

パルプ廃液の土壤改良効果に関する研究 (第1報)

大豆, トウモロコシの栽培試験

小 柴 尚 博[※]

Naohiro KOSHIBA

Studies on the Improvement Effect of Waste
Liquor from Pulp Mills for the Soils I.

The Vegetation Experiments by Soy Beans and Corns.

緒 言

最近の我が国における年間パルプ生産量は世界第5位で500万トン以上に達し¹⁾, 排出されるパルプ廃液はパルプ1トンにつき3~5 m^3 といわれ, その量はばく大なもので各地における汚染の重大な原因の一つとなっているので, 他の公害問題と同様にその解決策が急がれている。

現在考えられている対策には, 焼却処理, 酸性中和, 硫黄の除去などがあり, またバニリン, 活性炭, 肥料などの原料としたり, 酵母の培養基に利用したり, プラスチックやセメントとの混合剤に活用する方法が考えられ一部実用化されている。

農業の見地からパルプ廃液を取り扱った研究はあるが, これらの大部分は廃液を作物の生育阻害物質²⁾⁻⁵⁾と見なしたり, 肥料原料⁷⁾⁻¹¹⁾と考えたりしたものが多く, 土壤改良資材として取り扱ったものは少ない。

本研究はリグニンを多量に含み, 腐植に類似した性質をもつパルプ廃液をなるべく多量に有効に活用することができれば, 我が国の有機物不足による土壤の劣悪化を防ぐとともに公害除去の一助にもなるとの観点から, 土壤改良剤として農業に利用できるかどうか, 又できるとすれば施用量や施用方法は如何にあるべきかを検討しようとするものであり, 今回は大豆とトウモロコシについてパルプ廃液施用試験を行ない, 土壤改良効果を認めたので報告する。

試験の方法

1972, 73両年にわたり大豆およびトウモロコシを圃場

や植木鉢に栽培してパルプ廃液の施用量, 施用方法, 各種土壤に対する施用効果の差異などに関する試験を次のような方法で行なった。

試験場所 島根大学実験圃場

栽培作物 大豆は早生奥原, トウモロコシはゴールデンクロスバンタム

供試土壤 植木鉢試験には土性の異なる本学付近の壤土, 埴土および神西農場の砂土を用い, あわせて三瓶農場の火山灰土を黒土として供試した。これら土壤の国際土壤学会法による機械的組成は第1表のようである。

第1表 供試土壤の機械的組成および土性名
(細土中%)

土壤名	粒徑				土 性 名
	粗砂	細砂	シルト	粘土	
砂 土	62.8	23.6	10.6	3.0	Loamy Coarse Sand
壤 土	14.4	48.4	21.5	15.7	Clay Loam
埴 土	1.2	24.0	31.4	43.4	Light Clay
黒 土	50.4	23.3	14.7	11.6	Coarse Sandy Loam
圃 場 土	24.9	32.9	18.1	24.1	Sandy Clay Loam

供試パルプ廃液 山陽国策パルプ株式会社江津工場製の亜硫酸パルプ廃液を脱水して水分6.3%のものを使用した。

試験規模 大豆の栽培に使用した植木鉢は $\frac{1}{2}$ 000 a ワグネルポット, 圃場栽培面積は1972年0.43 a, 1973年0.32 aで, トウモロコシ栽培には $\frac{1}{4}$ 100 a コンクリート製の植木鉢を使用し, 圃場栽培面積は1972年0.53 a, 1973年0.32 aで, いずれも2連制とした。

※ 生物化学研究室

試験区 パルプ廃液を10a当り500kg, 1,000kg施用した区をそれぞれ廃液少量区(又はパルプ廃液区), 多量区とし, 表層15cmに混合した。たい肥区は10a当り1,000kgとし同様に混合した。3要素だけを施用した区を標準区とし, すべての区に3要素は同量ずつ施用したが, パルプ廃液およびたい肥中の3要素は計算に入れなかった。

施肥前に供試土壌はpH 6.5程度に, パルプ廃液はpH 7.0に中和し, N, P₂O₅, K₂Oはそれぞれ硫酸, 過石, 硫酸で施した。その施用量は大豆の場合には植木鉢で鉢当り0.2, 0.5, 0.5gとし, 圃場では10a当り5.0, 7.0, 7.0kgとした。トウモロコシの場合には植木鉢で鉢当り2, 2, 2g(ただし少肥区, 中肥区, 多肥区と分けた場合には少肥区0.5, 0.5, 0.5g, 中肥区1.0, 1.0, 1.0g, 多肥区2.0, 2.0, 2.0gとした。)とし, そのうちN, K₂Oの半量は追肥とした。(ただし少, 中, 多肥区に分けた場合には追肥としてN, K₂Oをそれぞれ0.5, 0.5g, 1.0, 1.0g, 1.0, 1.0gとした。)

耕種概要 栽培密度は大豆の場合植木鉢では1本植, 圃場では60cm×30cm, トウモロコシの場合には植木鉢では1972年は4本植, 1973年は3本植とし圃場では73cm×30cmとした。

パルプ廃液施用は1972年は播種前2日, 1973年は30日に行なった。

施肥および播種は圃場では1972年5月20日, 1973年5月1日, 植木鉢では1972年5月27日, 1973年5月25日であった。追肥は圃場では1972年6月10日, 1973年5月25日に施用し, 植木鉢では1972年6月15日, 1973年6月16日に施用した。

収穫は1972年は8月12日, 1973年は8月8日に行なった。生育調査は茎長だけに関して4回行なった。調査結果の数字は大豆の場合植木鉢試験では2本平均, 圃場試験では10本平均, トウモロコシの場合は植木鉢試験では6~8本平均, 圃場試験では10本平均の1本当りのものを示す。

結果および論議

1972年には7月初旬に大雨があり, 1973年には干天が続き, 両年ともに数十年来の不順な気象状態であった。したがって例年のような生育状況ということはできない

が, 試験結果は次の通りであった。

1) 大豆

大豆栽培試験は第2~4表のように土壌が異なる場合のパルプ廃液の効果, たい肥と比較した場合のパルプ廃液の効果, パルプ廃液増施効果などの確認を目的として行なった。

土壌が異なる場合の結果は第2表に示すようで, 砂土を除き他の区ではパルプ廃液施用区の生育がよく, 少量区と多量区を比較すると壤土, 埴土ではほとんど同じであるが, 砂土, 黒土では少量区の生育がよかった。収量調査結果では砂土, 壤土および黒土の多量区の茎葉重はパルプ廃液施用区が標準区より劣っている。きょう重については埴土の場合ほとんどパルプ廃液施用の影響がなかったが, 他の土壌ではいずれも施用区が大きく, 砂土と黒土では少量区が大きく, 壤土では多量区が大きかった。

たい肥とパルプ廃液の土壌改良効果を目的とした試験結果は第3表のようで, 生育状況は3区ともほとんど

第2表 大豆栽培各種土壌に対するパルプ廃液施用植木鉢試験 (1972年)

試験区	調査項目	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
		6月26日	7月3日	7月17日	7月24日	茎葉重	きょう重
砂土	標準区	19.5	32.5	54.5	54.5	27.0	4.0
	パルプ廃液少量区	17.0	29.5	52.0	52.0	23.0	12.0
	多量区	17.5	27.5	45.5	45.5	7.0	11.0
壤土	標準区	19.0	29.0	44.0	45.0	27.0	22.0
	パルプ廃液少量区	20.0	33.5	52.0	52.0	23.0	33.0
	多量区	19.0	34.0	52.5	53.0	20.0	44.0
埴土	標準区	15.0	22.0	32.5	36.5	8.0	28.0
	パルプ廃液少量区	15.5	24.5	45.5	46.5	11.0	29.0
	多量区	16.0	23.5	44.0	45.0	11.0	27.0
黒土	標準区	18.0	22.0	42.5	43.0	15.0	32.0
	パルプ廃液少量区	18.0	27.5	50.5	51.5	19.0	50.0
	多量区	17.5	24.5	42.5	44.0	12.0	45.0

[注] 収量調査は収穫後8日間風乾した後に行なった。

第3表 大豆栽培土壌に対するパルプ廃液, たい肥施用圃場試験 (1972年)

試験区	調査項目	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
		6月26日	7月3日	7月17日	7月24日	茎葉重	きょう重
標準区		26.4	39.4	64.2	65.2	55.0	106.1
たい肥区		27.9	41.2	65.6	66.3	48.8	91.9
パルプ廃液区		25.6	38.7	63.6	64.7	52.0	105.0

[注] 収量調査は収穫直後に行なった。

ど同じであるが、収量調査の結果は標準区が最もすぐれており、次いでパルプ廃液区、たい肥区の順になっている。この結果については意外の感を受けるが、この年は異常天候であり、たい肥区の初期生育は順調であったが7月初旬の大雨後悪影響を受けたと思われる。パルプ廃液区に関しては廃液施用後2日目に播種したため初期生育が遅れ、収穫時には相当回復し、例えばきょう重は標準区とほとんど同じになっている。この生育状況から考えると、廃液の施用時期を配慮することにより十分標準区にまさる収量をあげることができると考えられる。

1973年には廃液施用時期を播種前30日にして試験し、前年度の予想を確認することとした。その結果は第4表のようである。この試験ではたい肥区は中止してパルプ廃液多用区をつくり、より効果があるかどうかを検討した。予想されたようにパルプ廃液施用区は両者ともに生育、収量が標準区を上回った。別の実験でパルプ廃液から出ると考えられる発芽抑制物質は約2週間で消失することが明らかになっているので、第4表の結果とあわせて考えるとパルプ廃液の施用を播種前2～3週間に行なえば顕著な効果をあげることができると考えられ、またその施用量については今後検討の余地があると思われる。

第4表 大豆栽培土壤に対するパルプ廃液増施圃場試験 (1973年)

調査項目 試験区	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
	6月1日	6月10日	6月20日	7月3日	茎葉重	きょう重
標準区	21.4	29.1	41.9	47.7	82.0	107.9
パルプ廃液少量区	22.6	30.5	45.2	49.9	99.6	135.0
“ 多量区	23.8	31.7	47.0	51.4	84.6	123.4

〔注〕収量調査は収穫直後に行なった。

2) トウモロコシ

トウモロコシ栽培試験は第5～8表のように土性が異なる場合のパルプ廃液の効果、たい肥と比較した場合のパルプ廃液の効果、および肥料又はパルプ廃液の量が異なる場合について検討するために行なった。

土性が異なる場合の結果は第5表に示すようで、生育調査によると砂土では各区とも差は少ないが、壤土ではパルプ廃液施用区が標準区よりも大きく、埴土では生育初期には標準区がよいが後期にはパルプ廃液施用区が大きくなった。収量調査によると茎葉重は各区ともにパルプ廃液少量区が大きく、穂重は各区まちまちの結果を得た。

たい肥とパルプ廃液の比較試験結果は第6表のよう

第5表 トウモロコシ栽培各種土壤に対するパルプ廃液施用植木鉢試験 (1972年)

調査項目 試験区		生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
		6月26日	7月3日	7月17日	7月24日	茎葉重	穂重
砂	標準区	82.8	115.5	151.0	162.8	180.0	134.0
	パルプ廃液少量区	83.0	109.0	153.8	163.0	204.0	132.0
	“ 多量区	82.5	114.3	149.0	162.0	173.0	148.0
壤	標準区	57.0	77.5	107.5	131.3	230.0	98.0
	パルプ廃液少量区	64.3	89.0	118.8	141.5	234.0	205.0
	“ 多量区	59.3	83.5	119.0	140.0	272.0	106.0
埴	標準区	82.8	109.5	147.5	151.8	144.0	204.0
	パルプ廃液少量区	77.8	105.5	140.5	152.3	170.0	168.0
	“ 多量区	80.5	105.5	145.8	159.3	160.0	—

〔注〕収量調査は収穫直後に行なった。
埴土のパルプ廃液多量区の穂には粒ができなかったため記載しなかった。

第6表 トウモロコシに対するパルプ廃液、たい肥比較圃場試験 (1972年)

調査項目 試験区	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
	6月19日	6月26日	7月3日	7月17日	茎葉重	穂重
標準区	79.6	105.5	140.2	176.7	387.0	357.0
たい肥区	75.2	103.2	138.7	172.7	396.0	336.0
パルプ廃液区	74.0	97.9	134.7	171.7	432.0	309.0

〔注〕収量調査は収穫直後に行なった。

で、生育調査によるとパルプ廃液区、たい肥区ともに標準区より劣る。このことは大豆と同様に異常天候のためと、パルプ廃液の施用時期が悪かったものと考えられる。収量調査において茎葉重は標準区が小さく、穂重は大きくなっていることは恐らく初期生育が影響しているであろう。

パルプ廃液を施用した場合に土壤の置換容量が大きくなり、又土壤の物理性も改良され作物の生育に好影響を与えると考えられるので、施肥量を変えてトウモロコシの生育状況を観察した結果は第7表のようである。生育調査によると標準区が一番劣り、中肥区>多肥区>少肥区の順になっており、パルプ廃液施用の場合、特に施肥量を増加する必要がないように考えられる。また収量調査によると中肥区以外はほとんど同じ茎葉重であるが、穂重は施肥量の増加によって減少している。標準区では粒の無い穂だけよりできなかったため記載しなかった。

パルプ廃液の量を変えた場合のトウモロコシに対す

第7表 施肥量を異にするトウモロコシに対するパルプ廃液施用植木鉢試験 (年)

調査項目 試験区	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
	6月 15日	6月 25日	7月 5日	7月 25日	莖葉重	穂重
標準区	17.2	28.5	51.6	113.0	222.3	—
パルプ廃液+少肥区	19.7	30.2	60.3	130.3	220.7	65.3
パルプ廃液+中肥区	22.9	40.1	66.5	153.2	253.7	78.7
パルプ廃液+多肥区	22.1	35.3	66.3	141.4	222.3	4.3

〔注〕標準区の施肥量は中肥区と同量である。
収量調査は収穫直後に行なった。

る影響をみるために行なった試験結果は第8表に示すようである。生育調査によるとパルプ廃液施用区はいずれも標準区に比べて生育がよかった。この試験においては前年度のパルプ廃液施用時期が悪かったことを参考にして播種前30日に施用したので発芽が害されず順調な生育をしたものと考えられる。収量調査では多量区が莖葉重、穂重ともにまきり、少量区の莖葉重は標準区のそれより劣るが穂重はまきっている。植木鉢試験ではパルプ廃液多量区が必ずしもよい結果を得ていないが、圃場試験の結果および実際の観察結果から考えると、更にはパルプ廃液を増施しても増収が得られるのではないと思われる。

第8表 トウモロコシに対するパルプ廃液増施圃場試験 (1973年)

調査項目 試験区	生育調査 (cm)				収量調査 (g)	
	6月 1日	6月 10日	6月 20日	7月 3日	莖葉重	穂重
標準区	22.9	36.9	75.6	144.5	752.8	437.6
パルプ廃液少量区	27.5	43.3	79.5	160.6	718.2	454.4
パルプ廃液多量区	28.1	41.5	78.6	158.8	804.2	480.2

〔注〕収量調査は収穫直後に行なった。

以上のようにパルプ廃液が土壤改良資材として役立つかどうかを見るため、各種の栽培試験を行なった結果、また検討しなければならぬ事柄が数多く残されているが、包装や輸送費が安価であれば十分に可能性

があると考えられる。今後発芽抑制物質の解明、パルプ廃液施用後の持続性、水田土壌に対する効果などが明らかになれば更に便利に利用できると思われる。

要 約

パルプ廃液を土壤改良資材として利用するため、大豆、トウモロコシによる各種の栽培試験を行なった。その結果は次のようである。

- 1) パルプ廃液施用の時期は作物栽培の1~2週間前が適当で、それより遅れると発芽が抑制される。
- 2) 火山灰土に対して特に有効であり、土性別にみると壤土に効果を発揮する。
- 3) たい肥と比べて、まさるとも劣らない土壤改良効果がある。
- 4) パルプ廃液の施用量は水分が5~6%の場合10a当り500kgぐらいが適当と思われる。

引 用 文 献

1. 鈴木尚夫編：現代日本産業発達史 XII 紙・パルプ 交詢社 東京 1967, p.352-390.
2. WINIECKI, B. T.: Pacific pulp and paper Ind. **13**: 30-31, 1939.
3. SPULNIK, J. B. et al.: Soil Sci. **49**: 37-47, 1940.
4. BOLLEN, W. B.: Pacific pulp and paper Ind. **16**: 30-34, 1942.
5. STEPHENSON, R. E.: Ibid. **19**: 68-70, 1945.
6. 橋本 武・横田弘司：土肥雑 **36** (8): 231-234, 1965.
7. 高井康雄・小熊 武：土肥誌 **37** (9): 483-488, 1966.
8. 同上：**37** (10): 522-26, 1966.
9. 同上：**37** (10): 527-31, 1966.
10. 同上：**37** (10): 532-36, 1966.
11. 立野恒夫・山口益郎：土肥講演要旨集 **18**: 107, 1972.
12. ROBERT, S. ARIES: Paper Trade Journal **123** (21): 47-51, 1946.

Summary

Various vegetation experiments by soy beans and corns were made for the purpose to utilize the waste liquor from pulp mills as the soil improvement materials. The results were as follows :

1. The most suitable application of the waste liquor to the soil must be done 1—2 weeks before seeding, and the later application delayed the germination of the crops.
2. The waste liquor was especially effective for the volcanic soil, and effective for the loam soil, from the view point of soil texture.
3. The waste liquor has the same or more soil-improving effect, compared with compost.
4. About 500kg application of the waste liquor for 10 ares is considered most suitable for the growth of plant.