

# 琉球大学学術リポジトリ

## 園芸作物に対する下水汚泥の施用効果と重金属の吸収について(農学部附属農場)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 米盛, 重保, Yonemori, Shigeyasu メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/4043">http://hdl.handle.net/20.500.12000/4043</a>

# 園芸作物に対する下水汚泥の施用 効果と重金属の吸収について†

251

米盛重保\*

Shigeyasu YONEMORI : Growth and metal absorption of vegetables as affected by sludge application

## Summary

Pot experiments were carried out in order to investigate effects of sewage sludge on the growth and metal absorption of vegetables in the glasshouse. The sludge was obtained from the Isahama sewage plant and applied to the soil after being air-dried. The soils used for the experiment were Jaagaru (a soil derived from marl) and Maaji (a soil derived from limestone). *Allium wakegi*, spinach, cucumber, melon and chrysanthemum were grown on the respective soils treated with the sludge at the ratios of 0, 25, 50, 75 and 100%. Length, leaf number and fresh weight of the vegetables and fruit weight were measured at harvest, in addition Brix of melon fruit were determined. The soils were analyzed for pH, Hg, As, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Mn, Fe, Ca, Mg, N, K<sub>2</sub>O, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The vegetables were also analyzed for such harmful elements as Hg, As, Cd, Pb, Ni and Cr. The analysis showed that the concentrations of Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, N, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the Sludge were higher than those in the soils. The growth and yields of vegetables and the Brix of melon fruits were favorably affected by applying the sludge at the ratios 25 and 50 % in general. The chrysanthemum showed good growth with any rate of sludge application. Nitrogen and Phosphorus of the sludge seemed to have effected on the growth of vegetables and chrysanthemum. The plant analysis showed that Hg was below determinable concentration in the tested vegetables on the all treatments. The concentrations of As, Pb and Cr in the *A. wakegi*, As, and Cd in the spingch, Cr and Ni. in the cucumber, and Cd, Pb and Cr in the melon fruits tended to increase to some extent by the sludge applications as compared with the vegetables received an ordinary CDU fertilizer.

近年、沖縄県においても那覇市や中部地区を中心に人口増加、市街化、工場建設等が急速に進みそれに伴う下水道施設の整備普及も徐々に整備されつつある。ところが下水処理によって発生する下水汚泥（以下汚泥）の急増と汚泥の重金属含有が最近社会問題となっている。汚泥発生量の抑制法や重金属

†本論文の要旨は昭和56年沖縄農業研究会にて発表した

\*琉球大学農学部附属農場

琉球大学農学部学術報告 29 : 251 ~ 264 (1982)

類等の有害物質の除去等の有効的安全処理法は沖縄県では未確立である。今後ますます増加が予想される汚泥に対し早急に安全な処理法と有効利用の検討が重要な課題と思われる。本実験は汚泥の農地還元を前提としたいわゆるリサイクル農業の観点から汚泥施用が作物の生育と重金属類吸収に及ぼす影響について調査した。

### 材料および方法

供試汚泥は1979年7月に沖縄県土木建築部伊佐浜下水処理場から搬入し、3ヶ月間露天下で乾燥後砕土して使用した。供試土壌は琉球大学農学部附属農場内の未耕作地から採集したジャーガルと島尻マーヂ(以下マーヂ)を使用し、両土壌に汚泥を容量で0, 25, 50, 75, 100%の割合いで混入した。対照区は慣行法のCDU肥料(15:15:15)施用区を設けた。供試作物はワケギ, ホウレンソウ, キュウリ, メロン, キク(ポットマム)を用い、ポリ鉢(キクは15cm鉢, 他は33cm鉢)で琉球大学農学部附属農場のガラス室内で栽培した。栽培期間はメロンとキュウリが1979年10月から1980年1月, キクは1979年9月から10月, ワケギとホウレンソウは1979年10月から12月まで3作した。生育調査はワケギ植付け30日後の草丈と生体重, ホウレンソウは2作目の葉長, 草丈, 生体重, キュウリは30日目と60日目の10株当たり収量, メロンは定植後10, 15, 20, 25, 30日目の草丈, 葉数と収穫時の果重, ブリックス, キクは開花時の草丈と分枝数をそれぞれ調査した。重金属類の調査は汚泥, ジャーガル, マーヂのpH, 水銀, ヒ素, カドミウム, 鉛, 亜鉛, 銅, ニッケル, クローム, マンガン, 鉄, カルシウム, マグネシウム, 窒素, リン酸, カリについて行なった。作物中の重金属類の調査はワケギ, キュウリ, ホウレンソウの葉部とメロンの葉部と果肉部の水銀, ヒ素, カドミウム, 鉛, ニッケル, クロームについて行なった。重金属類の分析は伊佐浜下水処理場水質課で行ない、分析法はカドミウム, 鉛, 銅, ニッケル, クローム, マンガン, 鉄, カルシウム, マグネシウムは原子吸光分析法, 水銀は還元気化循環法による原子吸光分析法, ヒ素はDDTC-Ag法により行なった。

### 結 果

ワケギの生育に及ぼす汚泥の施用効果は図1に示した通りである。

ワケギの第1作(10月植え)の生育は草丈, 生体重とも施肥区(慣行区)が最も良い結果を示した。しかし第2作, 第3作では汚泥施用区が施肥区を上回っており特に25, 50%施用区の効果は顕著だった。また75, 100%施用区も徐々に効果が現れた。

ホウレンソウの生育に及ぼす汚泥の施用効果は図2に示した通りである。

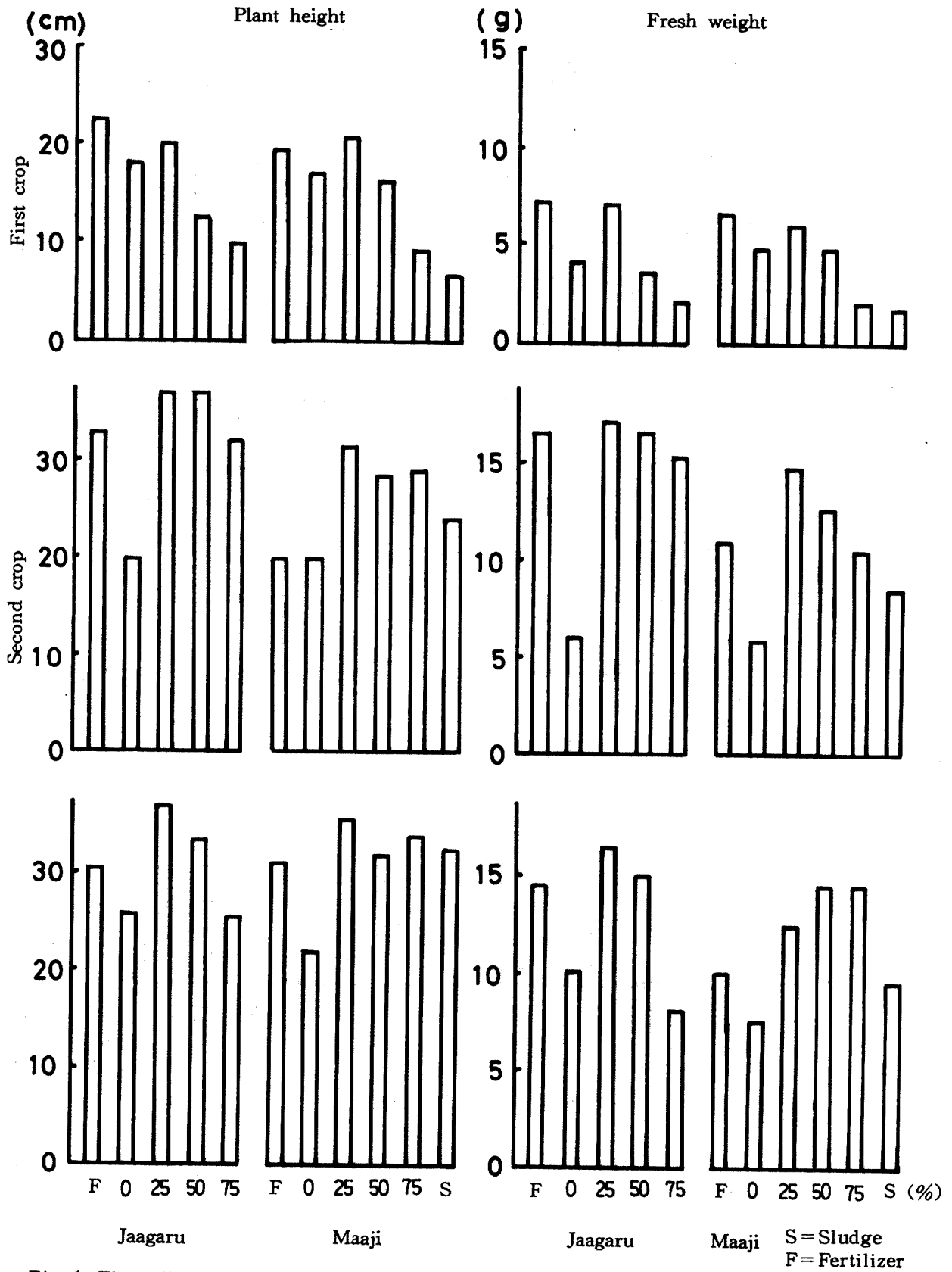


Fig. 1 The effects of sludge application on the growth of *A. wakegi*

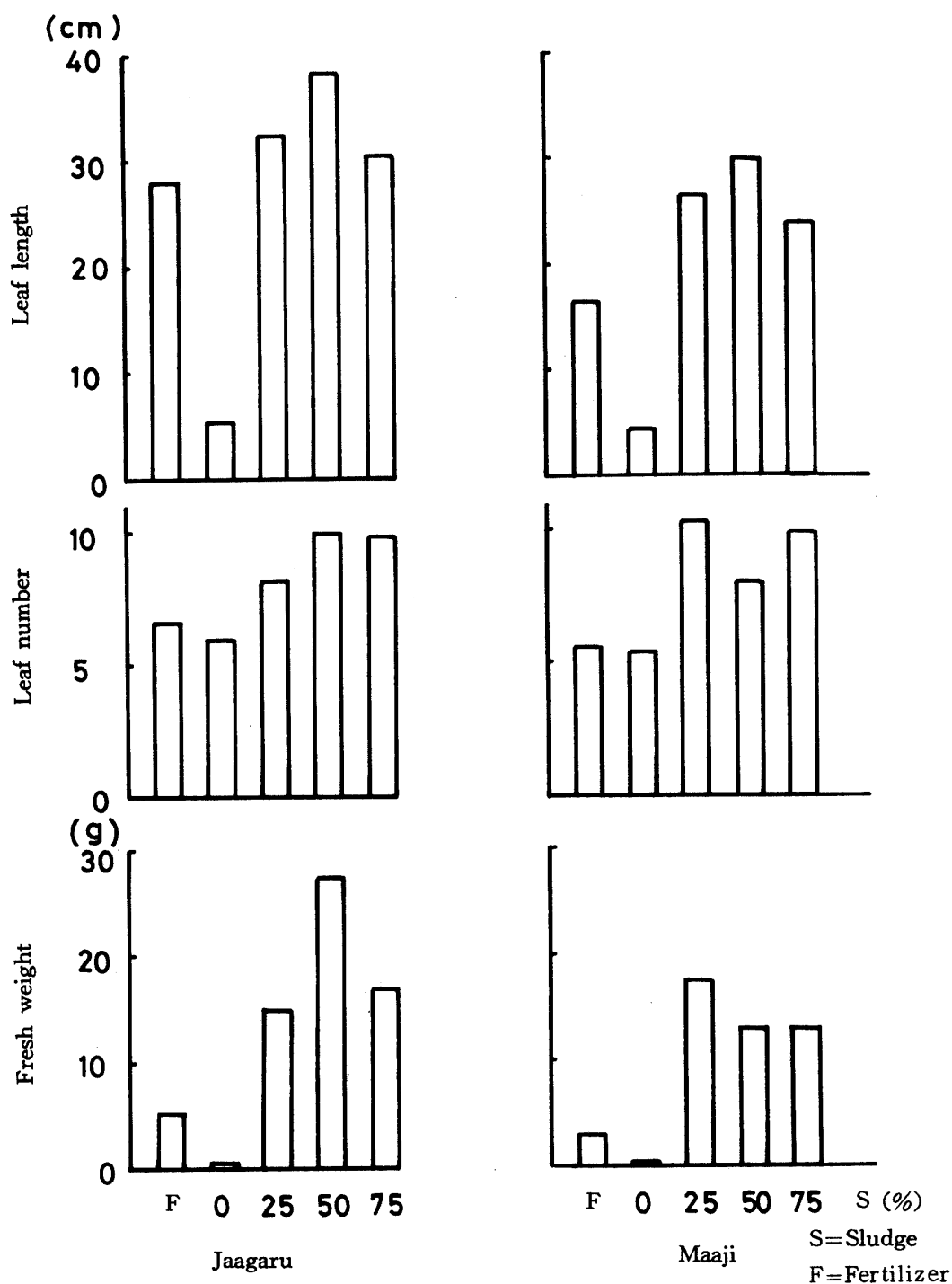


Fig. 2 The effects of sludge application on the growth of Spinuch

ホウレンソウの第1作は汚泥施用区は全て不発芽になり11月播きの第2作の調査結果を示した。ジャーガル、マージ両土壌とも汚泥施用効果が顕著に現れワケギ同様25、50%施用区が特に良い結果を示した。特に生体重は施肥区に比べ汚泥施用区は3~10倍の効果が認められた。汚泥100%区は第2作でも不発芽となった。

キュウリの生育に及ぼす汚泥の施用効果は図3に示した。

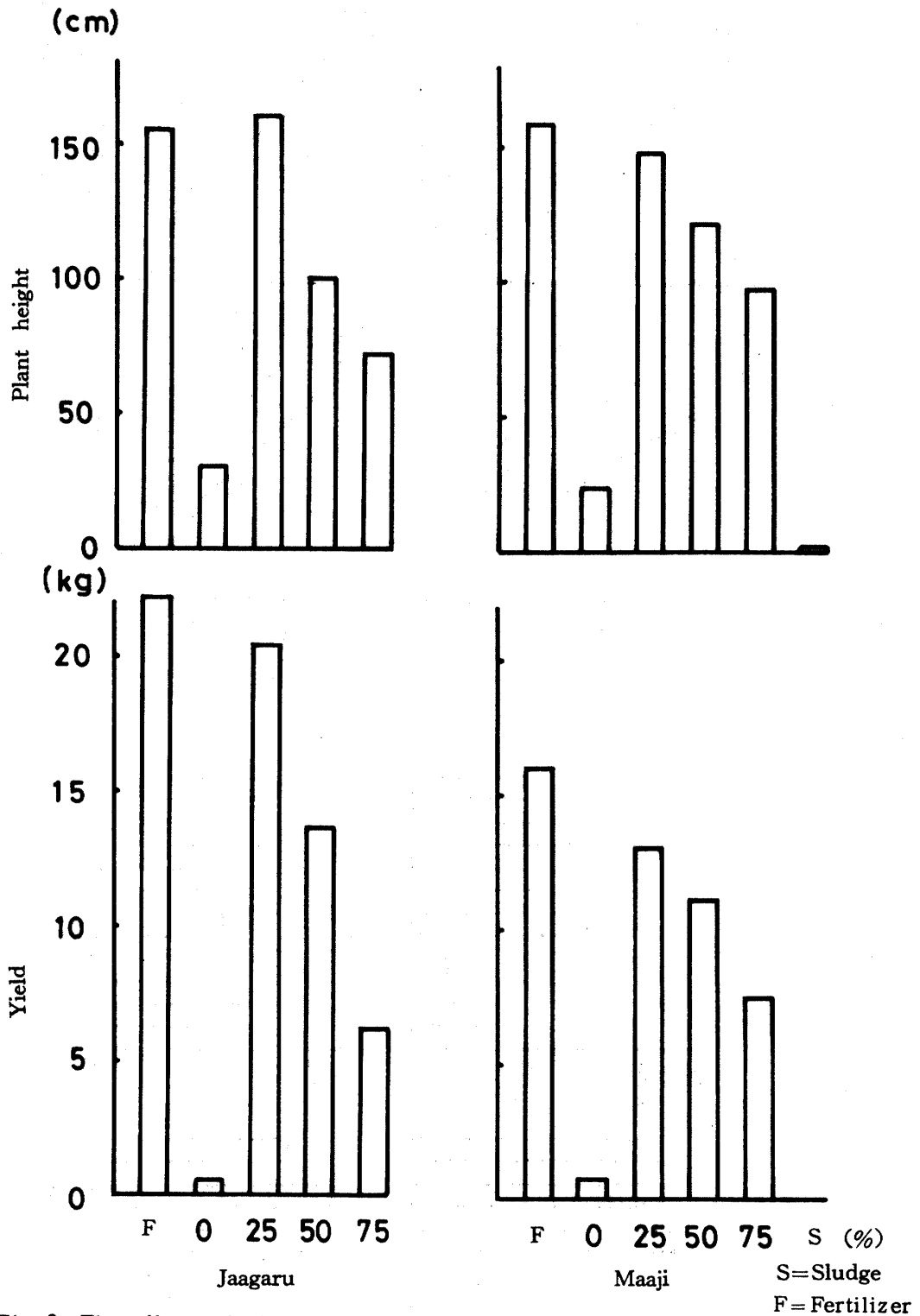


Fig. 3 The effects of sludge application on the growth of Cucumber

キュウリでは汚泥の施用効果は見られなかったが汚泥25%施用区は施肥区（慣行区）とはほぼ同様な生育を見せた。しかし汚泥0%区に比べると汚泥施用区は顕著な効果が見られた。汚泥50%以上の多施用は次第に生育が劣り100%区は定植時の苗の状態ですぐに生育が停止し黄化枯死した。

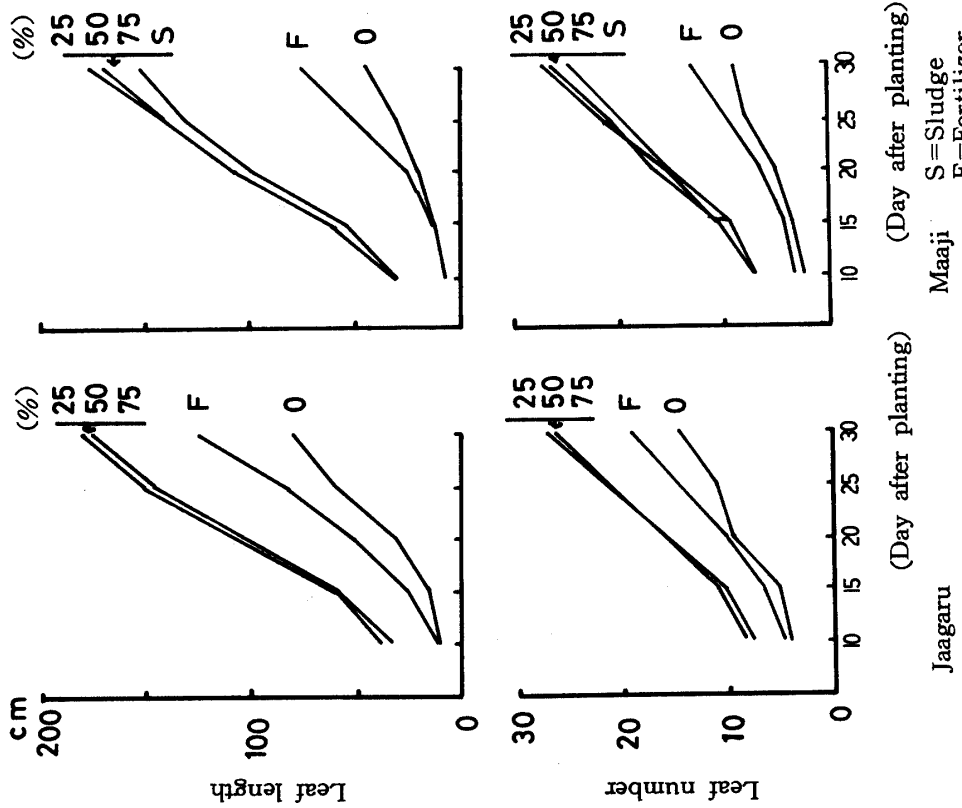


Fig. 4 The effects of sludge application on the growth of Melon

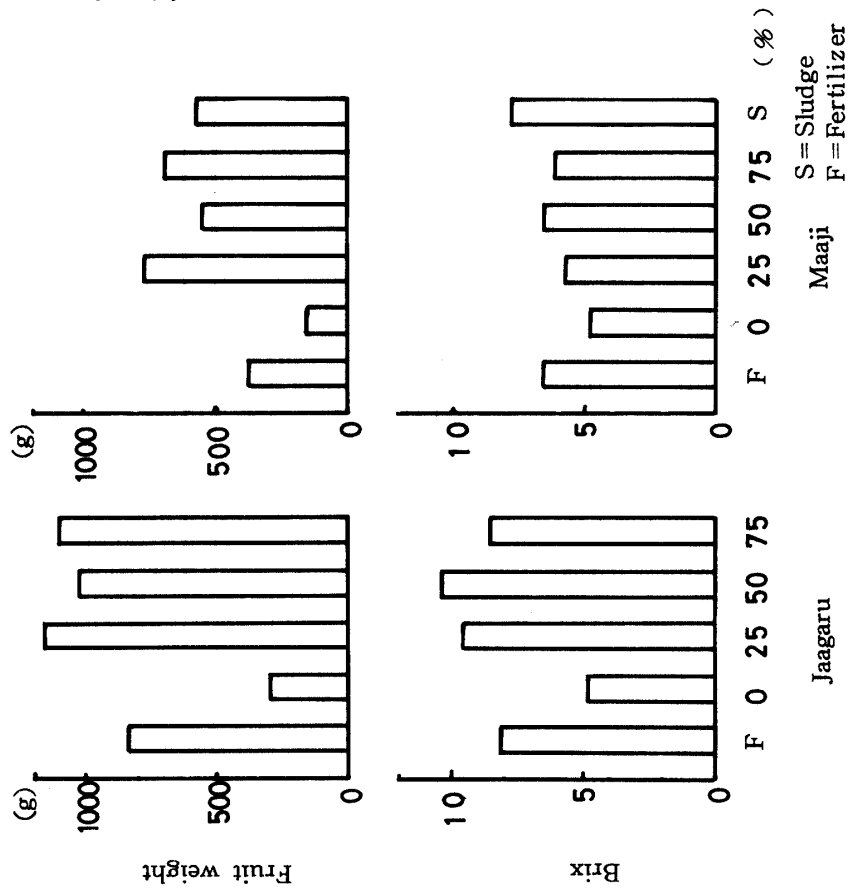


Fig. 5 The effects of sludge application on the Brix and Fruit weight of Melon

メロンの生育に及ぼす汚泥の施用効果は図4に示した。  
 メロンの草丈、葉数への汚泥施用は生育初期から顕著な効果がみられ25~100%施用区全て同様な効果が見られた。ジャーガル、マーヂの両土壌とも同様な施用効果があった。  
 メロン果実への汚泥施用効果は図5に示した通りである。

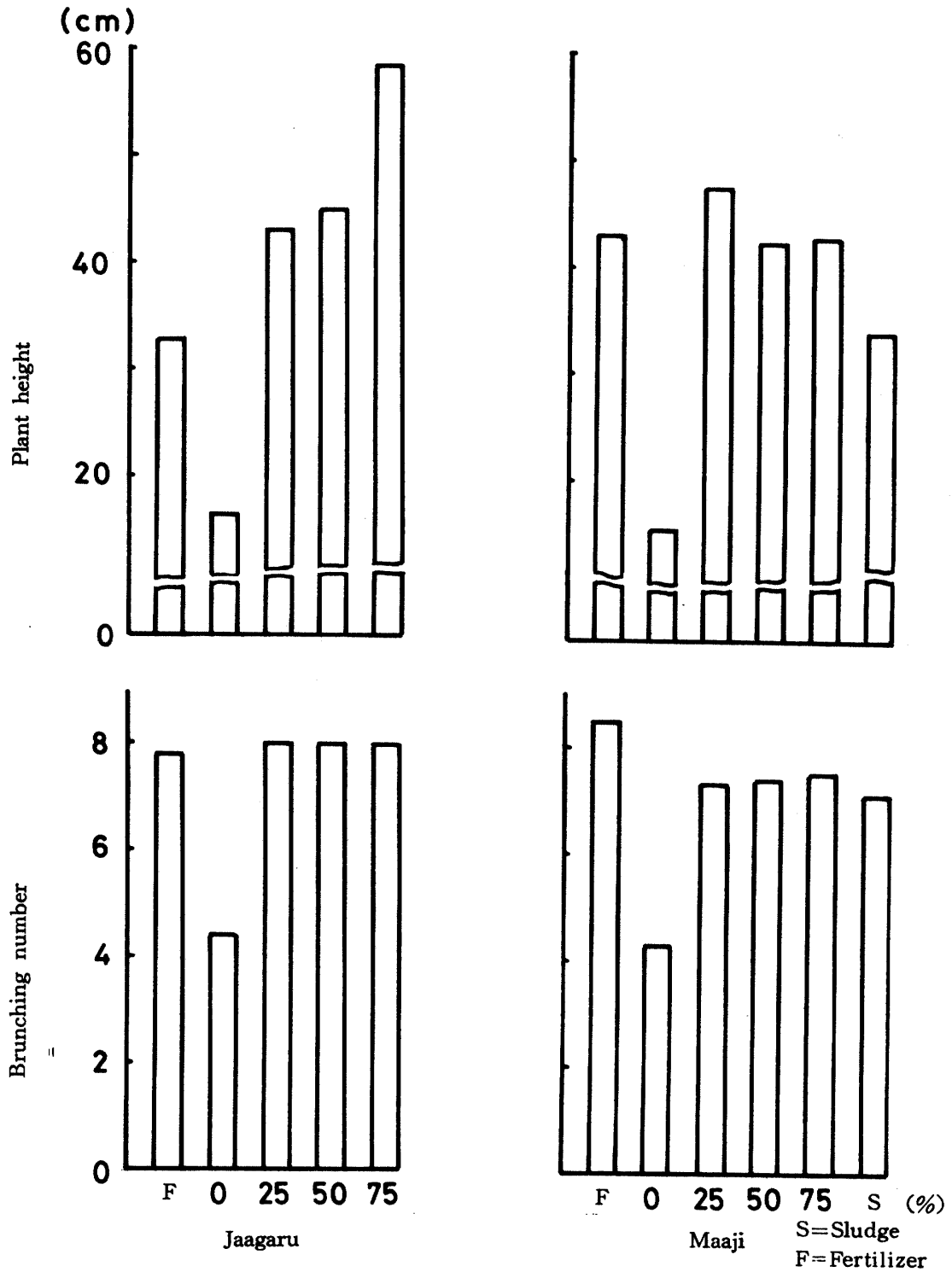


Fig. 6 The effects of sludge application on the growth of Chrysanthemum



メロンの果重, ブリックスとも葉数, 草丈への効果と同様汚泥施用効果が見られネット形成も優れていた。しかしマーヂ区は全区とも生育後期(交配後25日頃)から葉緑部に黄化が起こりマグネシウム, カルシウム欠乏症状が見られネットの不均一, 裂開, ブリックスの低下があった。

キクの生育に及ぼす汚泥施用効果は図6に示した通りである。

キクの草丈, 分枝数はジャーガル土壌での汚泥75%施用区が最も高く, 25, 50%施用区でも施肥区に比べ効果が見られた。マーヂ土壌での汚泥施用区は施肥区あまり差がなかったが0%区に比べると草丈で約3倍, 分枝数で約2倍の効果が見られた。

重金属類の調査結果は表1および図7~10に示した。汚泥, ジャーガル, マーヂの各々の性状は表1に示した通りである。

Table.1 Properties of Jaagaru, Maaji and Sludge

	( ppm )							
	pH	T-Hg	As	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni
Jaagaru	7.48	0.037	6.3	1.6	36	99	27	50
Maaji	4.30	0.142	22	2.3	82	180	53	110
Sludge	6.60	2.870	10	8.4	140	2800	400	36

	* ( % )							
	T-Cr	Mn	Fe	Ca	Mg	T-N*	K <sub>2</sub> O*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *
Jaagaru	32	620	46600	28500	11400	0.077	1.8	0.24
Maaji	67	1400	78500	240	4800	0.071	1.8	1.43
Sludge	27	120	28900	33900	7000	4.76	0.58	14.2

pHはジャーガルがアルカリ性, マーヂは酸性, 汚泥はpH 6.6の弱酸性であった。汚泥は水銀, カドミウム, 鉛, 亜鉛, 銅の含有量が高く, 逆にヒ素, ニッケル, クローム, マンガンはジャーガル, マーヂが高かった。窒素, リン酸, カルシウムは汚泥に含有量が高かった。

各作物の重金属吸収の調査結果は図7~10に示した。

調査した全ての作物に水銀の吸収は認められなかった。ヒ素はワケギとハウレンソウに0.4 ppm以下の吸収が見られた。ワケギとハウレンソウでは汚泥施用量の増加に伴ってカドミウムの吸収が高まる傾向が見られたが他の作物では差はなかった。鉛, ニッケル, クロームは両区に吸収されていたが差はなかった。ハウレンソウにおける鉛, ニッケル, クロームの吸収とキュウリにおけるカドミウム, 鉛の吸収は汚泥施用区より非施用区が高かった。メロンにおける重金属吸収は砂耕区(SA)にも見られた。メロン果実と葉の重金属吸収は鉛, ニッケル, クロームは葉に多く吸収されていたがカドミウムは果実にも葉と同程度の吸収が見られた。

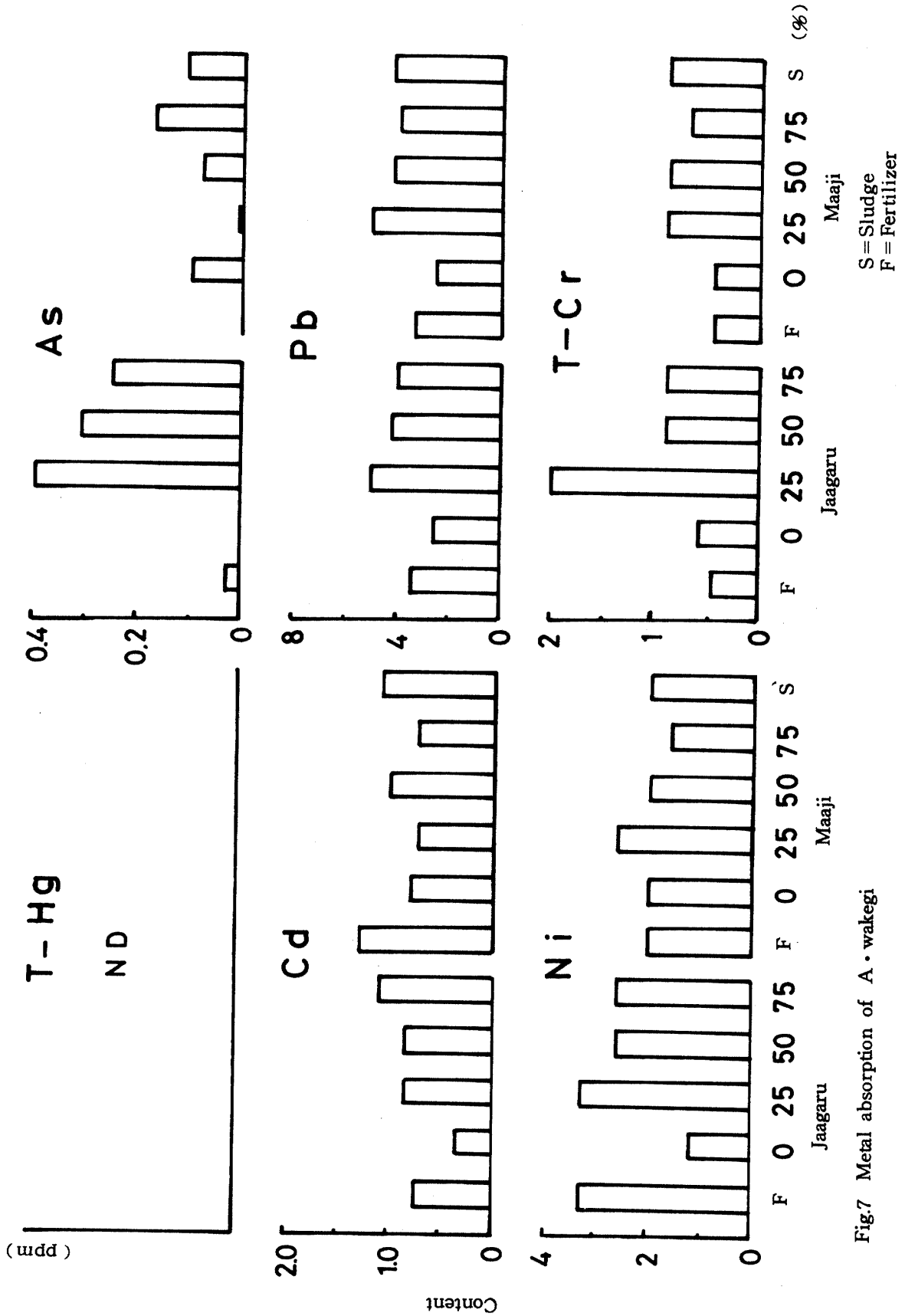


Fig.7 Metal absorption of A. wakegi

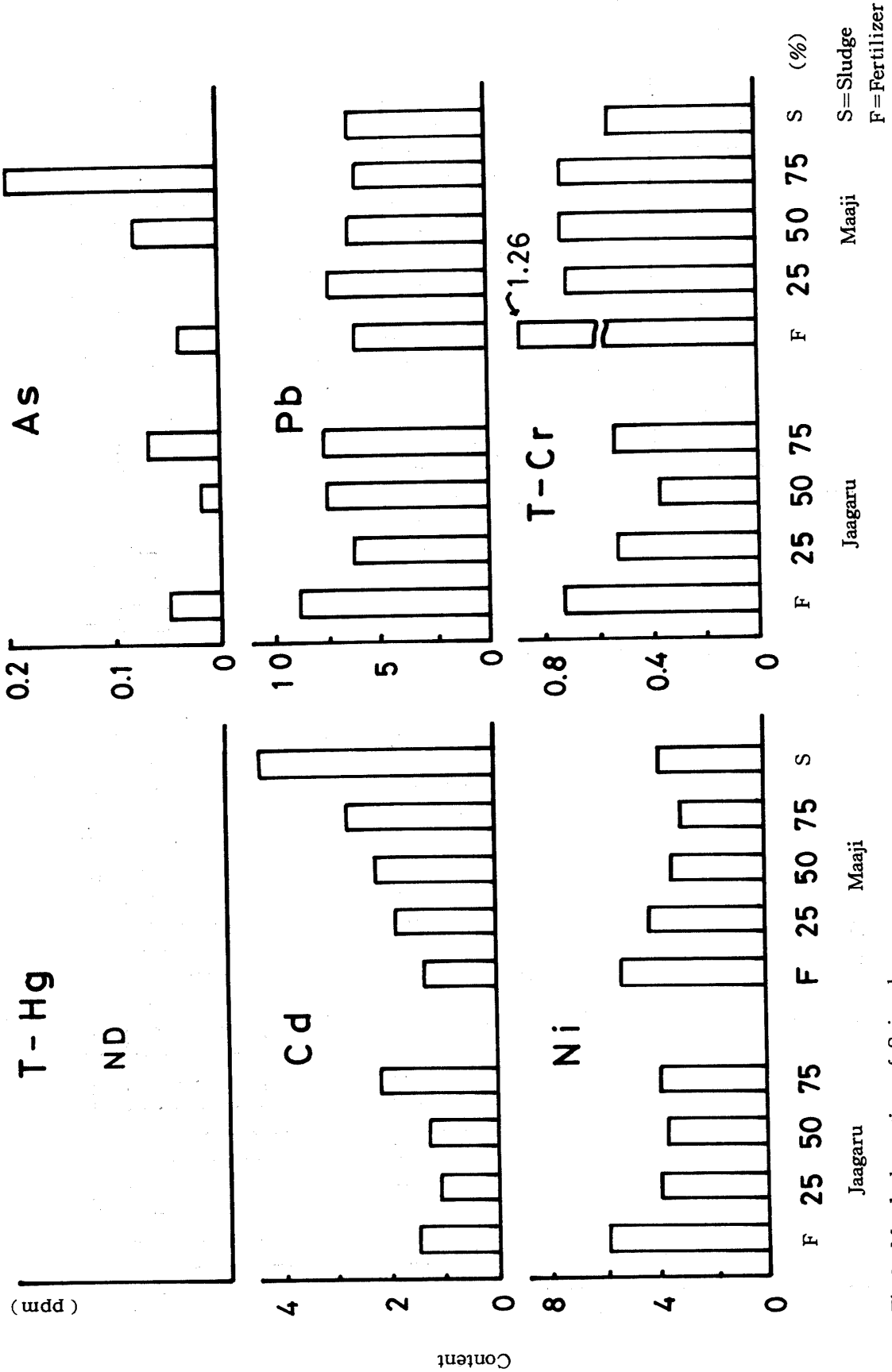
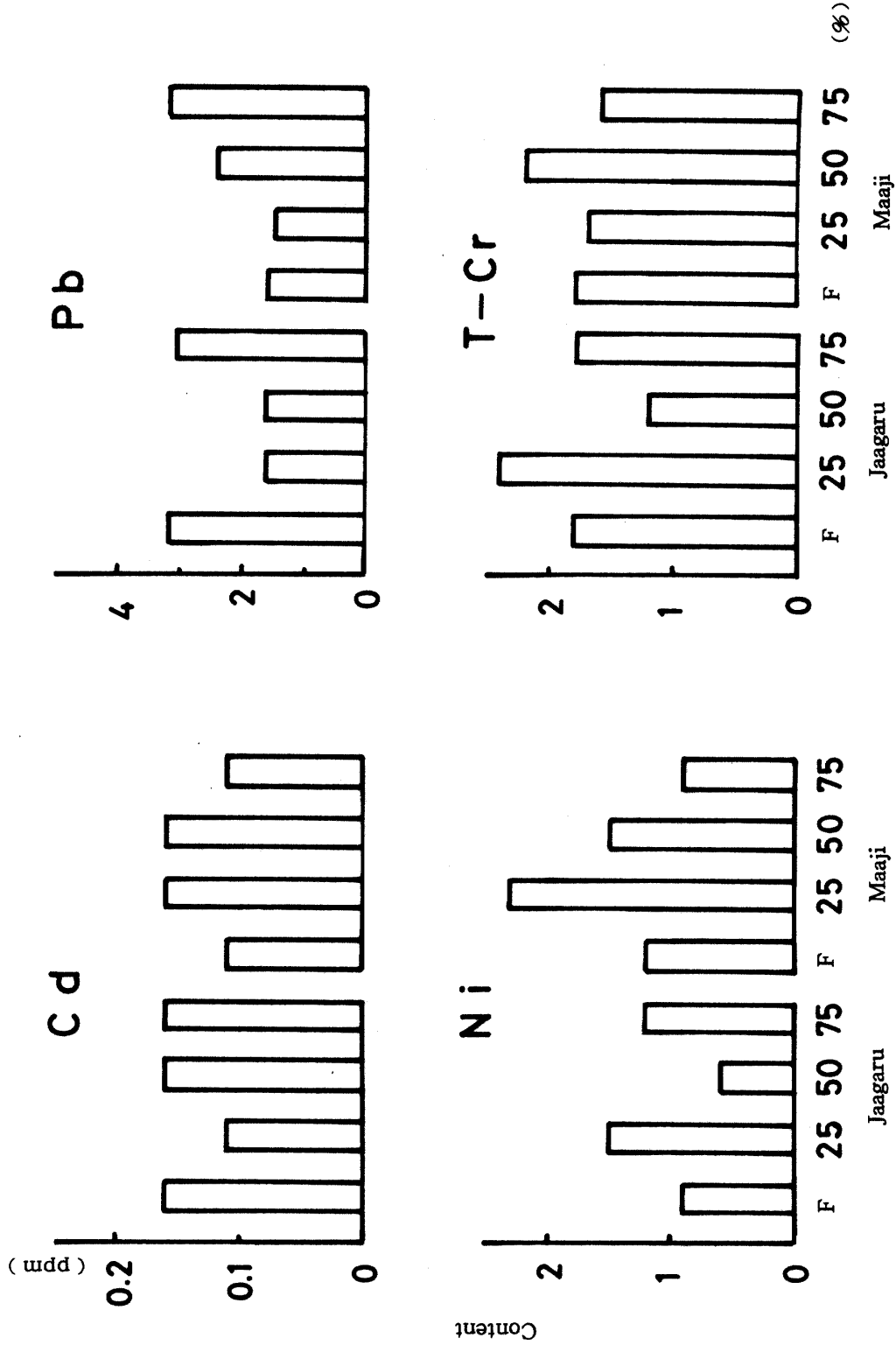


Fig.8 Metal absorption of Spinuch



F = Fertilizer

Fig.9 Metal absorption of Cucumber

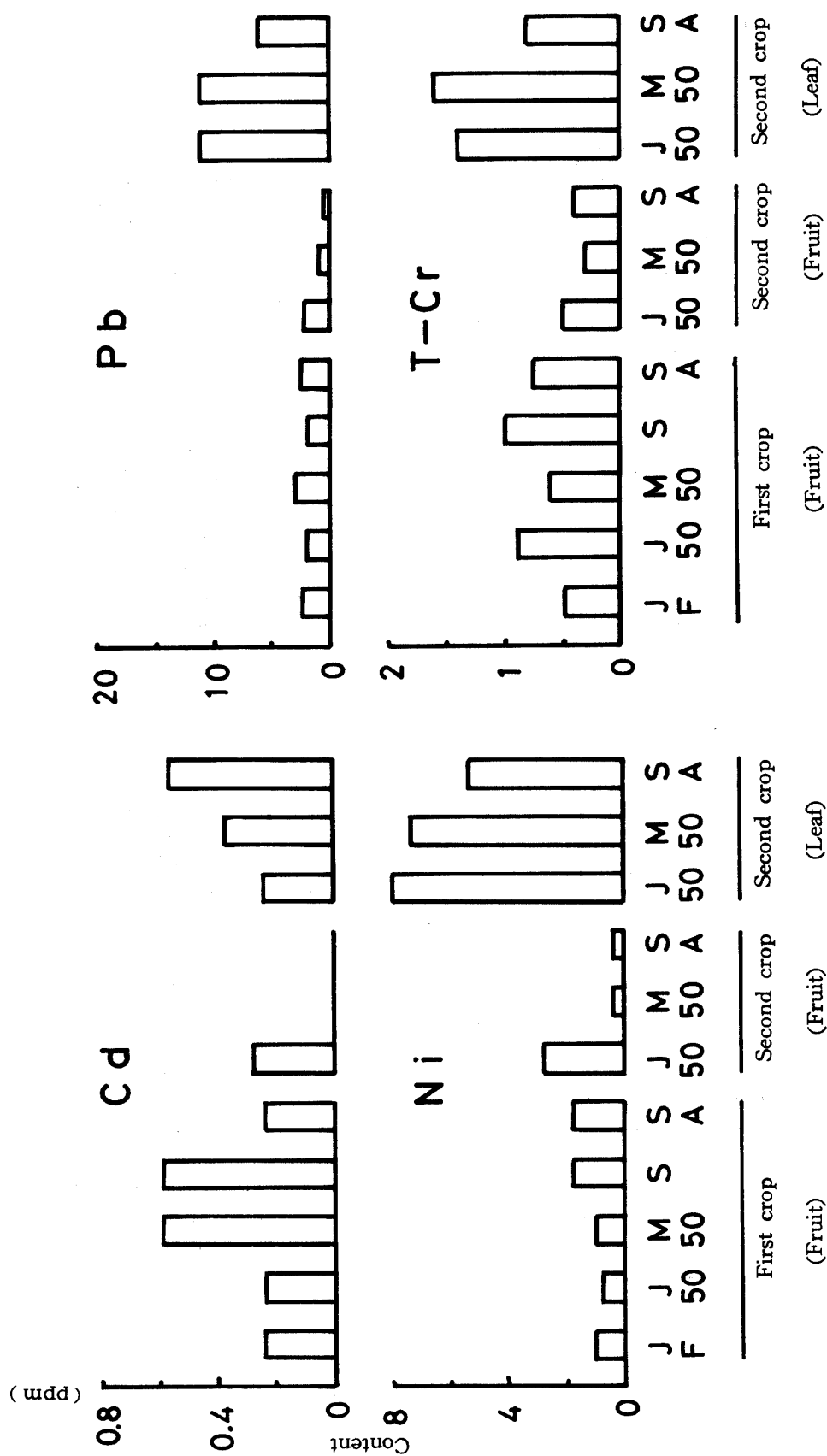


Fig.10 Metal absorption of Melon ( J=Jaagaru, M=Maaji, SA=Sand S=Sludge, F=Fertilizer )

## 考 察

作物の生育に及ぼす汚泥の施用効果は多くの作物やジャーガル、マーチの両土壤において顕著な効果が確認された。しかしワケギやハウレンソウの第1作目や生育初期に現れた汚泥の早期施用や75%以上の多量施用、マーチ区のメロンに現れた欠乏症状やネット形成不良の種々の障害もあった。従って汚泥の使用に当っては施用量、施用時期、土壤の種類、肥料との併用等の検討が必要であり、それによって更に高い安定した効果が期待できそうである。

汚泥施用によって作物の重金属類の吸収は非施用区に比べて多くなる場合もあるが確実に高まるとは断定できず、逆に低くなる場合もあった。それは汚泥以外の要因、例えば農薬、肥料等に起因するものもあると考えられる。本実験では汚泥施用割合を25%以上の試験区に設定したが25%を実際的に10a当りの生汚泥量に換算すると300 m<sup>3</sup>（耕土深30 cm、生汚泥の含水率80%）となり膨大な量となる。そこで実用的な施用量を10a当り20 m<sup>3</sup>（生汚泥）とすると乾燥汚泥施用割合は1.3%となり重金属類有害物質も本実験の結果より更に低くなると思われる。汚泥は発生時期、発生場所、天候等により発生量や性状が絶えず異なっており下水処理場での重金属類有害物質の監視強化を図り、一方汚泥の処理方法としては汚泥の施用量、施用場所、施用作物、施用時期、施用後の状況等のモニタリングと併行しながら当面は公園、運動場、樹林地、道路の植え込み等の非生産緑地や草花、花木、観葉植物等への汚泥施用を考えるべきと思う。

## 摘 要

急増と重金属類有害物質の含有で処理が問題化している沖縄県の汚泥をジャーガル、マーチに施用して園芸作物の生育、収量に及ぼす影響と重金属類有害物質の吸収について調査した。

1. 作物の生育、収量に及ぼす汚泥の施用はジャーガル、マーチのいずれの土壤でも顕著な効果が確認された。しかし汚泥の早期施用や多量施用は不発芽や生育不良等の障害もワケギ、ハウレンソウにみられた。
2. 汚泥はジャーガル、マーチに比べ水銀、カドミウム、鉛、亜鉛、銅の含有量が高くヒ素、ニッケル、クローム、マンガンは逆に低かった。作物の必須元素の窒素、リン酸、カルシウムは汚泥に多量に含まれていた。
3. 供試した全ての作物に水銀の吸収は無かった。しかしヒ素はワケギとハウレンソウに0.4ppm以下の吸収があった。
4. ワケギとハウレンソウで汚泥施用の増加に伴ってカドミウムの吸収も高まる傾向を示した。
5. 汚泥施用によって作物の重金属類吸収は高くなる場合もあるが確実に高まるとは断定できずハウレンソウの鉛は、ニッケル、クローム吸収とキュウリのカドミウム、鉛吸収は逆に非施用区が高かった。
6. 重金属類の吸収は果実より葉が高かった。

本実験を遂行するにあたり、供試汚泥の提供とその分析を心よく引き受けてもらった沖縄県土木建築部伊佐浜下水処理場の皆様に感謝の意を表します。また本実験に対し終始御助言を賜った農芸化学科大屋一弘教授に感謝の意を表します。

## 引用文献

1. 建設省都市局下水道部 1978 下水汚泥の処理処分に関する調査報告書 pp 216
2. 宮野好夫 1978 下水汚泥適正利用 再生と利用 1:4~6
3. 日本土壤肥科学会編 1979 下水汚泥 -リサイクルのために- 博友社 pp 214
4. 佐藤昌之 1976 横浜市における下水汚泥の緑農地利用 下水道協会誌 13 28~38
5. 寺島重雄 1976 下水汚泥の農業利用とその問題点 下水道協会誌 13 2~9
6. 遠矢泰典, 井出哲夫 1976 排水および都市塵芥の処理と副産物の肥料化 肥料と環境保全 ソフトサイエンス社 359~405
7. 遠山啓 1978 下水汚泥の処理処分の課題 再生と利用 1:4~6