
ワイダック乳剤	3.19	0.192	1.39	3.15	0.284
グラモキソン+カーメックス	3.21	0.191	1.37	3.57	0.290
ゲザパックス乳剤	3.20	0.190	1.40	3.53	0.289
刈 草	3.14	0.190	1.50	3.47	0.257
無 処 理	3.12	0.189	1.45	3.45	0.307
裸 地	3.19	0.184	1.31	3.72	0.267

差が認められなかった。なお、無処理区は草が多い関係か、マグネシウムを除く他の成分で刈草区より低い値を示した。総合的にみれば、その差は小さく、今の段階つまり、除草剤連用7~8年経過時点で、樹体栄養におよぼす除草剤の影響は認められないようである。

4. 処理区内草量の年次別変化について

除草剤の処理を始めた年より、1区内に2~3箇所、区内で平均的な草生のところに1m²の枠を作り、その中の全草を刈り取って草量を出

し、第3表に示した。除草剤を連用すると草種、草量に変化を与えるといわれているが、この試験においても草量は刈草区に対して、すべての処理区で処理開始年から少なくなっており、その傾向は8年経過した現在でも同じように続いている。またこの試験は場は、51年3月にミカン樹を約30%間伐したために、地表面への光の透過量が多くなり、それにともなう51年、52年の草量は増加した。特に刈草区、無処理区の増加が大きくなっている。8年間の草量の平均値について刈草区に対する比率をみると、減少率の最も大きいのは、プロマシル水和剤区、プロマシル粒剤区それにグラモキソン+カーメックス区などの土壤処理型の除草剤の区で、刈草区に対して35%~38%も少なくなっている。また、その他の除草剤でも草量の減少がみられる。このように除草剤直接の影響と別にミカン園で生産される草量に除草剤使用の影響、すなわち草量の減少ということがあるため、除草剤の連用による土壤の理化学性、生物性への影響が問題になってくるものと思われる。

5. 土壤の物理性

第4表 土壤の三相分布

区 分	固 相	液 相	気 相	pF1.5気相	仮 比 重	礫
	%	%	%	%		%
プロマシル水和剤	38.3	27.3	34.4	24.8	1.094	2.3
グラモキソン	36.4	28.3	35.3	26.5	0.955	1.3
プロマシル粒剤	37.3	30.8	31.9	24.5	0.980	1.8
ワイダック乳剤	34.7	27.6	37.7	29.2	0.918	2.4
グラモキソン+カーメックス乳剤	36.2	25.1	38.7	28.8	0.965	2.1
ゲザパックス乳剤	37.0	28.8	34.2	26.5	0.976	2.5
刈 草	38.7	26.8	34.5	19.1	1.013	1.3
無 処 理	32.8	30.9	36.3	31.8	0.870	1.1
裸 地	38.4	27.4	34.2	20.8	1.012	1.1

(注) 表層の0~5cmの層位。

(1) 土壤の三相分布

土壤の三相分布の成績は、全処理区に試坑を掘り、その表層の0~5cmの部分で1区5個の3反復、15個の円筒採土管にとり、実容積法で測定し、その平均を第4表に示した。これによると、各区とも相当にバラツキが大きく、一定した傾向をみるまでにはいたらなかったが、無処理区だけは固相率がとくに低く、孔隙率が高くなっていた。

一般に有機物が多く供給されると固相率が減少し、気相率が増加して土壤が柔らかくなるが、本試験の場合、放任状態である無処理区では、草量の多いことが孔隙率の増加の原因と考えられる。しかし、刈草区においては無処理区に次いで草量は多かったにもかかわらず固相率は最も大きく、逆の値が出て成績が乱れた。また、除草剤連用区間の固相率と8年間の平均草量の関係も一定の傾向は認められない。今後さらに検討してみたいが、現時点では除草剤の連用が土壤の三相分布へ与える影響ははっきりしない。

(2) 表層の深さとち密度

ここでいう表層とは、土壤断面を構成する層位のうちA₁層的な層で、明らかに地表面からの有機物の影響を受け、土色は暗色で、ち密度が低く、下層土と区別できる層を意味している。その表層の深さは第5表に示したように、各処理区によって異なり、9.3cmから18cmであった。また、この深さは処理区内でバラツキが大きく、除草剤や草量の影響と結びつけることは困難とおもわれた。次にこの層のち密度を山中式土壤

第5表 表層の深さとち密度

区 分	層の深さ	ち 密 度
	cm	cm
ブ ロ マ シ ル 水 和 剤	13.0	15
グ ラ モ キ ソ ン	9.3	13
ブ ロ マ シ ル 粒 剤	14.2	16
ワ イ ダ ッ ク 乳 剤	13.0	14
グラモキソン+カーメックス乳剤	11.8	15
ゲ ザ パ ッ ク ス 乳 剤	12.5	16
刈 草	12.5	15
無 処 理	16.5	11
裸 地	18.0	15

(注) ち密度は山中式土壌硬土計の示数。

第6表 透 水 性 (cm/sec)

区 分	1層(0~5cm)	2層(15~20cm)
ブロマシル水和剤	1.5×10^{-2}	1.8×10^{-3}
グラモキソン	3.2×10^{-2}	6.1×10^{-3}
刈 草	2.5×10^{-3}	1.0×10^{-2}
無 処 理	6.1×10^{-2}	9.3×10^{-3}
裸 地	5.7×10^{-3}	4.0×10^{-4}

硬度計で計った値の平均値として示した。

これをみると、無処理区は明らかに値が低い。これは年中、草が地表面を覆っており、また表層に還元される草量も多く、土壌水分も多いため、土壌中の生物の活動も活発に行なわれているためと思われる。他の区においては、草量や除草剤処理との関

係が一定でなく、その影響は明らかでない。

(3) 透 水 性

三相分布測定用の土壌を用いて、室内で透水性の測定を行なった。その結果は、第6表の通りであった。

すなわち裸地区を除いたすべての区で透水性は比較的によく、1層と2層の差もあまり大きくなかった。裸地区は特に2層の透水性がわるく、草生による土壌構造の改善がみられた。しかし、除草剤処理による影響は、今のところはっきり認められない。

(4) 土壌団粒の耐水性

生土および風乾土を6mmのフルイで篩別し、通過した部分を2mmのフルイで篩別し、2mmのフルイ上に残ったものについて、団粒の耐水性を水中篩別法で測定し、その成績を第7表に示した。

礫含量が比較的少なく、そしてそろっている風乾土について、2mm以上の耐水性団粒をみると、無処理区が最も多く、次に刈草区、グラモキソン区、ブロマシル区とつづき、最も少なかったのが裸地区であった。このことは、生土についても同様の傾向であった。この順位からみると、草量や腐植含量と同じ傾向にあり、耐水性団粒の生成にも有機物補給量の多少ということで処理の影響が出始めている。

6. 土壌の化学性

土壌の化学性として土壌反応、塩基含量、リ

第7表 耐水性団粒の構成

区 分	土 の 種類	2.00 mm 以 上	1.00 mm 2.00	0.50 mm 1.00	0.25 mm 0.50	0.01 mm 0.25	0.01 mm 以 下	内 礫 割 合	計
		%	%	%	%	%	%	%	%
ブロマシル水和剤	生 土 風乾土	87.1 44.9	5.7 12.9	2.5 14.7	1.9 14.6	1.4 5.4	0.3 3.7	1.1 3.8	100 100
グラモキソン	生 土 風乾土	82.4 47.1	5.1 10.0	0.7 12.3	1.6 12.5	1.1 7.6	0.5 5.6	8.6 4.1	100 100
刈 草	生 土 風乾土	85.7 50.6	3.9 11.7	0.2 13.8	1.3 11.3	0.9 5.9	0.5 3.8	7.5 2.9	100 100
無 処 理	生 土 風乾土	92.8 57.1	2.4 16.9	0.5 12.4	6.4 6.8	0.4 3.2	0.2 1.2	3.3 2.4	100 100
裸 地	生 土 風乾土	75.5 37.2	8.8 13.5	5.3 18.3	2.8 15.0	1.5 7.4	0.5 5.8	5.6 2.8	100 100

第8表 土 壌 の 化 学 性

区 分		pH (KCI)	Y ₁	CaO	MgO	K ₂ O	Mn	有 効 態 酸 性	腐 植
				me	me	me	ppm	mg/100g	%
プロマシル水和剤	1層	4.75	7.1	7.60	1.24	1.32	12.4	63.9	1.66
	2 "	5.76	0.7	12.84	1.91	1.55	4.5	47.7	1.67
	3 "	4.67	11.0	6.89	1.30	1.11	13.9	40.8	1.21
グラモキソン	1層	6.31	0.2	16.65	1.89	1.61	2.7	69.0	1.71
	2 "	5.04	9.0	8.97	1.34	0.99	10.9	67.1	1.91
	3 "	5.57	4.2	12.78	1.37	1.17	4.2	22.3	1.10
プロマシル粒剤	1層	6.05	0.6	13.67	1.85	1.94	2.7	85.3	1.44
	2 "	6.70	0.3	18.01	1.91	1.87	1.7	29.8	1.38
	3 "	5.70	6.3	15.22	1.20	1.64	11.0	31.1	1.68
ワイダック乳剤	1層	6.97	0.4	18.30	1.63	1.88	1.1	44.0	1.40
	2 "	6.07	1.9	15.56	1.91	1.55	5.2	83.5	1.96
	3 "	5.13	10.0	10.49	1.14	1.58	12.1	31.8	1.33
グラモキソン ⊕カーメックス	1層	5.95	1.4	14.23	2.34	1.56	5.8	53.0	1.32
	2 "	5.23	7.1	10.69	1.20	1.24	7.9	50.7	1.52
	3 "	4.96	11.8	8.34	1.32	1.12	11.4	26.7	1.46
ゲザバックス乳剤	1層	6.20	0.2	16.52	2.03	1.82	2.8	76.7	1.86
	2 "	5.58	1.1	14.63	1.79	1.67	5.4	96.6	2.11
	3 "	6.32	0.8	20.55	2.36	2.32	3.3	160.0	2.03
刈 草	1層	4.94	23.2	10.12	1.05	0.91	18.6	76.2	2.87
	2 "	5.42	0.6	8.77	1.44	1.50	14.6	42.5	1.43
	3 "	5.85	0.2	14.02	1.30	1.33	2.1	33.5	1.38
無 処 理	1層	5.29	13.0	10.33	1.54	1.30	11.8	59.5	1.92
	2 "	5.68	6.3	17.92	1.64	1.29	8.8	109.3	2.86
	3 "	4.65	11.5	5.46	0.81	1.23	13.0	14.7	1.56
裸 地	1層	5.29	3.6	10.36	1.66	1.04	7.8	52.0	1.35
	2 "	5.31	2.9	12.58	1.51	1.49	10.9	70.9	2.12
	3 "	5.03	12.0	9.93	1.78	1.56	10.8	73.2	1.57

(注) CaO, MgO, K₂O, Mn は1 規定酢酸アンモン浸出,
1層0~10cm 2層10~25cm 3層25~40cm,
昭和51年10月1日, 2日採土.

ン酸含量, および腐植含量を分析した結果を第8表に示した。ここでも処理区内のバラツキが大きく, 一定傾向をみることは困難であった。その原因として, この試験は場は, 開園後のミカン樹植栽が10a 当り1000本という超密植であり, 逐次間伐して現在に至っているが, 土壤調査の際の試坑の位置は常法どおり樹冠縁下であって, この部分の土壤が植栽時にかなり攪乱されているためと考えられる。

pH は刈草区が低く, プロマシル粒剤区, ワ

イダック乳剤区が特に高くなっていたが, これは除草剤による影響とは考えられず, ほ場内のバラツキによるものとおもわれ, 今後検討したい。置換性塩基の量も pH と同じ傾向を示している。ただ腐植含量については, 刈草区と無処理が多く, 除草剤使用区はすべて低い値を示した。有機物供給の直接影響がある1層についてみると, 草量の少なかったプロマシル水和剤区, プロマシル粒剤区, グラモキソン+カーメックス区の腐植含量が低い。また裸地区も非常に低い。

以上のように、除草剤使用による草量の減少が、腐植含量の低下に影響を与えてきているようである。

7. 土壌中の微生物活性

除草剤連用園土壌の微生物活性を検討するため、硝酸化成作用と炭酸ガス発生量について調査をおこなった。

(1) 硝酸化成作用

硝酸化成作用の測定は、土壌100g当り、30mgのアンモニア態チッ素を硫酸で添加し、pF

1.8の水分状態でインキュベートして実施した。このときの土壌反応はpH(KCl) 6.2~6.8の範囲内であった。その成績のうち、硝酸態チッ素の推移を第9表に示した。この表でみると、3日目の硝酸態チッ素が少ないのは、ブロマシル水和剤区、ブロマシル粒剤区、ゲザパックス乳剤区である。同じように7日目に少ないのは、ブロマシル水和剤区、ブロマシル粒剤区、グラモキソン+カーメックス区であり、最後まで生成量が少なく推移したのは、ブロマシル粒剤区、グラモキソン+カーメックス区および裸地区で

第9表 硝酸態チッ素の推移

(乾土100g中 $\text{NO}_3\text{-N}$ mg)

経過日数 区 分	0	1	3	7	15	22	29	36	42
ブロマシル水和剤	1.65	3.40	12.36	19.27	38.07	37.86	39.96	38.58	40.34
グラモキソン	1.63	5.56	16.48	22.61	36.51	36.69	37.33	38.43	38.42
ブロマシル粒剤	1.83	3.53	12.41	17.85	31.30	36.71	35.10	37.91	37.53
ワイダック乳剤	1.46	5.97	16.57	23.48	37.96	37.32	38.88	39.27	40.67
グラモキソン+カーメックス	0.96	5.09	15.02	19.19	33.98	35.42	37.62	38.33	37.95
ゲザパックス乳剤	2.17	5.75	13.01	21.66	38.02	37.65	39.78	38.63	39.54
刈 草	1.90	5.29	15.03	23.26	37.20	35.27	38.33	40.11	39.54
無 処 理	0.78	6.60	20.76	29.79	37.25	38.94	39.75	38.08	40.35
裸 地	1.96	6.04	15.97	20.09	35.10	34.93	35.02	37.33	37.76

第10表 炭酸ガス発生量の推移

(単位mg/100g乾土)

経過日数 区 分	1	3	7	14	21	28	35	42	計
ブロマシル水和剤	9.6	27.2	58.8	59.0	52.0	51.7	45.3	45.8	349.4
グラモキソン	14.8	26.1	57.8	55.1	51.2	55.0	52.7	46.8	359.5
ブロマシル粒剤	16.8	28.4	59.4	58.2	50.9	54.5	50.5	42.5	361.2
ワイダック乳剤	14.1	33.9	62.2	55.9	51.3	48.8	50.1	55.5	371.6
グラモキソン+カーメックス	10.8	21.1	46.8	48.4	39.6	43.8	41.8	37.8	290.1
ゲザパックス乳剤	16.8	27.2	59.1	60.4	31.9	46.7	46.7	42.3	331.1
刈 草	14.0	28.8	54.0	51.7	44.8	50.4	47.6	50.4	341.7
無 処 理	12.0	37.9	84.3	67.5	62.7	64.5	64.5	43.6	437.0
裸 地	7.6	15.6	32.6	27.1	27.1	27.7	23.9	12.8	174.4

あった。これと逆に、最初から硝酸化成作用の進んだのは無処理区であった。

以上のように、草量の少なかった区において、やや硝酸化成作用がおくれる傾向がみられた。なお、この実験は3回くり返して実施した。

(2) 炭酸ガス発生作用

炭酸ガス発生装置は懸垂式を採用し、硝酸化成作用測定と同じように、土壤水分を $pF1.8$ 、温度 $30^{\circ}C$ でインキュベートし、発生する炭酸ガスをアルカリ液に吸収させて炭酸ガス量を測定した。その結果は、第10表のとおりであった。無処理区が特に多い発生量を示し、反対に裸地区が非常に少ない発生量であった。その他の除草剤処理区は、グラモキソン+カーメックス区がやや少ない値を示した。残りの区は42日間の合計炭酸ガス発生量で $331mg \sim 372mg$ の範囲内ではほとんど差がなかった。

炭酸ガス発生量は、同じ条件で比較すると、土壤中の有機物の量と比例関係にあるといわれているが、裸地区で低い値を示したのは当然として、刈草区が意外に低いことは理由がわからない。今後検討を進めたい。

8. おわりに

ウンシュウミカンに対し除草剤を連用して8年を経過したが、現時点では樹体栄養に影響を及ぼすまでには至っていない。しかし、除草剤使用で草量が減少し、結果として、腐植含量や

耐水性団粒の減少がみられる。このような土壤の性質の変化によって、後何年位すれば樹体栄養ひいては、収量や果実品質に影響をおよぼすかはわからないが、早晚、土壤生産力の低下はまぬがれるものと思われる。したがって、除草剤の使用を続けるかぎり、土壤の生産力の維持向上のため、草量の減少分あるいは、さらに積極的にそれ以上の補給の必要があろう。土壤の pH については、ポット試験として別途検討を進めているが、処理1年目の調査では、グラモキソン、プロマシル水和剤の使用による pH の変化は認められていない。さらに連用の影響を追跡する予定である。土壤中の微生物については、佐賀県果樹試験場などの試験成績があり、除草剤散布園で微生物数の減少が認められている。筆者らの調査でも差は小さいが、除草剤の連用園土壤では、硝化作用がやゝ遅れる傾向が認められた。しかし、これが除草剤の直接の影響か、除草剤連用による草量の減少にともなうものかについては、本試験の結果では明らかでなく、今後検討を進める予定である。以上、若干の試験成績を紹介してきたが、除草剤を果樹園に使用する場合、園内の草が有機物資材の唯一の供給源であるところでは、使用時期や使用回数を考え、出来れば梅雨明け頃、年一回散布というようにして、草量の低下を最少限にとどめ、地力の低下を防ぐようにしたい。

78年版 SHORT REVIEW OF HERBICIDES

編集
保土谷化学工業(株)

■記載内容■

- 化学名 ●構造式
- 毒性 ●適用雑草
- 作用機作
- 化学的・物理的性状

B5判248頁/定価4,000円(送料別)

現在世界中で使用、研究開発されている除草剤500余種類を最新情報にもとずいて網羅。

全国農村教育協会

新版・日本原色雑草図鑑

編集 沼田 真・吉沢長人
B5判 420頁 定価9,800円(〒280円)

野抵抗性品種とその利用

山川邦夫著 A5判 136頁(カラー4頁)
定価1,900円(送料別)

東京都港区愛宕1-2-2 第9森ビル
電話03(436)3388 振替東京1-97736