

除草剤の土壌・作物残留(2)

誌名	群馬農業研究. A, 総合
ISSN	02894610
著者	柳沢, 靖浩 武井, 文子 宮原, 克祐 海老原, 武久
巻/号	6号
掲載ページ	p. 19-24
発行年月	1989年3月

除草剤の土壌・作物残留 第2報 パラコートの土壌残留と作物生育阻害

柳沢靖浩・武井文子・宮原克祐・海老原武久

(農業総合試験場)

要 旨

広く使われている除草剤パラコートは、散布後土壌に強く吸着されると、非常に長期間土壌に残留し、9カ月経過後も変わらない。また、土壌に残留しているパラコートの作物への影響は多腐植質黒ボク土で大きく、40~50 μm で20%程度以上生育が阻害された作物としてシュンギク、ノザワナ、ソルゴー、イタリアン、ハウレンソウがある。現地でのパラコートの土壌残留は、ほ場によるばらつきが多く検出限界(0.2 μm)以下から最高27.2 μm であった。また、20cm以下の土壌にはほとんど存在せず土壌中での移行は無視できる。

緒 言

パラコート(商品名グラモキシオン、パラゼット等)は多くの作物に適用のある非選択性の接触型除草剤で、速効性、廉価のため、茎葉処理剤としては県内では最も使用量の多い除草剤である。化学構造的にはピピリジウム系の除草剤で植物体の中に吸収され、光エネルギーにより励起された電子により還元を受けフリーラジカルとなり、最終的には H_2O_2 や有機物の過酸化物を生じさせ、これにより細胞内のタンパク質、その他に作用して、殺草作用が発揮されると考えられている¹⁾。

また、本剤は土壌に接触すると直ちに不活性化するが、土壌での残留期間はかなり長いと言われている。ここでは、土壌でのパラコートの消長や各作物に対する土壌中のパラコートの影響を検討するとともに、ハウレンソウ間作桑園等の土壌残留実態を調査した。

本研究を実施するに当たり現地調査にご協力をいただいた中部蚕業事務所の各位、富士見村

農協の各位、ならびに現地の農家の方々に謝意を表す。また、貴重な試料を提供していただいた地力保全課ならびに研究の遂行にあたり終始ご協力をいただいた柳田敏子技師に感謝する。

試 験 方 法

1 パラコートの分析法^{3),5)}

土壌(原則として生土)10gに9Mの硫酸60ml(作物体は、100gに純水200ml、9M硫酸60ml)を加えて5~6時間煮沸還流後、冷却、吸引ろ過(ガラス繊維ろ紙)し、これを10M水酸化ナトリウムでpHを7に調整後5%エチレンジアミン4酢酸2ナトリウム塩を加え、pHを9に調整し吸引ろ過する。ろ液をイオン交換樹脂(Dowex 50W-8X 7.5ml)を充填したクロマトグラフ管に流し入れる。純水、2M塩酸、純水、5%塩化アンモニウム、純水で洗浄後、50%硝酸アンモニウムの最初の3mlを捨て、50mlで溶出させ、溶出液を高速液体クロマトグラフを用いて分析した。

高速液体クロマトグラフィーの条件

カラム：Zipax SCX 500mm×4mmφ
 移動相：純水（1.5% トリエチルアミンpH3
 リン酸）：アセトニトリル（93：7）
 移動相の流量：2.5ml /分
 カラム温度：45℃
 検出器：紫外分光光度計、測定波長262nm、
 Abs. = 0.01
 検出限界：最小検出量（2ng）、試料量
 （10g）、最終液量（50ml）注入量
 （50μl）、検出限界（0.2ppm）

2 土壌中におけるパラコートの消長

農総試は場（前橋市江木町、淡色黒ボク土、
 砂壤土）に無散布区、1回散布区、3回散布区、
 5回散布区の4区、1区8㎡の試験区を設けホ
 ウレンソウを栽培した。パラコート液剤（24%）
 500倍液150l/10aを1985年4月30日（5回区）、
 5月29日（5回区）、6月28日（5、3回区）、7
 月29日（5、3回区）、8月30日（5、3、1回区）
 に土壌表面に均一散布し、最終散布日から29、
 91、186、277日経過の4回表層土（0～15cm）
 を採取し分析した。またハウレンソウについても
 12月9日に採取し分析した。

3 幼植物試験

(1) 野菜、飼料作物、小麦への影響

1/2000a ワグネルポットに孀恋村表層多腐
 植質黒ボク土壌（水分43.8%）9kg、農総試江

表1 パラコートの土壌での消長と作物残留

Table 1: Residue of paraquat in soil after
 application and in soil

試験区	経過日数				作物体濃度 (生鮮物当り ppm)
	29日	91日	186日	277日	
無散布区	12.6	11.2	11.2	11.2	<0.02
1回散布区	10.0	9.1	8.9	9.0	<0.02
3回散布区	7.8	9.8	9.2	9.4	<0.02
5回散布区	5.9	10.2	11.0	12.0	0.02

注) < 検出限界未満を示す。

木淡色黒ボク土（水分27%）10kgに無添加、20、
 50、80、100ppmになるように水で希釈したパラ
 コート液剤を1986年6月11日添加混合し、各3
 ポットずつ調製した。これにハツカダイコン、
 ノザワナ、ジュンギク、ソルゴー、トウキョウ
 ベガナ、コマツナ、カブ、ネギ、イタリアン、
 ダイコン、ハウレンソウ、小麦を1986年6月16
 日から10月14日までにはわたり順次播種し生育へ
 の影響を調査した。施肥は、各ポットとも6月
 11日にN-P₂O₅-K₂O 各2g、10月9日に
 1g 施用した。

(2) 桑への影響

プラントベッドに月夜野町表層多腐植質黒ボ
 ク土壌0.9kg、蚕試褐色低地土2.0kgに無添加、
 40、80、120ppmになるようにパラコート液剤を
 処理し、1987年7月31日に桑種子（一ノ瀬）を
 播種し、生育への影響を調査した。

4 土壌残留実態調査

(1) 富士見村

桑園の間作としてハウレンソウを栽培してい
 る富士見村の桑園土壌を1985年12月16日（田島
 地区）、12月19日（石井地区）に採取した。田
 島地区については3農家10ほ場とこれまでパラ
 コートを使用していない農家のは場、計11ほ場
 について各3カ所から10cm毎に3層まで採取し、
 各層毎に混合して試料とした。石井地区につい
 ては3農家10ほ場について表層10cmのみを試料
 とした。

(2) 西毛地区

1986年に地力保全課で行った西毛地区の土壌
 環境基礎調査（定点調査）の中、主に樹園地土
 壌の作土44点について分析を行った。なお試料
 は風乾土を用いた。

結果および考察

1 土壌中におけるパラコートの消長

試験を開始するにあたって、パラコートを散

布したことの無い場合は場内になく、表1に示したように、結果的には無散布区の残留量が最も多かった。500倍 150 l / 10 a / 回の散布で土壌の仮比重を1とし、散布した全量が残存すると、土壌中の濃度は0.48 ppm増加し、3回散布区では1.44 ppm、5回散布区では2.4 ppm増加することになる。着手前のデータがないので散布により増加した量は分からないが、無散布区を含めて、各区とも3～9カ月後の分析値に殆ど変化がないことから、土壌に吸着されたパラコートはほとんど減少せず、かなり長時間土壌に残留するものと考えられる。

なお、作物体濃度は登録保留基準³⁾ 0.05 ppmに対して5回散布区が検出限界の0.02 ppmであった外はそれ未満であった。

2 幼植物試験

(1) 野菜、飼料作物、小麦への影響

試験の範囲では、淡色黒ボク土において明らかに生育阻害を受けている作物がノザワナ、ソルゴー、イタリアンの3種に対し、多腐植質黒ボク土ではダイコン、小麦を除く10種が阻害を

受けた。また、作物収量が20%減となる土壌中のパラコート濃度は、淡色黒ボク土においてはノザワナ、イタリアンが30 ppm、ソルゴー130 ppmであり、多腐植質黒ボク土においては、シュンギク、ノザワナ、ソルゴー、イタリアンが40 ppm、トウキョウベガナ、ハウレンソウ、コマツナ、ハツカダイコンが50～60 ppm程度、ネギが70 ppmであった。また、被害症状としては生育抑制が主であるが、高濃度添加土壌においては一部新葉の黄化や、イタリアンではアントシアン色素によると考えられる呈色があった。この結果からみると土壌および作物によりパラコート被害発現濃度が異なり、また、多腐植質黒ボク土においては、土壌中のパラコート濃度が増加するにつれて急激に生育阻害が増大することがわかる。

KNIGHT・TOMLINSON⁴⁾によればパラコートの土壌中での吸着部位は粘土鉱物であり、その種類によりその吸着量(Strong Adsorption Capacity; SAC) は大きく異なりモンモリロナイトの64 me / 100 g からアロフェンの0まで

表2 土壌中のパラコートが幼植物に及ぼす影響

Table 2: Effect of paraquat in soil on the growth of seedlings

	淡色黒ボク土(表土)					表層多腐植質黒ボク土(表土)				
	無添加区	27 ppm	69 ppm	110 ppm	137 ppm	無添加区	36 ppm	89 ppm	142 ppm	178 ppm
	g/本					g/本				
ハツカダイコン	0.690	109	83	77	98	0.331	104	66	48	37
ノザワナ	1.140	78	61	56	46	1.216	96	40	22	14
シュンギク	0.406	127	102	95	95	0.850	79	24	8	7
ソルゴー	2.283	86	91	90	48	1.417	89	19	13	12
トウキョウベガナ	1.704	90	71	119	95	2.665	96	50	10	5
コマツナ	1.303	132	95	149	111	1.866	109	51	4	4
カブ	16.393	57	90	69	84	15.499	78	113	48	24
ネギ	0.160	77	94	86	76	0.079	99	73	44	49
イタリアン	2.038	82	71	74	57	1.642	78	56	28	15
ダイコン	1.380	243	285	96	186	5.798	86	87	108	61
ハウレンソウ	0.237	68	242	141	62	0.233	75	63	18	9
小麦	1.320	112	91	107	111	0.796	114	139	129	119

注) 無添加区は実数表示、他は指数表示。添加パラコート濃度は乾土当たり。

となっている。したがって、アロフェンを主粘土鉱物とする黒ボク土はSACが小さいと考えられる。また、SACは土壌中のパラコート残留量がこの値付近になると作物生育に悪影響を及ぼすという目安になる。たとえば、アロフェンが主体の土壌のSAC 0.06 me/100 g は約77 ppmに相当する。

(2) 桑への影響

表3に示したが、桑は褐色低地土においては120 ppmでも20%程度の生育阻害なのに対して、多腐植質黒ボク土で60 ppm程度で20%低下し、120 ppmでは40%以上の低下がみられた。しかし、同じ土壌ではないが、今回供試した野菜や、飼料作物に比べると生育阻害を受けにくいと考

表3 土壌中のパラコートが桑に及ぼす影響

Table 3: Effect of paraquat in soil on mulberry seedling

土 壤	g/本			
	無添加区	40 ppm	80 ppm	120 ppm
褐色低地土	0.363	124	97	77
多腐植質黒ボク土	0.114	103	63	57

注) 無添加区は実数表示、他は指数表示

表4 パラコートの農家別・桑園別土壌中濃度
Table 4: Residue of paraquat in mulberry field soils (0 ~ 10 cm)

農 家	土 壌 中 濃 度 (ppm/乾土)				
	ほ場1	ほ場2	ほ場3	ほ場4	平 均
	A	5.6	3.2	3.8	2.8
B	18.2	0.3	3.8	...	7.4
C	4.7	4.2	1.3	...	3.4
D	5.4	2.5	1.4	...	3.1
E	11.6	12.7	7.6	18.0	12.5
F	17.0	25.2	27.2	...	23.1
無散布	0.2	0.2

えられた。

3 土壌残留実態調査

(1) 富士見村

聞き取り調査ではいずれの農家もパラコートの使用は300 ~ 500 ml/10 a/回の散布量で、散布回数も1 ~ 2回/年であり、その散布歴も10年以上とのことであったが、表4に示したように、その残留濃度は農家により、またほ場によりばらつきが多く最高27.2 ppm、最低0.3 ppm、平均8.8 ppmであった。農家による相違を見ると、A、C、D農家が平均3 ppm台であるのに対して、E農家では12.5 ppm、F農家では23.1 ppmと農家による違いが大きかった。また、ほ場別にみてもB農家のように0.3 ppmと残留濃度の低い桑園もあれば18.2 ppmと比較的高いほ場もあった。

この違いは、土壌がほぼ同じことを考えれば、ほ場におけるパラコートの分解挙動の違いよりも、散布量と散布回数の違いが大きいと考えられる。また、これまでにパラコートを散布したことのない桑園土壌での残留量は0.2 ppmと低い

表5 桑園土壌におけるパラコートの深さ別濃度
Table 5: Residue of paraquat by depth in mulberry field soils

ほ 場	0 ~ 10cm		10 ~ 20cm		20 ~ 30cm	
	実数	比率	実数	比率	実数	比率
	ppm	%	ppm	%	ppm	%
A 1	5.6	86	0.9	14	<0.2	..
A 2	3.2	62	2.0	38	<0.2	..
A 3	3.8	70	1.6	30	<0.2	..
A 4	2.8	61	1.4	30	0.4	9
B 1	18.2	67	8.6	32	0.5	2
B 2	0.3	100	<0.2	..	<0.2	..
B 3	3.8	30	3.7	29	5.2	41
C 1	4.7	64	2.2	30	0.4	5
C 2	4.2	72	1.6	28	<0.2	..
C 3	1.3	62	0.8	38	<0.2	..
無散布	0.2	100	<0.2	..	<0.2	..

値であった。これは周囲の桑園からパラコート
の吸着された土が風等により運び込まれたため
僅かながら検出されたものと考えられる。

また、半数のほ場（A, B, C農家）では深
さ別に30cmまで試料を採取し、その結果を表5
に示した。土壌に残留しているパラコートは、
61～100%が表層（0～10cm）に存在していた。
また、20cm以下の層には殆ど移行はなく、最
高でも0.5ppmとわずかであった。

B3圃場では特異的に表層（0～10cm）の3.8
ppmに対して下層（20～30cm）の濃度が5.2ppmと
高かった。施用された肥料によりパラコートが
ごく僅かは溶脱されることが知られている⁶⁾が、
実際問題としては耕耘等物理的手段により下
層へ移行したものと考えられる。B3圃場の
原因も改植時等に土壌の攪乱があったものと思
える。

次に、ホウレンソウ間作桑園地帯以外でのパ
ラコートの残留調査を県内の西毛地区で桑園
23ほ場、果樹園15ほ場、コンニャク畑等6ほ
場で行った。残留量を平均値でみると桑園土
壌4.5ppm、果樹園土壌4.3ppm、コンニャク畑
土壌3.4ppmと作物による相違はあまり認めら
れなかった。しかし、桑園や、果樹園では10
ppmを越えるほ場があったのに対してコンニャク
畑では最高でも6.4ppmと比較的低い水準であ
った。

引用文献

- 1) グラモキソン協議会：1973. グラモキソン.
pp. 40～41, グラモキソン協議会, 東京.
- 2) 群馬県農業総合試験場：1987. 土壌環境基
礎調査（定点調査）成績書. 昭和60・61年度,
pp. 160～182.
- 3) 官報：1976. パラクアトジクロリド試験法.
14827号, 8～10, . 昭和51年6月11日.
- 4) KNIGHT, B. A. G. and T. E. TOMIL -
SON :1967. The Interaction of Paraquat
with Mineral Soils. J. Soil. Sci., 18 233～
243.
- 5) 中村幸二（埼玉農試）：1985. パラコート
の高速液体クロマトグラフ法. 私信.
- 6) 農業環境技術研究所編：1986, 第3回農業
環境化学検討会資料. 15 - 1.

表6 西毛地区のパラコート土壌残留(ppm/乾土)
Table 6: Paraquat's residue in soils in the
western region of Gunma prefecture

	桑園	果樹園	コンニャク畑等
平均値	4.5	4.3	3.4
最大値	10.8	12.6	6.4
最小値	0.4	<0.2	<0.2
標準偏差	2.9	3.4	2.6
データ数	23	15	6
作土厚cm	20.6	20.7	21.3

ホウレンソウ間作桑園土壌の調査結果と比べ
ると西毛地区の桑園土壌の残留量は低い値にな
っているが、これは作土層（21cm程度²⁾）の
残留量を調べているためと、F農家の桑園のよ
うな高い残留量のほ場がないためと考えられる。

これらの結果から、現時点では土壌中に残留
するパラコートによる作物の生育阻害は殆ど無
いものと考えられる。また、一部の桑園では30
ppm近くの残留が認められ、山間地に多く分布す
る多腐植質黒ボク土土壌地帯は野菜栽培が盛ん
で、40～50ppm程度で生育阻害の越える作物も
栽培されている。このため、現状の散布が続け
ば10～20年後には問題の生ずることもありう
るので、抵抗性雑草の問題とも絡み、茎葉処理
型の除草剤の使用についてもローテーション使
用が望ましい。

(Key Words: Paraquat, Residue in Soil, Growth Inhibition, Andosols)

The Residue of Herbicide in Soil and Crop.

Part II, Paraquat's Residue in Soil and Its Crop-Growth Inhibition

Yasuhiro YANAGISAWA, Fumiko TAKEI, Katsusuke MIYAHARA
and Takehisa EBIHARA

(Gunma Agricultural Research Center)

Summary

Widely used herbicide paraquat is adsorbed onto clay particles in the soil after application, and its concentration in soil remained the same level even after nine months. Its inhibition ratio for growth of shungiku, nozawana, sorghum, Italian ryegrass, and spinach was about 20% at 40~50ppm in High-humic Andosols.

In farmers' fields, the residue level of paraquat in soil was 27.2ppm at maximum, but was hardly detected at 20~30cm depth.