

34

助成番号 0034

タイ国東北部塩類集積地における地下灌漑システムの導入に関する研究

助成研究者：三原 真智人(東京農業大学 地域環境科学部)

共同研究者：杉 修一(タイ国ナレスアン大学 農学部)

Pumisak INTANON(タイ国ナレスアン大学 農学部)

Jaturaporn RAKNGAN(タイ国ナレスアン大学 農学部)

Supaphan THUMMASUWAH(タイ国ナレスアン大学 農学部)

Janya SANG-ARUN(タイ国メイファールアン大学 農学部)

Sukthai PONGPATTANASIRI(タイ国ナレスアン大学 農学部)

本研究ではタイ国東北部の土壤塩類化が深刻な畑地圃場において塩類集積状況を調査して、塩類土壤地域で作物生育を行うための地下灌漑方式の導入について検討した。

タイ国東北部コンケンの土壤塩類化が深刻な問題となっている畑地圃場において、雨期に現地調査を行った。土壤塩類化が緩和される雨期においても、A層の電気伝導率が4390($\mu\text{S}/\text{cm}$)と、アメリカ合衆国農務省で定められた塩類土壤判定基準の一項目である電気伝導率4000($\mu\text{S}/\text{cm}$)を上回っており、土壤塩類化が進んでいると判断できた。

節水灌漑に使用するセラミックの材料について調べた結果、カーボンの配合比を25%程度までに増加させた場合、地下灌漑用セラミックの透水性が高くなることがわかった。

植生下で灌漑を行ったポット実験において、地下灌漑用セラミックを埋設したポットにおける灌漑水量は地表灌漑を行ったコントロールを上回る傾向が見られた。これはセラミックを埋設したポットにおいて、植物による水利用に応じて地下からの給水が適宜行われたためと判断できた。また地下灌漑を行ったポットにおける植物の生長高さは地表灌漑を行ったコントロールを上回ったことから、ポーラスを用いた地下灌漑法は植物生育の促進に有効であると判断できた。特に球形セラミックを埋設したポットにおける植物が最も高く成長した。さらに、ポット実験終了後、植物の根が地下灌漑用セラミックに絡みついていること、特に球形セラミックはほとんど根で覆われていることが明らかとなった。このことから、植物生育において球形セラミックがより有効であることが推察された。

今後、①土壤表面マルチ(ビニール等)と地下灌漑を併用した場合の土壤表面蒸発と塩類集積の関係、②ジオテキスタイルを用いた毛管遮断による土壤塩類化防止、③実際の塩類土壤地域にて栽培する作物の選定と作付け体系、について検討する予定である。

3 4

助成番号 0034

タイ国東北部塩類集積地における地下灌漑システムの導入に関する研究

助成研究者：三原 真智人 (東京農業大学 地域環境科学部)

共同研究者：杉 修一 (タイ国ナレスアン大学 農学部)

Pumisak INTANON (タイ国ナレスアン大学 農学部)

Jaturaporn RAKNGAN (タイ国ナレスアン大学 農学部)

Supaphan THUMMASUWAH (タイ国ナレスアン大学 農学部)

Janya SANG-ARUN (タイ国メイファールアン大学 農学部)

Sukthai PONGPATTANASIRI (タイ国ナレスアン大学 農学部)

1. 研究目的

現在、地球上に存在する塩類土壌地域の総面積は9億 ha を越えるといわれている。このような塩類土壌地域の農業的利用は極めて難しく、農地として利用されていても土地生産性は著しく低い。しかし地球上の急激な人口増加を考えると、食料生産を増大させるため、このような地域を改善して農用地を拡大確保することが必要となっている。そのため塩類土壌地域を農業的に利用する意義は極めて大きいと推察される。塩類土壌地域は主に高温乾燥地帯に出現する。高温乾燥条件下における地表面での蒸発は活発で、塩類を含んだ地下水が浅層に存在する場合、毛管水として上昇して塩類が土壌表面に析出する。降雨量が少ないため地表に析出した塩類のリーチングを期待できず、塩類は徐々に地表面で集積して作物生産性を著しく低下させる。また、タイ国東北部の土地利用区分面積割合は現在、農用地 53%、森林 14%、その他 33%となっており、森林の占める割合が低い。しかし1930年頃までは森林面積もかなり大きく、乾性フタバガキ科の樹木で覆われた森林が発達していた。その後、急激な人口増加に伴う土地開発により森林伐採が進み、70年間で森林面積割合が14%までに減少した。その結果、土壌表面からの水分蒸発が促進されて、地下埋蔵の岩塩層からの可溶性塩類が毛管上昇し、塩類土壌化が進行した。そのため土壌塩類化防止対策が急務となっている。また作物の生産性を高めるには、灌漑水の効率利用が不可欠である。そこで以上の問題点に立脚して、タイ国東北部地方の塩類土壌地域に調査対象地を選定し、地下灌漑システムの導入による農業生産環境の改良に関する基礎的研究を行った。塩類土壌地域において作物生育を行うための地下灌漑方式の導入を検討するため、平成12(2000)年度においては以下の研究を行った。

- 1) タイ国東北部の雨期における塩類集積状況に関する現地調査
- 2) 地下灌漑に用いるセラミックの開発
- 3) 地下灌漑法の違いが植物生育に与える影響に関するポット実験

これらの研究を通して、地下灌漑システムの導入による塩類土壌地域における農業生産環境の改良方法について検討した。

2. 研究方法

タイ国東北部コンケンの土壌塩類化が深刻な問題となっている畑地圃場において雨期に現地調査を行ない、基本的な土壌特性と土壌塩類化の現状を調べた。調査現地において土壌断面調査を行ない、各層毎に攪乱土および不攪乱土を採取して土壌の物理性および化学性を測定した。

また節水灌漑に適したセラミックを開発するため、カオリン土、粘土、カーボンの比率が異なる混合物を約 800℃で焼き、セラミックを作成して透水性、密度、水分保持特性等について検討した。

さらに地下灌漑用セラミックを埋設したポットを用いて、植物生育から見た地下灌漑効果について実験を行った。Fig. 1 に示すように、ポット内に深さ 21.5cm のタイ国現地畑地土壌を乾燥密度 1.02g/cm³ 前後で充填した。各ポットは、土壌を充填したのみの状態で植物を生育させた Pot I、球状セラミックを土壌中に埋設した Pot II、円筒状セラミックを土壌中に埋設した Pot III である。

50 日間の実験期間中、Pot I においては地表面から灌漑を行い、Pots II, III においては地下灌漑で水を供給した。各容器に天秤を設置して、一日一回午前 10 時前後に各容器の質量を秤量した。また実験期間中、一日当たりの灌漑水量、含水比、室温、湿度を測定した。なお、含水比は地表面から 5cm 深さにおいて一日一回午後 5 時前後に測定した。実験期間中の各ポットにおける草丈、実験終了後の生体重、乾物重を地上部と根にわけて測定した。実験期間中における最大温度、最低温度、湿度の信頼区間 95%の平均値はそれぞれ 36.9℃、26.7℃、67.3%であった。

3. 研究結果

3.1 タイ国東北部における塩類の集積状況

タイ国東北部周辺域は、塩類土壌や水分保持力の少ない肥沃度の極めて低い土壌環境である。この地域は乾期と雨期が明瞭に別れており、年間降雨量の約 85%が雨期に集中しているため、乾期には深刻な水不足となり、水深 2~3m の池沼が干上がってしまうほどである。このため、塩類集積が発生しやすい条件であると共に、雨期期間中の土壌侵食によって有機物の乏しいシルト質の土壌が表層を覆っている。これらの原因によって、作物生産のみならず自然植生の生育も困難になっており、裸地化が進行している。

タイ国東北部コンケンの土壌塩類化が深刻な問題となっている畑地圃場における土壌断面の調査結果と土壌の物理性および化学性を Tables 1, 2 に示した。現地畑では厚さ 1cm 程度の砂質系流亡土が表層に堆積していた。堆積層から B2 層に至るまでの土性は壤質砂

土で、B2層以降は砂壤土であった。堆積前の表層であるA層では電気伝導率が4390(μ S/cm)と、アメリカ合衆国農務省における塩類土壌の判断基準の1項目である電気伝導率4000(μ S/cm)を上回っていたことから、土壌塩類化が進んでいることがわかった。ナトリウムとカルシウムにおける土壌中の濃度を調べた結果、A層のカルシウムは他層と大差ないが、A層のナトリウムは他層の10倍程度高い値を示した。ナトリウムの影響によって電気伝導率が上昇したと判断できた。

Table 1 Soil profile of upland field investigated in Khon Kaen, Thailand

Depth from the soil surface	Horizon	Soil texture	Hardness (Yamanaka method)	Soil color	Pore	Sampling	Root
(0cm)	Horizon of soil deposit	Sand		5YR4/6		Disturbed	
(1cm)						Undisturbed	
(5cm)	Horizon A	Loamy sand	(1)20mm,(2)19mm,(3)19mm Average: 19.3mm	5YR3/3		Disturbed Undisturbed	Only a few existing
	Horizon of transitional	Loamy sand	(1)21mm,(2)21mm,(3)23mm Average: 21.7mm	5YR5/4	Not existing	Disturbed Undisturbed	Almost no existing
(10cm)	Horizon B ₁	Loamy sand	(1)23mm,(2)23mm,(3)23mm Average: 23mm	5YR5/6	Existing	Disturbed Undisturbed	Existing
(38cm)	Horizon B ₂	Sandy loam	(1)2mm,(2)3mm,(3)3mm Average: 2.7mm	5YR5/8	Only a little existing	Disturbed Undisturbed	Only a few existing

*There were some black humus matters around pore.

Table 2 Physical and chemical properties of soils

	Specific gravity	Particle size distribution (%)					Electric conductivity (μ S/cm)	Sodium concentration (kg/kg)	Calcium concentration (kg/kg)
		Gravel	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay			
Horizon of soil deposit	2.65	0.3	19.2	78.1	1.5	0.9	233	1.56×10^{-4}	4.64×10^{-5}
Horizon A	2.64	0.2	25.4	61.7	6.4	6.3	4390	3.04×10^{-3}	8.94×10^{-5}
Horizon of transitional	2.64	0.3	27.7	60.5	7.1	4.4	621	6.40×10^{-4}	4.35×10^{-5}
Horizon B ₁	2.64	0.2	26.1	63.3	7.2	3.2	107	2.28×10^{-4}	7.44×10^{-5}
Horizon B ₂	2.65	0.3	26.5	59.2	8.2	5.8	678	7.68×10^{-4}	1.41×10^{-4}

3.2 地下灌漑に用いるセラミックの開発

セラミックに用いた粘土、カオリン土、カーボンの物理性を Table 3 に示した。粘土、カオリン土、カーボンの配合比を変えた3種類のセラミックを作成し、Table 4 で示すように Formula 1~3 とした。Formula 3 の透水性は 2.6×10^{-5} (cm/s)であり、 1.4×10^{-6} (cm/s)および 1.5×10^{-6} (cm/s)の Formula 1, 2 を大きく上回り、カーボンの配合比を25%程度に増加させた場合、地下灌漑用セラミックの透水性が高くなることが明らかとなった。また、各セラミックの水分保持特性曲線を Fig. 2 に示した。

Table 3 Physical properties of materials mixed

	Specific gravity	Particle size distribution (%)			
		Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay
Clay	2.62	0.1	5.1	26.6	68.2
Kaolin soil	2.73	0.1	13.4	65.3	21.2
Carbon	1.52				

Table 4 Permeability and mixing ratio among clay, kaolin soil and carbon

	Clay (%)	Kaolin soil (%)	Carbon (%)	Permeability (cm/s)	Dry density (g/cm ³)
Formula 1	55	35	10	1.4×10^{-6}	1.41
Formula 2	50	32	18	1.5×10^{-6}	1.35
Formula 3	46	29	25	2.6×10^{-5}	1.03

3.3 地下灌漑法の違いが植物生育に与える影響に関するポット実験

Pots I, II, III における土壌の含水比、灌漑水量、蒸発散量の経時的変動を Figs. 3-5 に示した。また、灌漑水量、蒸発散量におけるポット間の比較を Figs. 6, 7 にまとめた。地下灌漑用セラミックを埋設した Pots II, III における灌漑水量はコントロールである Pot I を上回る傾向が見られた。また Fig. 8 で示されるように、地下灌漑を行った Pots II, III における植物の高さは Pot I を上回った。ポット実験終了後における植物の生体重と乾物重においても地下灌漑を行った Pots II, III が Pot I を大きく上回り、さらに球状セラミックで灌漑を行った Pot II は生体重と乾物重においてそれぞれ 2.5 倍、2.7 倍上回った (Figs. 9, 10)。50 日間のポット実験終了後における Pots II, III の植物を写した Photos. 1, 2 から明らかのように、植物の根が地下灌漑用セラミックにしっかりと絡みついており、特に球形セラミックはほとんど根で覆われていた。これらの結果から、セラミックを用いた地下灌漑により植物生育の促進に有効であると判断でき、特に球形セラミックを埋設した Pot II における植物が最も高く成長したことから、植物生育において球形セラミックがより有効であることが推察された。

4. 考察

本研究ではタイ国東北部の土壌塩類化が深刻な畑地圃場において塩類集積状況を調査して、塩類土壌地域で作物生育を行うための地下灌漑方式の導入について検討した。

タイ国東北部コンケン土壌の塩類化が深刻な問題となっている畑地圃場において、雨期に現地調査を行った。土壌塩類化が緩和される雨期においても、A 層の電気伝導率が 4390 (μ S/cm) と、アメリカ合衆国農務省で定められた塩類土壌判定基準の一項目である電気伝

導率 4000(μ S/cm)を上回っており、土壌塩類化が進んでいると判断できた。

節水灌漑に使用するセラミックの材料について調べた結果、カーボンの配合比を 25%程度までに増加させた場合、地下灌漑用セラミックの透水性が高くなることがわかった。

植生下で灌漑を行ったポット実験において、地下灌漑用セラミックを埋設したポットにおける灌漑水量は地表灌漑を行ったコントロールを上回る傾向が見られた。これはセラミックを埋設したポットにおいて、植物による水利用に応じて地下からの給水が適宜行われたためと判断できた。また地下灌漑を行ったポットにおける植物の生長高さは地表灌漑を行ったコントロールを上回ったことから、ポーラスを用いた地下灌漑法は植物生育の促進に有効であると判断できた。特に球形セラミックを埋設した Pot II における植物が最も高く成長した。さらに、ポット実験終了後、植物の根が地下灌漑用セラミックに絡みついており、特に球形セラミックはほとんど根で覆われていることが明らかとなった。このことから、植物生育において球形セラミックがより有効であることが推察された。

5. 今後の課題

本研究の目的は、タイ国東北地方の塩類土壌地域から調査対象地を選定し、地下灌漑システムの導入により農地化を目標とした農業生産環境の改良に関する基礎的研究を行い、塩類土壌地域において作物を生育するための地下灌漑方式の導入を検討することである。今後、①土壌表面マルチ（ビニール等）と地下灌漑を併用した場合の土壌表面蒸発と塩類集積の関係、②ジオテキスタイルを用いた毛管遮断による土壌塩類化防止、③実際の塩類土壌地域にて栽培する作物の選定と作付け体系、について検討する予定である。

6. 引用文献

- 1) 農業土木学会環境土壌編集委員会著、豊かな土づくりを目指して—環境土壌学—、（社）農業土木学会（1998）
- 2) 杉 修一、塩類土壌地の農地化に関する研究 1.タイ国東北部における塩生植物の耐塩生態、生物環境調節 32（3）、pp.177-186（1994）

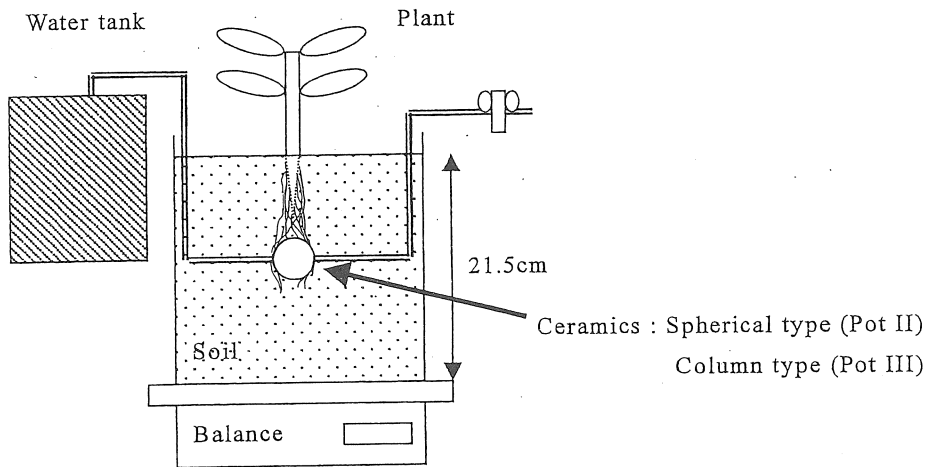


Fig.1 Outline of the pot experiment with subsurface irrigation

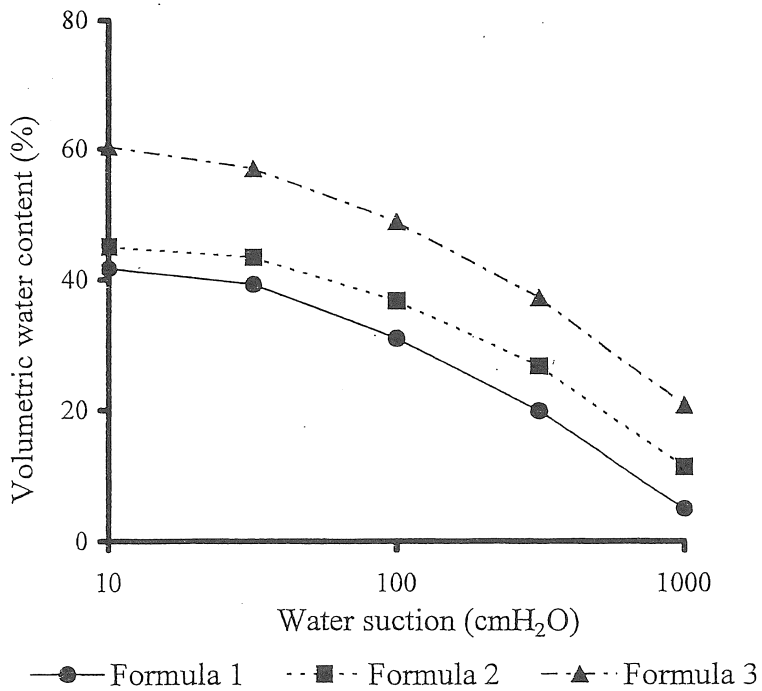


Fig.2 Water holding characteristic curve of ceramics for subsurface irrigation

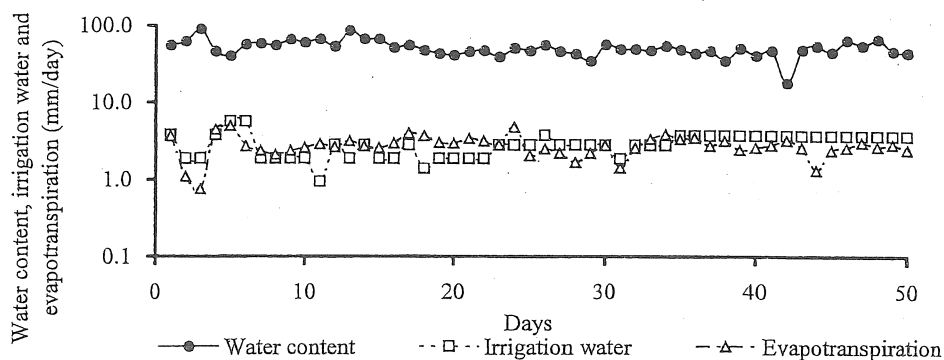


Fig.3 Changes in water content, irrigation water and evapotranspiration of Pot I (control)

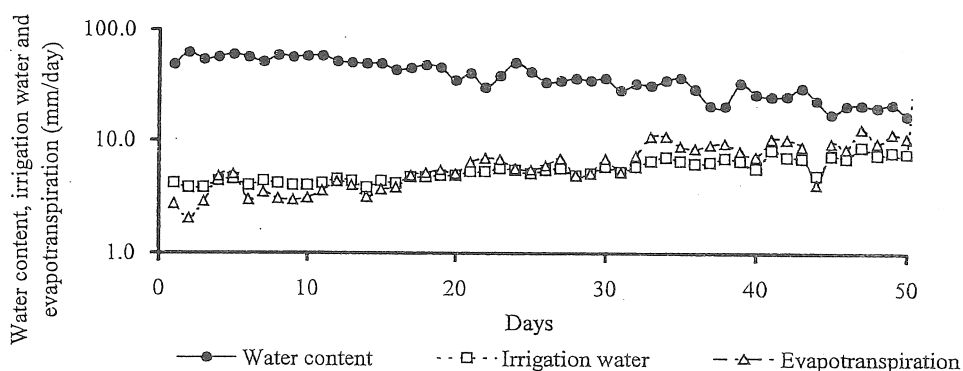


Fig.4 Changes in water content, irrigation water and evapotranspiration of Pot II (spherical type ceramics)

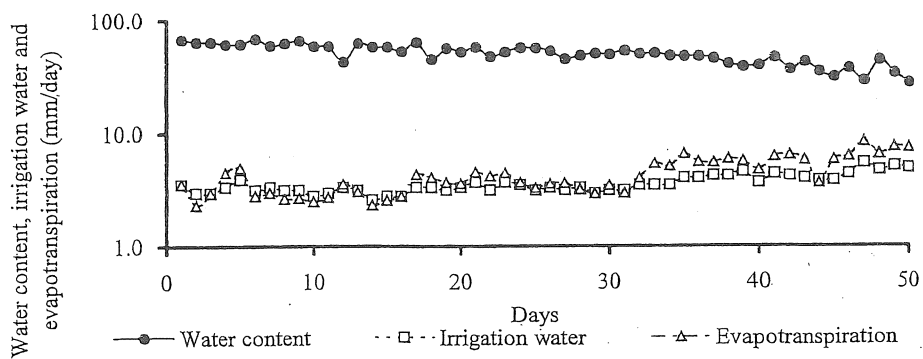


Fig.5 Changes in water content, irrigation water and evapotranspiration of Pot III (column type ceramics)

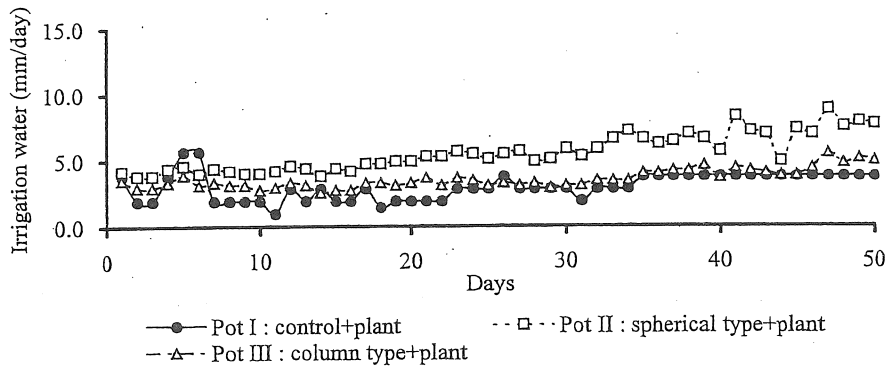


Fig.6 Changes in irrigation water of each pot

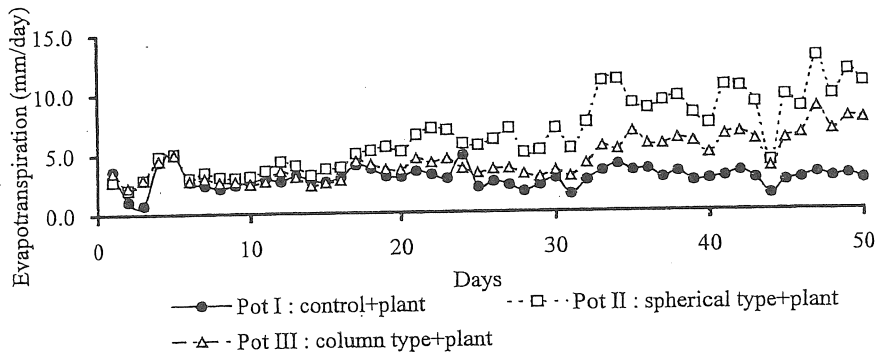


Fig.7 Changes in evapotranspiration of each pot

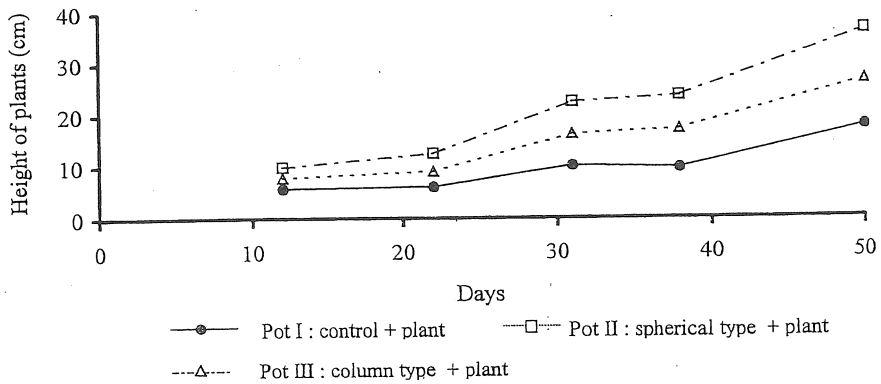


Fig.8 Comparison between plant height of surface irrigation (Pot I) and of subsurface irrigation (Pots II, III)

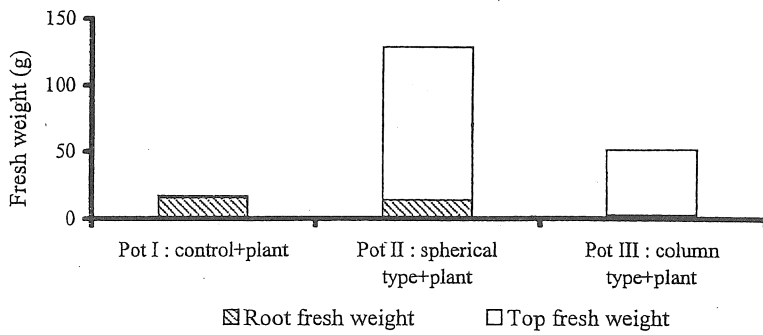


Fig.9 Comparison between plant fresh weight of surface irrigation (Pot I) and of subsurface irrigation (Pots II, III)

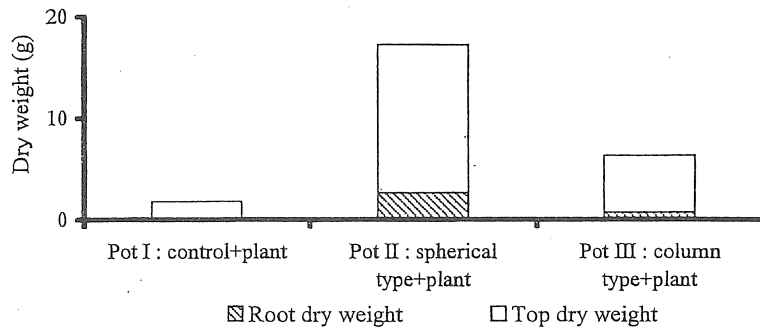


Fig.10 Comparison between plant dry weight of surface irrigation (Pot I) and of subsurface irrigation (Pots II, III)

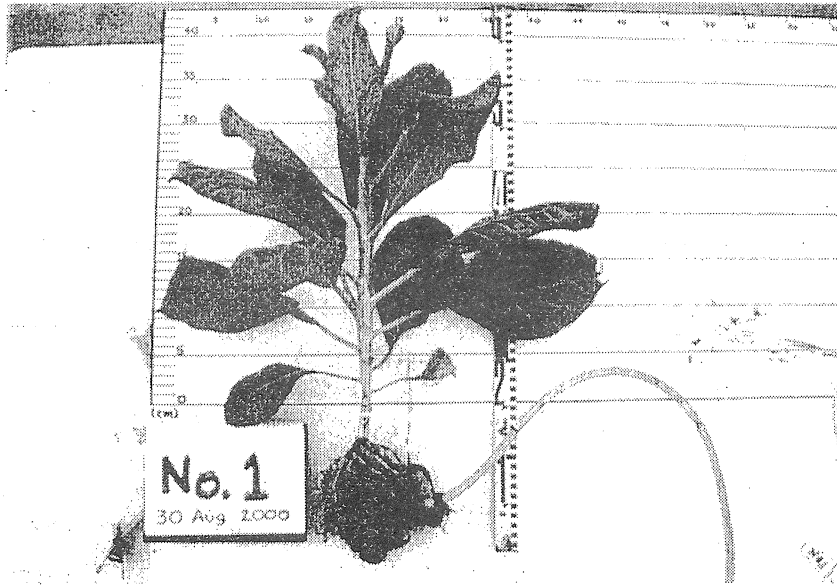


Photo.1 The growth of plant irrigated with spherical type ceramics (Pot II)

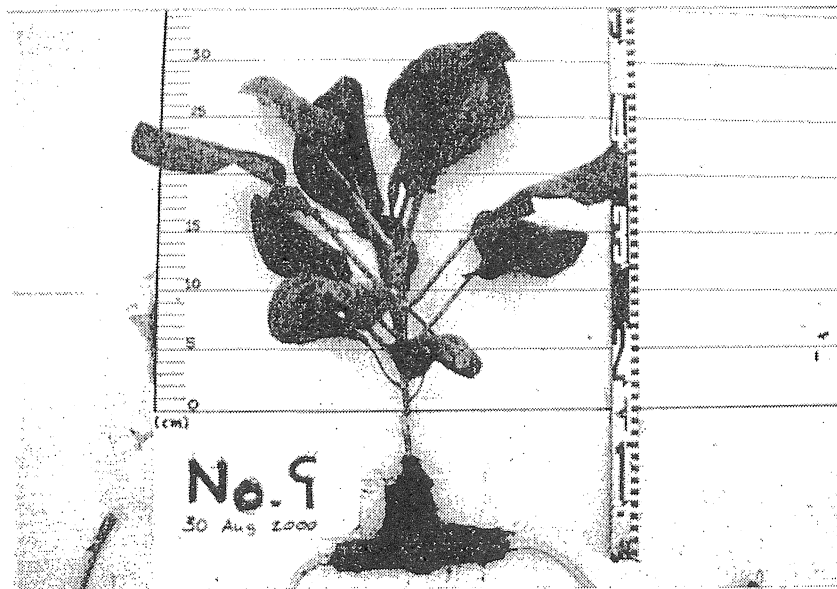


Photo.2 The growth of plant irrigated with column type ceramics (Pot III)

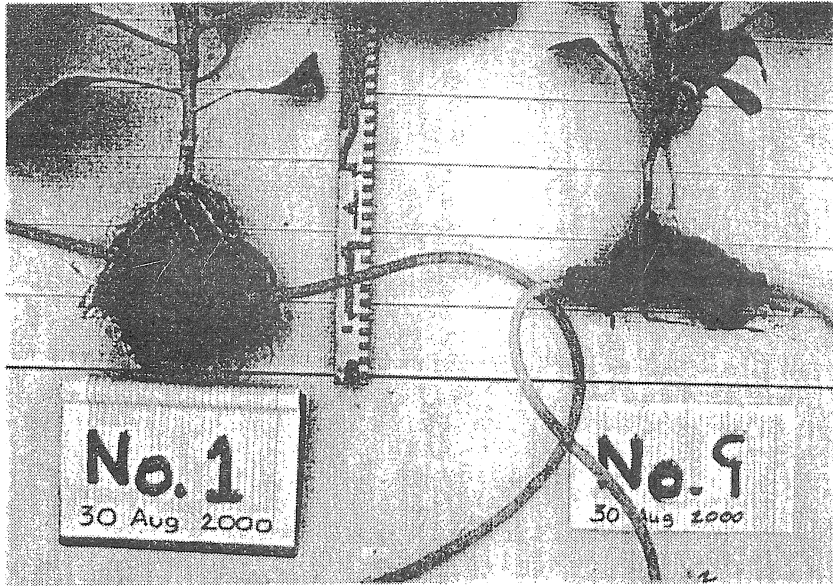


Photo.3 Comparison between the roots growth around spherical type ceramics and column type ceramics

Study on the Subsurface Irrigation at Salt Affected Soils in Northeast Region of Thailand

Machito MIHARA*, Shuichi SUGI**, Pumisak INTANON**

Jaturaporn RAKNGAN**, Supaphan THUMMASUWAH**

Janya SANG-ARUN*** and Sukthai PONGPATTANASIRI**

*Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture

**Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University

***School of Agricultural Technology, Mae Fah Luang University

Summary

The north-east Thailand is in the region of saline soils. The salt components are transported by the capillary water and accumulated in soil surface. The main reasons of salinization are the high evaporation from soil surface, a little rainfall, and high ground water level. Salinization decreases the yield of agricultural products. However the utilization of agricultural land located in salt affected area becomes important for increasing the agricultural production in the world. So, there is currently a great interest in the preventing measures of salinization and the effective methods for irrigation in salt affected area. This study dealt with the development of ceramics for subsurface irrigation and the investigation for reducing irrigation amount using ceramics for subsurface irrigation.

The results showed that the mixing ratio of carbon as 25% enhanced the permeability of ceramics. The application of ceramics for subsurface irrigation was effective for reducing evaporation and for decreasing irrigation amount comparing with surface irrigation method. Additionally, subsurface irrigation system increased the water use by plant. It was considered that the application of ceramics for subsurface irrigation was effective for plant growth in salt affected area.