

9117 作物栽培への栄養源としての海水利用

遠山 征雄(鳥取大学)

地球陸地の1/3 ~ 1/4に達する沙漠・半沙漠は、かんがい水の不足から農業開発は充分に行なわれていない。貴重なかんがい水も塩分を含んでいる場合が多い。この現状に鑑み、本実験では海水のかんがい利用法の確立を行なおうとしたものである。前報では、13品種のハウレンソウを供試し、1000 ppmの希釈海水を点滴で与えた結果、平均で淡水の33%増収を示した。この結果から低濃度の塩分を含んだ希釈海水は農業利用が充分可能であると考えられる。

本実験にはサラダ菜(品種:岡山サラダ菜、タキイ種苗)を供試し、かん水ホースとして、点滴型はエバフローD型、散水法はエバフローA型(三井石化)を用いて二つのかん水法の比較を行なった。海水から1000 ppmの希釈海水を作り、液肥スーパーグリーン1号(住友化学)をN成分で200ppmとなるように混合し、一日3~6回に分け、少量ずつかん水、追肥を行なった。播種2週間後(本葉約5枚)の6月4日から塩水かんがいを行ない、6月24日に収穫した。かん水法の比較と同時に高分子吸水性樹脂(保水剤)の塩水かんがい下での効果の比較検討(第1表)も行なった。

サラダ菜の生育とかんがい法の比較(第2表)では点滴法が優れ、散水法に比較して、保水剤の混合有で37%増、混合無で74%の増を示した。保水剤の混合の有無の比較では、保水剤有が両かんがい法ともに優れ、散水法で54%増、点滴法で21%増であった。このことは、点滴法が塩分を含んだかんがい水、即ち、沙漠における実際のかんがい法として適していることを証明していると言えよう。又、保水剤は塩分濃度の増加に伴い、吸水力が低下するが、1000 ppmの塩水かんがいにおいても収量増をもたらし、砂沙漠での保水剤の有効性を示唆した。点滴法に対して散水法の収量が劣ったが、これはサラダ菜の葉に塩分が付着したことと、空中湿度の乾燥を好むサラダ菜の葉が濡れるということが適していなかったためと考えられる。又、点滴法では株元に必要水分量を的確に与えることが出来る。

点滴法、散水法における節水効果を見ると、栽培期間中の全かん水量は5.59ℓ/株であり、この値と第2表に示した生重量(地上部のみ)から粗要水量およびかんがい効率を算出した(第3表)。即ち、1 kgのサラダ菜の収穫のために用いられたかんがい水は、保水剤混合、散水法で12.5 ℓであり、散水法でも保水剤を混合すれば81ℓとなる。一方、保水剤有、点滴法の組合せでは粗要水量はわずか59ℓであり、保水剤無、散水法の組合せの場合の約1/2であった。過去における多くの実験結果から考えても、これらの鳥取大学の降雨遮断をした条件下で得られた傾向は乾燥沙漠においても同様の結果が得られると考えられる。

また、希釈海水のかんがい利用はかんがい水量の節約を示すものであるが、同時に耕地への塩の投入を意味している。乾燥地におけるかんがい農業においては塩類集積の回避が重要事の一つであるが、本実験における塩の投入量は5.59g/株であり、サラダ菜の栽植密度は25本/m²となり、140g/m²、1.4t/haの塩を投入したこととなる。しかしながら、砂土は元来、保水力、保肥力が弱く塩類集積の生じにくい土壌である。少量のかんがい水でのリーチングは容易と考えられるが、今後は連作による塩類集積とリーチングに関する究明が必要であろう。

第1表 供試保水剤の特性一覧

保水剤名 (メーカー)	主成分	純水吸水倍率 (cc/g)
みずもち一番	P-V A	150
OKS7702 (日本合成化学)		
イグタグルP (住友化学)	ビニルアルコール	500
アラソープ		650
KR-713 (京川化学)	ポリアクリル酸	
アクリホープCS (日本触媒化学)		300
ダイウエットBA (三菱油化)		500

第2表 サラダ菜生重 (g/株) に与えるかん水法と保水剤

保水剤混合	散水法	点滴法
有	68.8 (100)	94.2 (137)
無	44.6 (100)	77.7 (174)
有/無	1.54	1.21

保水剤有は、5種の保水剤の平均値である。

第3表 粗要水量、かんがい効率に与えるかん水法と保水剤

保水剤混合	粗要水量 (ℓ/kg)		かんがい効率 (g/ℓ)	
	散水	点滴	散水	点滴
有	81	59	12.3	16.9
無	125	72	8.0	13.9

9117 作物栽培への栄養源としての海水利用

遠山 征雄（鳥取大学）

I 研究目的

乾燥地では、降水量の不足から作物栽培を行なうには、水資源の確保が非常に難しい。現在、そのままで取り残され、農業が行なわれていなかったり、行なわれていてもその技術が未熟なために、十分な収穫を得ることができない乾燥地、半乾燥地は全陸地面積の28%（うち沙漠約10%）にも達している。そのような地域で農業を行なうには節水栽培が余儀なくされ、更に節水効果を高める目的で保水剤（高分子吸水性樹脂）の使用が検討されている。過去に行なわれてきた一連の研究で、節水型である点滴灌漑と保水剤の利用を組み合わせることで、乾燥地での野菜栽培に成果を挙げてきた。保水剤を土壌中に混合して使用することは、混合量、かん水方法、かん水量などによってその効果は異なるものの、総合的見地から有効であると考えられた。

乾燥地では水資源の確保、その有効利用の中にも大きな問題がある。得られた貴重な灌漑水の中に多量の塩類を含んでいることである。乾燥地において塩類を含んだ灌漑水をかん水した場合、蒸発量が多いこと、降水量が少ないことから、土壌中で水の移動は下方から上方へと移動し、溶脱が見られないため、やがて地表面に塩類が集積する。多量に存在する塩類は植物にも土壌にも有害な影響を与え、そのまま放置しておく、せっかく開拓した耕地もまた不毛の地へと変わってしまう。もし、塩分濃度1000ppmの灌漑水を1000tも灌漑すると1000kgの塩分が土壌に集積し、これを20回繰り返すと土壌中の塩分含量は20tにも増える。土壌中の塩分の平均含量が0.4%以上に増大すると植物の生育は阻害される。この塩類集積を防ぐには集積した塩類をリーチングによって洗脱させなければならない。また、保水剤は塩分を含んだ水では、純粹の場合と比べてその吸水倍率は低下し、灌漑水の有効利用という保水剤の使用目的に影響を及ぼすことになる。このように、高温乾燥条件かでの野菜栽培では、灌漑水量及び水質が重要な問題とされる。また、リーチング技術は確立されたものもあるが過去において保水剤が混合されている土壌におけるリーチングの効果がどの程度のものかは報告されていない。このため、本実験では、乾燥条件

には適しているが、耐塩性は比較的弱いとされるサラダナを供試し、散水法および点滴法の2つの灌漑法で塩水灌漑を行ない、塩類集積の状態、リーチングの効果、それらが及ぼすサラダナの生育、収量への影響を検討した。

II 研究方法

①. 実験場所

本実験は鳥取大砂丘研のビニールハウス内の砂土で行なった。ビニールハウスは90m²（間口6m×奥行15m）のもので、降雨の影響を除くために、ハウスの両側には、ビニールを二重とし、ハウスに沿うように深さ30cmまで埋め、雨水がハウス内に流れ込まないようにした（図1）。

②. 材料

サラダナは岡山サラダ菜（タキイ種苗）を供試した。保水剤は5種類を使用し、それぞれの保水剤名及び主成分、純粋吸水倍率は表一に示した。各メーカーのパンフレットをそのまま引用したので、吸水倍率の測定は各社各様な方法で行なわれ一律ではないため、多少の誤差が含まれていると考えられる。各保水剤は、深さ20cmの砂土の重量費0.1%を土壤中に均一に混合し、攪拌した。

③. 施肥

基肥として、パーク堆肥（環境開発公社、以下括弧内には主に製作所名を略記する）2t/10a、ダイヤアミノ5-5-5（中央化成）200kg/10a、くみあい苦土石灰（河合石灰）100kg/10a、ミネラルG（アサヒミネラル工業）40kg/10a、を全層に施用した。さらに各区ごとに、くみあいCDU複合燐加安S555（旭化成）70kg/10a、くみあい燐硝安加里S604（旭化成）28.1kg/10a、過燐酸石灰（コウノシマ化成）38.3kg/10a、硫酸加里（チッソk.k.）11.2kg/10aを施用し、合計量はN、P₂O₅、K₂Oそれぞれ15kg、20kg、20kg/10aであった（表2）。

④. かん水

かん水ホースはエバフローAタイプ及びDタイプ（三井石化）を用いた。Aタイプが散水型、Dタイプが点滴型である。

灌漑水は海水の全塩類濃度を35000ppmとし（表3）、海水を35倍に希釈して1000ppmとしてかん水とした。灌漑水には、スーパーグリーン1号（住友科学）をN成分で200ppmとなるように溶かし、かん水と同時に追肥を行なった。かん水は1日3～6回に分けて行なった。

⑤. 実験方法

<実験1>

1986年5月20日に、あらかじめ24時間浸水して催芽させた岡山サラダ菜種子を、かん水ホースの中心から10cm離れたホースの両側に株間5cmで直播し、播種後は十分なかん水を行なった。最初から塩水灌漑を行なうと発芽障害が起こると考えられたので、出芽後、本葉5枚程度になるまでは淡水をかん水にした。

6月3日に株間10cm、1ヶ所1株に間引をし、6月4日から塩水灌漑を始めた。

6月13日に中間調査を行ない、株間20cmとし、6月24日に収穫した。

収穫後、ハウスの両端の区（図2）を、約117mmの淡水でリーチング（塩分洗脱）を行なった。

<実験2>

6月18日に育苗ポットに岡山サラダ菜を播種し、7月2日に本葉5枚となった苗を、リーチング区、無リーチング区に株間10cmで定植した。定植後、活着までは淡水をかん水し、7月6日から塩水灌漑を開始した。

7月29日に中間調査を行ない、株間20cmとし、8月7日に収穫した。収穫後、リーチング区を約125mmの淡水でリーチングを行なった。

<実験3>

8月19日に実験圃場に岡山サラダ菜種子を10cm間隔に直播し、出芽率を調査した。出芽までのかん水は淡水を如露でかけた。出芽後、かん水ホースでかん水を行ない、しばらく生育させた。

9月から11月にかけて実験2の反復実験を行なったが、連作障害と思われる病害の発生のため、データを収集することができなかったので、本報は実験3までを報告することにした。

⑥. 調査項目

a) 生体重

中間調査及び収量調査で刈り取ったサラダ菜は、その直後に各区ごとに、電子計りで生体重を測定した。

b) 乾物重

サンプルは生体重を測定した後、通風乾燥により、80℃で1週間乾燥した後、電子計りで乾物重を測定した。

c) 葉数

実験2において、7月16日及び19日にサラダ菜の葉数を調査した。調査個体は各区の中央部に位置する10枚を選んで調査した。

d) 土壌EC

収穫後、ホースの中心から10cm離れた位置を、0cm、5cm、10cm、20cmの4つの深さで採土し、ECを測定した。測定は乾土：蒸留水=1:5で、60分間振とうした後、上澄液を電気伝導度計により測定した。リーチング後の土壌も同様な方法により測定した。

e) 出芽率

出芽は種子が発芽して、地表面を持ち上げた状態を発芽とみなした。各処理2ブロックずつ、全体で80ヶ所を求めた。

f) 気温、地温

気温はビニールハウスの中央部、地上1.2mの位置に、地温は保水剤を混合しない無処理の区の深さ1cmの位置で温度センサーを設置し、自記記録計で測定した。

g) かん水量

かん水量は流量計によって測定した。かん水ホースはそのときの気象条件によって、また、ホースの種類によって同一通水時間でもかん水量が変わってくる。そのため1回のかん水ごとに、最も多く流れたホースに流量を合わせる調整を行った。

⑦. 栽培管理

栽培期間中の温度管理は、ビニールハウスのドア、横幕、隅窓を開閉することによって調節を行なった。また、日中葉がしおれると霧を吹きかけ、葉温を下げた。病害虫の防除は特に行なわなかった。

Ⅲ 研究結果と考察

①. 気象環境

作物の生育に対して、特に本実験のように、作物と水との対応、作物と塩類集積との関係を究明しようとする場合、気象環境は重要な因子となる。実験期間中のハウス内の気温、地温を測定したが、測器の関係で気温は6月1日から、地温は6月4日から記録した。

実験1が終了する6月24日までは、平均気温最高が28℃、平均地温最高が25℃を示し、それほど上昇せず、平均気温21～24℃で推移し、サラダナには適した気温となった（図3）。しかし、実験2の間中は、平均気温最高33℃、平均地温最高30℃まで上昇し、7月24日以降は収穫まで晴天が続いた。したがって、平均気温は27～29℃で推移し、サラダナに対しては暑すぎる気候となった（図4）。このため日中は葉がしおれることが続き、高温障害と思われる葉縁の枯死がみられた。実験3開始の8月19日以降はさらに高温となり、平均気温30℃前後で推移した。

②. かん水量

実験1では、期間中高温でさほど推移しなかったため、日当たりのかん水量は最低1mm、最高6mmで、全体として4～5mmで推移し、収穫までの積算かん水量は111.8mmとなった（図3）。このうち、塩水灌漑は6月4日以降の65.4mmとなった。したがって、圃場1㎡当たり65.4gの塩類が投入されたことになり、土壌中の塩類は0.2%増大したことになる。

実験2の間中は高温で推移したため、当然かん水量は多くなり、日当たりのかん水量は最高8mmを示し、平均7mm前後で推移した。収穫までの積算かん水量は147.1mmとなり、塩水灌漑は7月6日以降の135.2mmとなった（図4）。したがって、㎡当たり135.2g塩類が投入されたことになった。

③. 実験1

a) 生体重

6月13日の中間調査において、散水法よりも点滴法が生体重で平均3割程度の増収となった。保水剤の効果もこの時点で顕著に現れ、どの保水剤も無処理よりも大きな値を示した（表4）。また、保水剤間の差もみられ、アラソープKR713、イゲタゲルPは極めて効果が大きく、無処理に対してアラソープKR713で2倍近く、イゲタゲルPで5割増以

上の値を示した。しかし、ダイヤウエット B A は散水法で4.4 % 増、点滴法で17.2% 増となったものの、特に目立った効果ではなかった（図 5）。

この中間調査での傾向は収穫時まで続き、収穫物の生体重においても、点滴法が散水法よりも4割程度の増収となった（表 5）。ダイヤウエット B A は中間調査の結果と同様にあまり目立ったものではなく、他の保水剤が無処理に対して散水法で30%以上増、点滴法で20%以上増を示しているのに対し、ダイヤウエット B A は散水法で14.6%増にとどまり、点滴法に至っては無処理よりも9%の減収となった（図 6）。保水剤の吸収倍率が必ずしも作物の生育、収量にそのまま反映しないことを示している。

b) 乾物増加速度

6月13日～6月24日の乾物増加速度は散水法平均が0.20g/day、点滴法平均が0.28g/day となり、やはり点滴法が勝った。保水剤間の比較では、無処理平均0.22g/day に対し、アラソープ K R 713、イゲタゲル P は平均で0.27g/day と優れたが、ダイヤウエット B A は平均で0.21g/day と生体重と同様に無処理よりも劣った（表 6）。

c) 収穫後の土壌 E C

図 7 に収穫後の土壌中の塩分濃度を電気伝導率（E C）で現した。地表面から20cmまで4段階の深さにおいて、それぞれ2つのかん水法、保水剤の種類について比較して示した。その結果、散水法よりも点滴法の方が塩類集積が多く見られ、0cmで散水法平均825 μ s/cm、点滴法平均1500 μ s/cmとなった。実験前の0cmのE Cは平均41 μ s/cmであったので、両灌漑法とも激しい塩類集積がみられた。点滴法が高いE Cを示したのは、散水法は地表面全体に灌漑水がかかるのに対し、点滴方は部分的に集中してかん水されるため、採土した箇所についてみると点滴法の方が多く塩水が灌漑されたことになるためと考えられる。

また、地表面のE Cは、無処理と保水剤を混合した土壌を比較した場合、無処理の方がE Cが高くなり、散水法で無処理1.024 μ s/cm、保水剤平均762 μ s/cm、点滴法で無処理1.610 μ s/cm、保水剤平均1.478 μ s/cmとなった。保水剤は吸収した水分を保持する能力も備えており、吸水倍率が大きい保水剤を混合した土壌は、吸水倍率が小さい保水剤を混合した土壌に比べ、蒸発量が少ないことが明らかにされている。したがって、保水剤を混合することによって、地表面からの水分蒸発が抑えられ、地表面への塩類集積が軽減されたと考えられる。しかし、5cm以上の深さでは、全般的に値は小さいが、保水剤の方が高いE Cを示した。

塩類集積は、いずれの処理も0cmが最も多く、次いで10cm、5cm、20cmの順でE Cが低くなった。5cmよりも10cmが高いE Cとなった原因として、5cm辺りの土壌水分は地表面へと移動し、塩類集積が少なくなったのに対し、10cm辺りは灌漑水が縦浸透する限界であ

るため、その境界付近に塩類がより多く集積したためと考えられる。地表面においても、灌漑水の横浸透の限界付近に塩類が白く集積しているのが認められた。

保水剤間の比較では、収量の高い保水剤は土壌ECが低く、逆に収量の低い保水剤は高いECとなる傾向がみられた。地表面ECと収量との関係は図17～19において後述する。

d) リーチング後の土壌EC

収穫後、約117cmの淡水により、リーチングした後の土壌ECを表7に示した。野菜栽培における土壌ECと収量の推定減収率を表8に示したが、これから考えるとすべて150 μ s/cm以下に下がっており、リーチング効果は極めて顕著に見られた。特に、地表面と深さ10cmに集積していた塩類の溶脱は著しく、リーチング前と比較してほぼ15%以下まで低下した。

さらに、この結果から言えることとして作物栽培上は問題にならない差であるが、保水剤を混合した土壌は混合しない土壌よりもリーチング効果が劣ることが分かった。特に、地表面においては無処理がリーチング後、最も低いECを示し、逆にOKS7702は最も高いECを示した。リーチング用水が保水剤に吸収、保持されたため、塩類の溶脱の阻害となったと考えられるが、117cmの淡水では十分な効果があり、作物栽培上では問題ないと考えられる。

④. 実験2

a) 葉数

定植から11日目の7月16日及び14日目の7月19日の葉数は、共にかん水方法及びリーチングの有無に関して差がみられた。7月19日の葉数は、散水法リーチング区で平均6.6枚、無リーチング区平均6.2枚、点滴法リーチング区で平均7.1枚、無リーチング区平均6.8枚となった。16日から19日の3日間に増加した葉数も同様の傾向を示し、初期生育から大きく差が開いた。しかし、保水剤間では差はみられなかった（表9）。

b) 生体重

7月29日の中間調査では、散水法よりも点滴法の方が優れた結果を示し、実験1と同様の傾向であった。さらに、リーチングの有無に関しては、点滴法では明らかにリーチング区の方が良い生育を示していたが、散水法では保水剤によってまちまちで、一定の傾向がみられなかった（表10）。保水剤間の比較では、点滴法で無リーチング区のイゲタゲルPが無処理に対し30%増を示しているだけで、他のものは無処理と同程度か劣る結果となっている。散水法に至っては、ほとんどが無処理よりも劣った（図8）。

8月17日の収量成績でも、点滴法は散水法よりも優れ、2～3倍の増収となった（図

9)。リーチングの有無に関しても、ほとんどの処理区においてリーチング区が勝り、2倍近い収量を得たものもあったが、ダイヤウエットBAは散水法で30%、点滴法で20%の減収となった（図10）。

保水剤間の比較では、散水法、点滴法ともリーチング区ではアラソープKR713、イゲタゲルPが無処理に対して増収効果が大きく、ダイヤウエットBAは無処理よりも劣った。しかし、無リーチング区では、散水法で勝ったのはダイヤウエットBAだけで、他の保水剤は無処理も減収となった。点滴法では、ダイヤウエットBA以外は増収効果がみられたが、OKS7702が最も効果が大きく、イゲタゲルPはダイヤウエットBAを除けば最も効果が小さかった（図11）。

また、保水剤の混合効果は、一定の収量水準に達した点滴法に限ればリーチング区よりも無リーチング区の方が大きく、リーチング区では、効果があったもので5%前後の増収にとどまったのに対し、無リーチング区では20~45%の増収がみられる区があった。塩類土壌条件下では、作物根の土壌水分の吸収は浸透圧の増大に伴い阻害される。保水剤を混合することで土壌中の含水率は高まり、根に吸収される状態にある水分も増加する。このため、無リーチング区のような塩類土壌では効果が大きく現れたものと考えられる。

c) 乾物増加速度

7月29日から8月17日までの乾物増加速度は、実験1と同様に散水法よりも点滴法が大きな値を示した。また、無リーチング区よりもリーチング区の方が増加率は大きく、散水法リーチング区平均0.25g/day、無リーチング区平均0.13g/day、点滴法ではリーチング区平均0.49g/day、無リーチング区平均0.36g/dayとなった。

保水剤間の比較でも実験1と同様の傾向を示し、全体としてアラソープKR713が最も大きな値となり、ダイヤウエットBAは無処理よりも劣った。しかし、散水法無リーチング区に限ってみると無処理よりも勝ったのはダイヤウエットBAだけで、他の区では最大値を示したアラソープKR713は最も低い増加率となった（表11）。

d) 乾物率

作物体内の水分含量の指標として乾物率（乾物重/生体重）を求めた。乾物率が大きければ、作物に含まれる水分は少ないことを意味する。

中間調査及び収穫物調査とも、かん水方法及びリーチングの有無で差がみられた。中間調査では、散水法平均8.5%、点滴法平均6.5%となり、リーチングの有無ではリーチング区平均7.0%、無リーチング区平均8.1%となり、散水法よりも点滴法が、また無リーチング区よりもリーチング区の方が多く水分を含んでいる結果となった（図12）。

収穫物調査でも散水法平均7.0%、点滴法5.6%と中間調査よりも若干低い値となったが、点滴法の方が水分を多く含んでいた。しかし、リーチングの有無では、リーチング区

平均6.4 %、無リーチング区平均6.1 %となり、中間調査とは逆の結果となった（図13）。

リーチング区はサラダナの生育が優れており、水分、養分の吸収も盛んであったと考えられる。したがって作物対中の生産物の充実していたため、生体重で水分以外のものが占める割合がやや大きくなったものと思われる。

保水剤間の比較では、ダイヤウエット B A が中間調査、収穫物調査ともに最も大きな値となり、最も水分の少ない生育を示した。

e) 収穫後の土壌 E C

実験2の収穫後の土壌 E C を図14、図15に示した。この時期の気象環境により、かん水量が多くなり、蒸発量も多いため、実験1よりも塩類集積が促進されたと考えられる。

実験1では、0 cmにおける E C で、かん水方法により差がみられたが、実験2ではほとんど差がなかった。保水剤を混合した土壌でも、散水法の方が点滴法よりも蒸発量が大きくなる。実験2の期間中は夏期に向かい、実験1よりも蒸発量が非常に大きくなっていることが予想される。したがって、散水法では蒸発量はより多くなり、塩類集積も促進されたため、点滴法との差がなくなったのではないかと考えられる。

地表面における土壌 E C をリーチングの有無について比較すると、散水法リーチング区平均1.793us/cm、無リーチング区平均21.21us/cm、点滴法リーチング区平均18.53 %、無リーチング区平均19.40us/cmとなり、散水法、点滴法ともに無リーチング区の方が高い E C となった。無リーチング区には、前作で集積した塩類に更に累積したことが伺われる。しかし、散水法5 cmではリーチング区の方が E C が高くなっている。点滴法10 cmでも同様な傾向がみられた。両灌漑法とも5 cmよりも10 cmの方が高い E C を示しているの、灌漑水の浸透限界はその付近と考えられるが、散水法の場合、かん水後、かん水ホース内に残った灌漑水が徐々に抜けて、点滴灌漑と同様な効果を示す。それが10 cmまで達したと考えられ、実際の散水による浸透5 cm付近までと考えられる。そのため、実験1、2とも5 cmでは点滴法よりも散水法が高い E C となっている。したがって、浸透限界深付近で何らかの作用により、リーチング区と無リーチング区の E C が逆転したのではないかと推定される。

また、地表面の E C が、O K S 7702では両灌漑法とも、ダイヤウエット B A は点滴法においてリーチング区の方が高くなった。保水剤を混合した土壌からの蒸発量は土壌水分が多いとき無処理の土壌よりも小さいが、土壌水分が少ないと逆に大きくなる。O K S 7702は他の保水剤と比較すると吸水倍率は低く、吸水倍率以上の水分は下層へと浸透するので他の保水剤と比べて上層部での保水量が少なくなる。塩分条件下では吸水倍率は低下するので、灌漑水の下層への浸透は一層多くなり、無リーチング区の O K S 7702を混合した区は無処理のものと類似した状態になったものと考えられる。したがって、少ない土壌水分

の下でリーチング区の方が蒸発量が多くなり、塩類集積が促進されたものと思われる。ダイヤウエットBAも実験1では無処理よりも点滴法で高いECを示しており、OKS7702と類似した現象があったものと思われる。

地表面におけるECを、無処理と保水剤平均で比較した場合、散水法リーチング区以外はいずれも無処理の方が高くなっている。散水法リーチング区は、ダイヤウエットBAが他のものよりも異常に高い値を示したため、保水剤平均が高くなったもので、全体としてみれば実験1と同様に保水剤混合による蒸発抑制のため、塩類集積が軽減されたものと思われる。

f) リーチング後の土壌

収穫後、約125mmの淡水によりリーチングした後の土壌ECを表12に示した。リーチング効果は著しく、リーチング前と比べ0cmで5%以下、10cmでは15%以下まで低下した。

ここでも、保水剤を混合した土壌は無処理よりも若干リーチング効果が劣ったが、いずれも作物栽培上、問題のない値まで下がっており、支障はないものと思われる。

⑤. 実験3

リーチング区と無リーチング区にサラダナ種子を直播し、出芽率を調査したが、無リーチング区が平均55.8%に留まったのに対し、リーチング区は平均78.1%の出芽率を示し、顕著な差がみられた（表13）。

一般に、塩類条件下では発芽が遅れるが、土壌面にクラストが形成されると、発芽が遅れた種子はクラスト内に閉じ込められ、発芽しても出芽しないことがある。そのため不出芽のものが多くみられた。このような条件下では、最短期間で出芽させ、出来るだけ速やかに幼苗期を経過させることが大切である。

リーチング区は、播種後3日目で一部出芽がみられ、7日目に発芽のピークとなり、11日後にはほぼそろった。これに対し、無リーチング区は5日目に発芽が始まり、10日目にピークを迎え、ピークはリーチング区よりも3日遅れた（図16）。その後、かん水ホースにより栽培を続けたが、リーチング区は順調な初期生育を示したのに対し、無リーチング区は生長が極端に遅れ、このまま栽培を続けても収穫は望めないように思われた（写真1、2）。

このように、リーチングをしない土壌では直播によって栽培することは、出芽率の低さ、初期生育の極端な遅れから不可能と思われた。

IV 今後の課題

散水法よりも点滴法の方が、サラダナの生育、収量は優れ、良い結果がもたらされた。過去の研究からも、同じかん水量であれば点滴法が優れていることが明らかである。散水法は圃場全体にかん水されるのに対し、点滴法は、作物の株元に集中してかん水することができる。さらに、本実験のように特に灌漑水に塩分が含まれている場合は、散水法は作物に塩分がかかるため、葉焼けや、外縁部の枯死がみられた。また、地面からの蒸発量も散水法の方が多くなり、作物根が吸水する前に、蒸発の方が多くなることもある。実験2では、散水法で枯死してしまった株が多くみられ、高温条件下では水の有効利用という面で、散水灌漑は不適當な灌漑法と考えられる。

散水法と点滴法の蒸発量の差により、集積する塩類にも差が出ると思われるが、今回の実験ではそれを断定するには至らなかった。

塩類土壌では、作物根による土壌水分の吸収が浸透圧の増大により阻害される。特に、発芽からの初期生育にかけては、作物の耐塩性は一部のものを除いては非常に弱く、葉菜類のように、初期生育で収量が左右されるものは決定的な影響を受ける。今回でも、土壌ECの高いものは収量が低くなる傾向がみられる。

土壌ECと収量との相関は、点滴法のみで認められた。実験1では収穫後の地表面の土壌ECと収量との間に、 $Y = -0.0198X + 121.1$ 、 $r = -0.527^{**}$ の関数が認められた（図17）。実験2でも、収穫後の地表面の土壌ECと収量との間に点滴法において、 $Y = -0.0253X + 125.25$ 、 $r = -0.523^{**}$ の関数が認められた（図18）。さらに無リーチング区では、定植前の地表面の土壌ECと収量との間に、 $Y = -0.0239X + 101.72$ 、 $r = -0.615^{*}$ の関数が認められ（図19）、定植直後から生育阻害を受けていたことが示された。相関係数の*印は5%水準、**印は1%水準で有意であることを示している。

また、収量の高い保水剤は低い地表面ECとなり、収量の低い保水剤は高いECとなったが、保水剤と収量との関係は、塩分を含まない灌漑水での実験の場合と同じ傾向があった。したがって、収量がECのみで決定されたとは断定できないが、高収量を得た保水剤は塩水灌漑下でも塩分を含まない場合と同様に、高収量を得ることができるといえる。各保水剤の蒸発特性、土壌中の含水率などによってECに差が出たと思われる。

また、集積塩類が作物の生育に及ぼす影響として、作物根の吸水阻害のほかに、特殊なイオンの毒性作用がある。保水剤によっては、そのイオンが吸着固定され、生育に悪影響を及ぼしたこともありうると思われるが、今回の実験ではそれを定かにすることは出来ないで、今後の研究が必要である。

リーチング効果は極めて顕著であった。供試土壌は砂土を用いたため、効果が著しく現われたものと思われる。保水剤を混合した土壌でも、無処理の土壌と比較して若干効果は劣るが、すべてが作物栽培上、何ら支障がないところまでECが低下した。しかし、先に

述べたように、保水剤による成分吸着がみられるので、全塩類が等しく溶脱されたか疑問が残される。ECだけでみるとリーチング効果は著しく、サラダナの生育も良い結果を得たが、明らかにされなければならない点が多くある。しかし、無リーチング区だけ日中葉がしおれるなど、明らかに吸水阻害が認められ、塩類を洗脱して浸透圧を下げるという目的は達せられたと考えられている。

以下、サラダナを塩水灌漑下で栽培した結果、サラダナ栽培に対しては葉をぬらさない点滴法が散水法に比較して、著しく生育が優れた。保水剤も製品間に振れはあるが、全体として効果がみられた。また、リーチング効果も極めて顕著であった。塩水灌漑下、リーチングを行なう場合でも、保水剤の利用は野菜栽培に対して効果的であると考えられる。

塩類条件下での作物栽培は、その栽培様式、作物の耐塩性の強化、リーチング等である程度確立された技術はあるが、絶対的なものではない。今回は特に、保水剤とリーチングが作物へ及ぼす影響を調査したが、本実験以外の多様な条件下において、あるいは今回新たに提起された課題等について、今後さらに研究が進められることを期待したい。

表1. 供試保水剤の特性一覧

保水剤 (メーカー)	主成分	純水吸収倍率 (cc/g)
みずもちー番OKS-7702 (日本合成化学)	ポリビニールアルコール系	150
イゲタゲルP (庄友化学)	ビニールアルコール系	500
アラソープKR-713 (荒川化学)	ポリアクリル酸系	650
アクリホープCS (日本触媒化学)	ポリアクリル酸系	300
ダイヤウエットBA (三菱油化)	ポリアクリル酸系	500

図1. ハウス断面及び植付位置

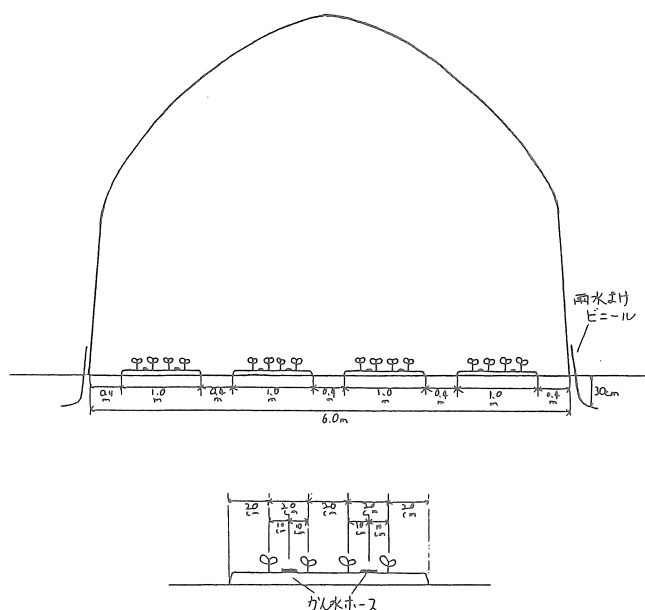


表2. 施肥量一覧

全附施肥の肥料		
肥料名	10a 当たり	ハウス当たり
バーク堆肥	2 t	180kg
グイヤミノ3-3-3	200kg	18kg
西土石灰	100kg	9 kg
ミネラルG	40kg	3.6kg

肥料の施用量				
肥料名	全量 (g/m ²)	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)
C D J 複合増加安S555	70	10.5	10.5	10.5
増加安加里S604号	28.1	4.5	2.8	3.9
過磷酸石灰	38.3		6.7	
硫酸加里	11.2			5.6
計		15.0	20.0	20.0

図2. 試験区の略図

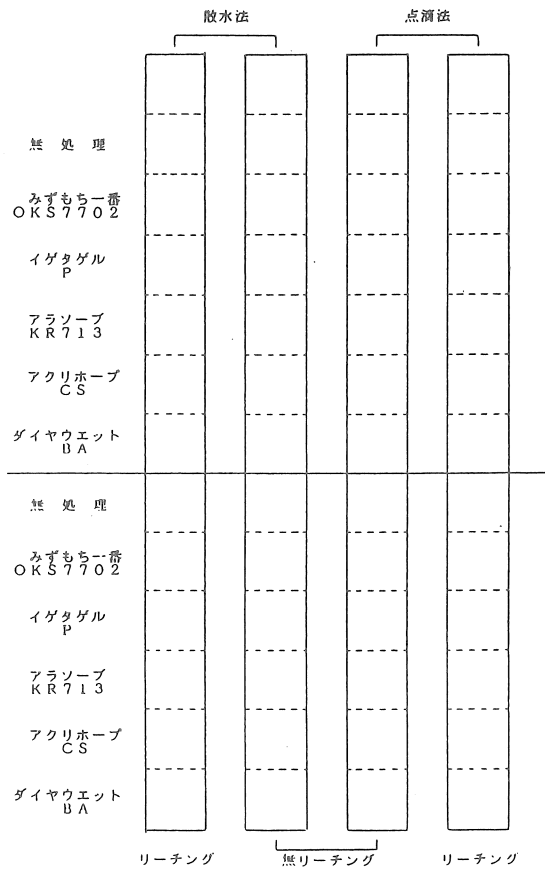


表3. 希釈に用いた海水の化学性

pH at 25°C	7.96
EC at 25°C	47.600 us/cm
全蒸発残留物 (at 110°C)	36.300 mg/l
全蒸発残留物 (at 180°C)	33.900 mg/l
M-アルカリ度 as CaCO ₃	120 mg/l
全硬度 as CaCO ₃	5.750 mg/l
Ca ²⁺	366 mg/l
Mg ²⁺	1.150 mg/l
Na ⁺	11.300 mg/l
K ⁺	411 mg/l
Cl ⁻	18.400 mg/l
SO ₄ ²⁻	2.470 mg/l
イオン状シリカ as SiO ₂	2.3 mg/l
Total - Fe	0.05 mg/l
Cu	39 us/l
Al	102 us/l

図3. 実験1. 平均気温、地温とかん水量の推移

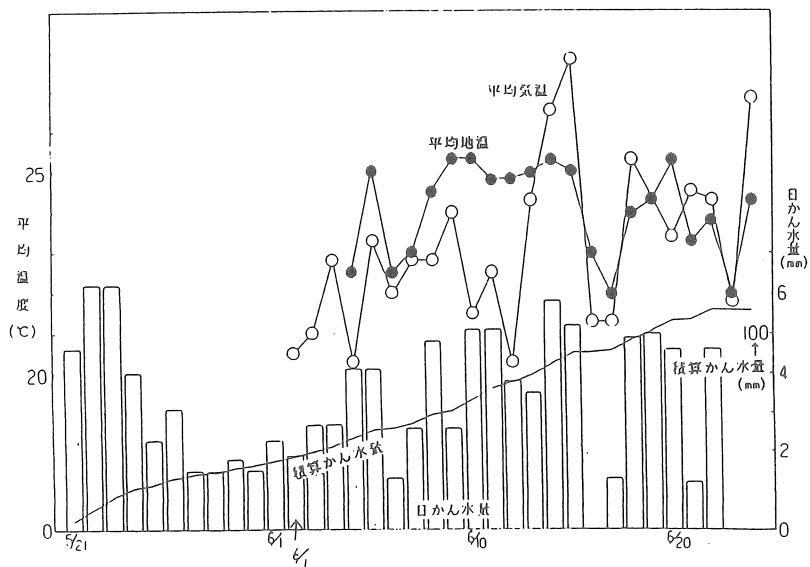


表4. 実験1. 中間調査のサラダナ生体重 (g/株)

保水剤	散水法	点滴法
無処理	4.5	5.5 (123.8)
みずもち一番	6.0	7.6 (126.7)
O K S 7702		
イゲクゲル P	7.0	9.3 (132.8)
アラソープ	3.9	10.6 (111.9)
K R 713		
アクリホープ	3.6	8.9 (153.9)
C S		
グイヤウエット	4.7	6.8 (144.7)
B A		
全体平均	6.1	8.2 (134.4)
保水剤平均	6.4	8.6 (134.4)

() 内は散水法を100とした場合の比率

図4. 実験2.

平均気温、地温とかん水量の推移

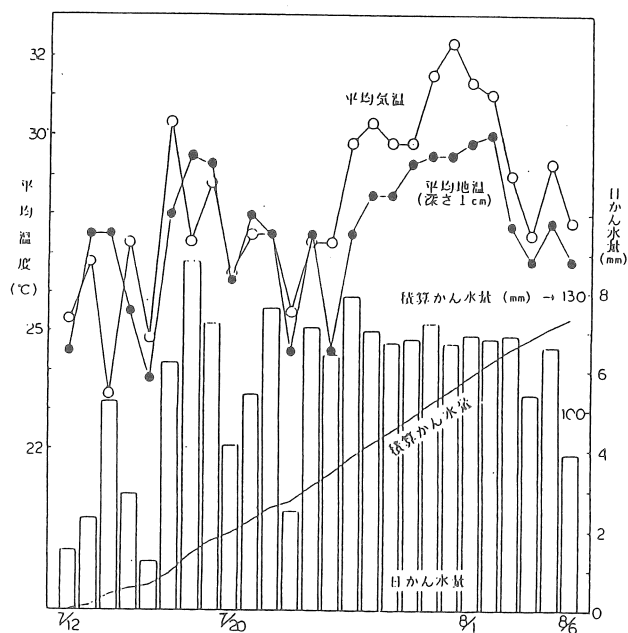


表5. 実験1. 収穫調査のサラダナ生体重 (g/株)

保水剤	散水法	点滴法
無処理	44.6	77.7 (166.7)
みずもち一番	67.1	93.7 (139.6)
O K S 7702		
イゲクゲル P	80.5	103.8 (128.9)
アラソープ	79.7	109.4 (137.3)
K R 713		
アクリホープ	63.2	93.2 (147.5)
C S		
グイヤウエット	53.4	70.8 (132.6)
B A		
全体平均	65.1	91.4 (140.4)
保水剤平均	68.8	94.2 (136.9)

() 内は散水法を100とした場合の比率

図5. 実験1. 中間調査成績

無処理を0とした場合のサラグナ生体重比率

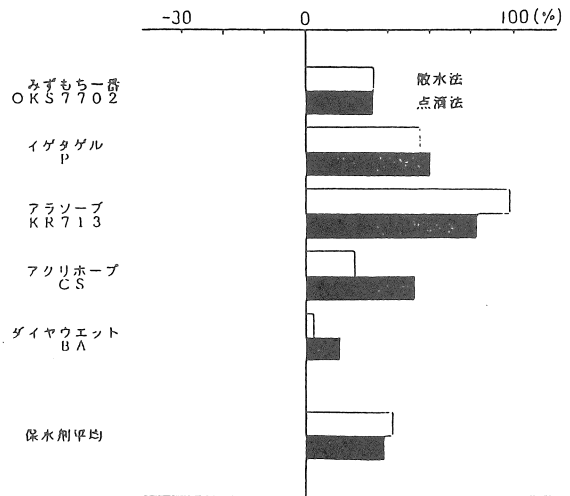


表6. 実験1. 乾物増加速度 (g/day)

保水剤	散水法	点滴法
無処理	0.19	0.24 (126)
みずもち一番 OKS7702	0.20	0.31 (155)
イグタゲルP	0.23	0.31 (135)
アラソープ KR713	0.20	0.34 (170)
アクリホープ CS	0.22	0.25 (114)
ダイヤウエット BA	0.18	0.25 (139)
全体平均	0.20	0.28 (141)
保水剤平均	0.21	0.30 (143)

() 内は散水法を100とした場合の比率

図6. 実験1. 収量調査成績

無処理を0とした場合のサラグナ生体重比率

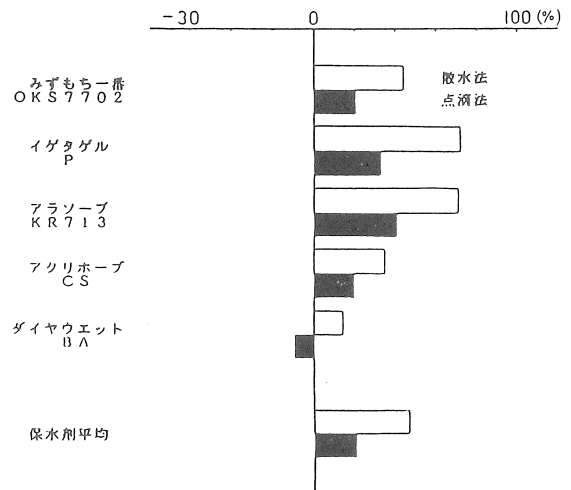


表7. 実験1. リーチング後深さ別土壌EC (us/cm)

保水剤	散水法				点滴法			
	0	5	10	20cm	0	5	10	20cm
無処理	78 (8)	35 (20)	36 (16)	28 (33)	53 (3)	30 (19)	25 (13)	17 (20)
みずもち一番 OKS7702	112 (14)	45 (23)	41 (15)	24 (30)	151 (12)	91 (49)	62 (16)	27 (31)
イゲタゲルP	61 (13)	52 (28)	57 (22)	48 (75)	56 (5)	45 (31)	39 (15)	23 (27)
アラソープ KR713	127 (14)	34 (15)	36 (11)	23 (46)	72 (5)	42 (21)	35 (10)	31 (29)
アクリホープ CS	148 (14)	33 (14)	32 (9)	22 (26)	64 (4)	46 (11)	42 (7)	29 (35)
ダイヤウエット BA	125 (9)	34 (15)	35 (14)	27 (34)	54 (3)	32 (11)	35 (6)	29 (34)
全体平均	94 (11)	39 (19)	39 (14)	29 (39)	75 (5)	48 (24)	40 (10)	26 (29)
保水剤平均	97 (12)	40 (19)	40 (14)	29 (40)	79 (5)	51 (24)	43 (10)	28 (30)

() 内はリーチング前を100とした場合の比率

図7. 実験1. 収穫後の深さ別土壌EC (us/cm)

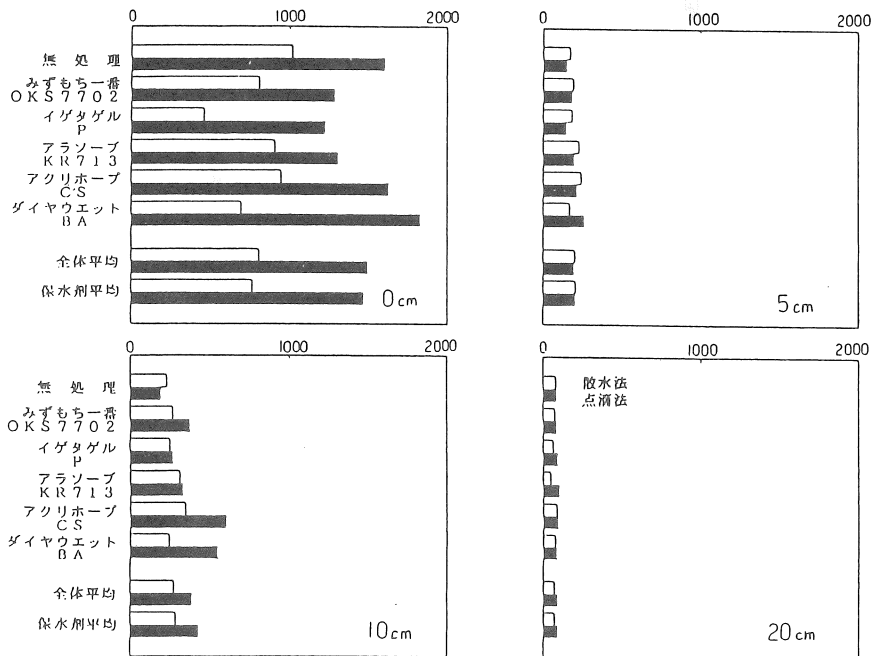


表8. 土壌E.C. (us/cm)と各種野菜の推定減収率

作物名/推定減収率	0%	10%	25%	50%	100%
レタス	900	1400	2100	3400	9000
ホウレンソウ	1300	2200	3500	5700	15000
キャベツ	1200	1900	2900	4600	12000
トマト	1700	2300	3400	5000	12500
キュウリ	1700	2200	2900	4200	10000

図8. 実験2. 中間調査成績

無処理を0とした場合のサラグナ生体重比率

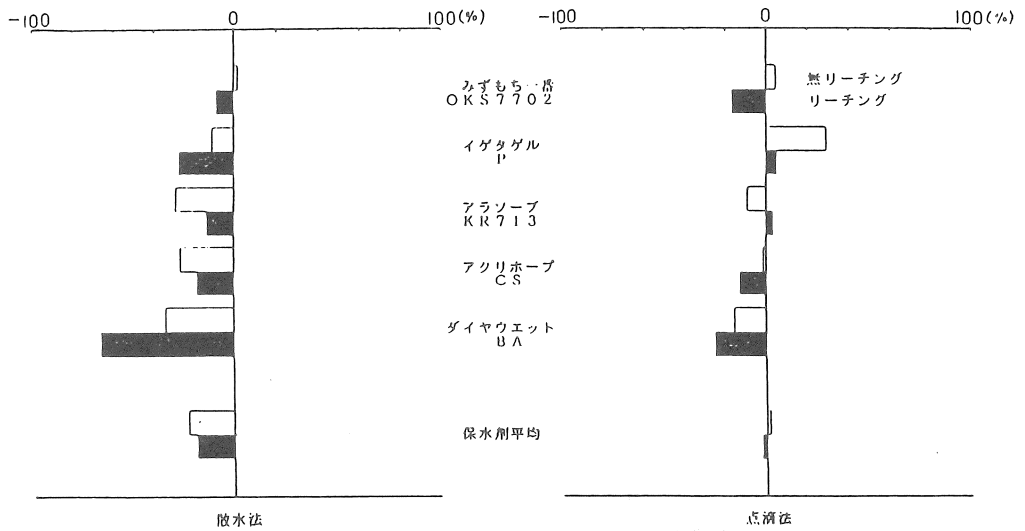


表9. 実験2. リーチングの有無による葉数(7月19日. 定植14日後)

保水剤	散水法		点滴法	
	無	有	無	有
無処理	6.5	6.9	7.0	7.1
みずもち一番 OKS7702	6.2	6.8	6.6	6.9
イグクゲルP	6.3	6.2	6.8	7.1
アラソープ KR713	6.1	6.7	6.9	7.4
アクリホープ CS	6.1	6.3	6.9	7.0
グイヤウエット BA	6.0	6.7	6.6	6.6
全体平均	6.2	6.6	6.8	7.1
保水剤平均	6.1	6.5	6.7	7.1

図9. 実験2. サラグナの生体重

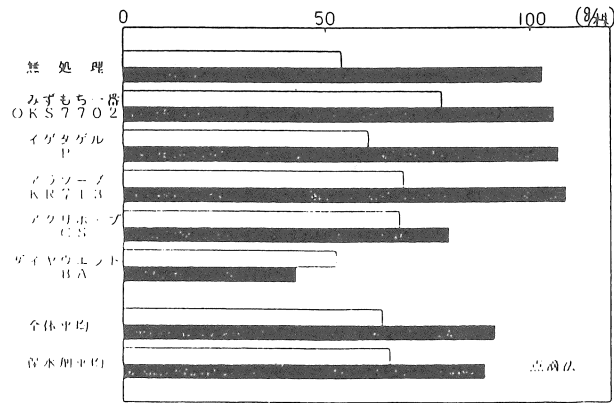
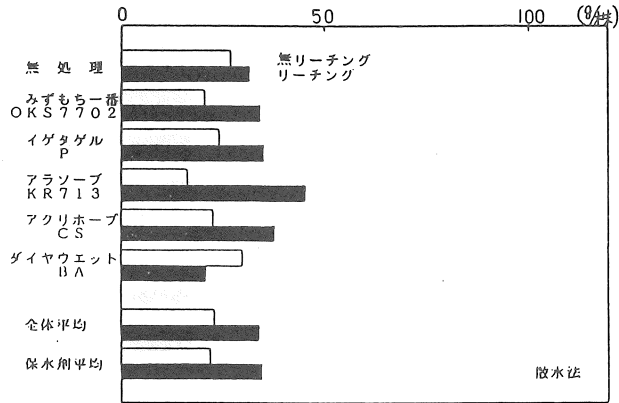


表10. 実験2. 中間調査成績

リーチングの有無によるサラグナ生体重

保水剤	散水法		点滴法	
	無	有	無	有
無処理	6.2	6.5 (104)	11.4	14.2 (124)
みずもち一番 OKS7702	6.3	5.9 (94)	11.9	17.0 (143)
イゲタゲルP	5.6	4.7 (87)	14.8	15.0 (101)
アラソープ KR713	4.4	5.6 (127)	10.3	14.7 (143)
アクリホープ CS	5.1	4.8 (94)	11.3	12.3 (109)
ダイヤウエント BA	2.1	4.1 (195)	9.6	10.6 (110)
全体平均	5.2	5.3 (102)	11.5	13.9 (121)
保水剤平均	5.0	5.0 (100)	11.6	13.9 (12.0)

() 内はリーチング無しを100とした場合の比率

図10. 実験、収量成績

無リーチング区に対するリーチング区の割合

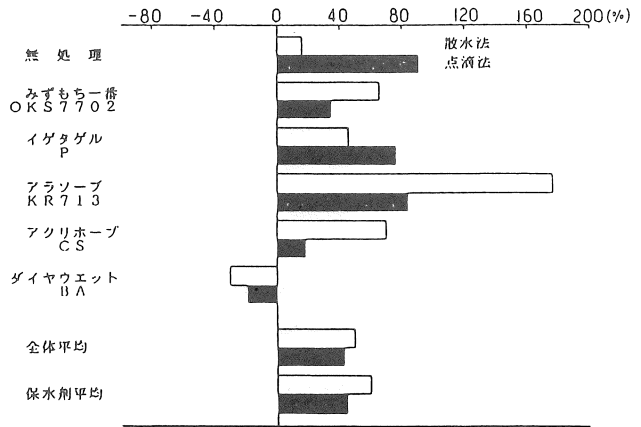


表11. 実験2、リーチングの有無による乾物増加速度 (7月29日~8月17日, g/day)

保水剤	散水法		点滴法	
	無	有	無	有
無処理	0.17	0.20 (118)	0.29	0.55 (190)
みずもち一番 OKS7702	0.11	0.23 (209)	0.43	0.54 (126)
イゲタゲル P	0.13	0.26 (200)	0.34	0.58 (171)
アラソープ KR713	0.09	0.03 (367)	0.41	0.57 (139)
アクリホープ CS	0.12	0.27 (225)	0.39	0.44 (113)
ダイヤウエット BA		0.21 (100)	0.30	0.30 (100)
全体平均	0.13	0.25 (192)	0.36	0.49 (136)
保水剤平均	0.12	0.26 (217)	0.37	0.48 (130)

図11. 実験2、収量成績

無処理を0とした場合のサラダナ生体重比率

() 内はリーチング無しを100とした場合の比率

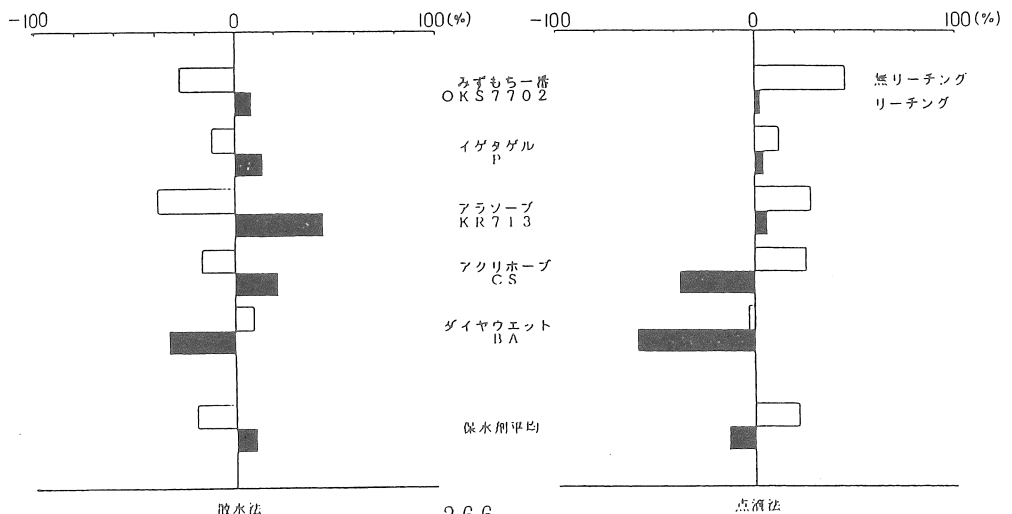


表12. 実験2. リーチング後の深さ別土壌EC (us/cm)

保水剤	散水法				点滴法			
	0	5	10	20cm	0	5	10	20cm
無処理	46 (3)	24 (14)	21 (10)	16 (13)	40 (2)	19 (21)	19 (11)	17 (15)
みずもち一番 OKS7702	51 (3)	21 (12)	24 (9)	22 (20)	53 (3)	24 (24)	29 (12)	19 (9)
イゲタゲルP	63 (4)	21 (8)	24 (7)	22 (16)	36 (3)	17 (13)	22 (9)	23 (13)
アラソープ KR713	52 (3)	44 (18)	30 (8)	18 (16)	99 (7)	66 (52)	63 (14)	38 (33)
アクリホープ CS	48 (3)	18 (16)	26 (7)	18 (16)	29 (1)	20 (15)	19 (6)	22 (18)
ダイヤウエット BA	51 (3)	29 (18)	19 (5)	17 (13)	32 (1)	19 (13)	18 (5)	22 (15)
全体平均	52 (3)	26 (12)	24 (8)	19 (15)	48 (3)	27 (23)	28 (9)	23 (16)
保水剤平均	53 (3)	27 (12)	25 (7)	20 (16)	50 (3)	29 (23)	30 (9)	25 (16)

()内はリーチング前を100とした場合の比率

図12. 実験2. 乾物率 (中間調査)

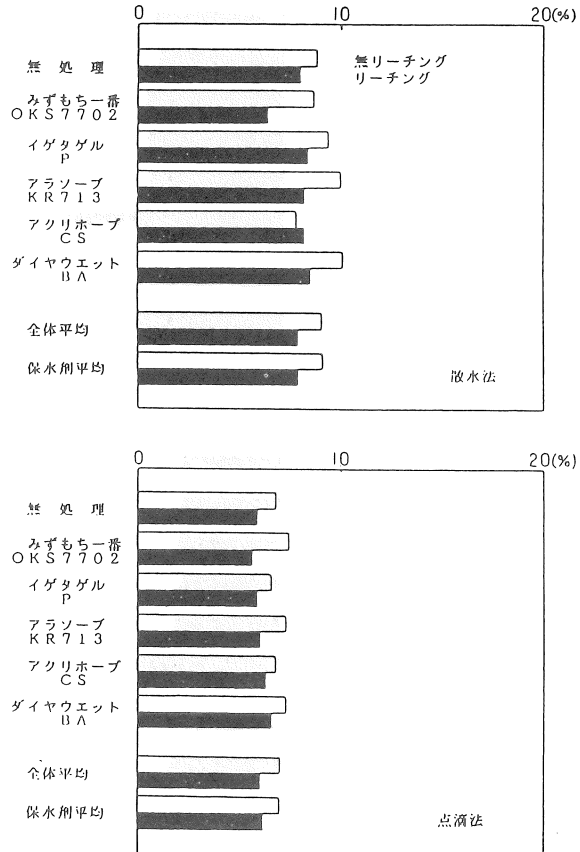


表13. 実験3. リーチングの有無による出芽率

保水剤	散水法		点滴法	
	無	有	無	有
無処理	66.3	92.5	80.0	97.5
みずもち一番	37.5	88.8	66.3	95.0
OKS7702				
イゲタゲルP	45.0	97.5	57.5	95.0
アラソープ	55.8	93.8	61.3	86.3
KR713				
アクリホープ	65.0	93.8	72.5	95.0
CS				
ダイヤウエット	66.3	93.8	78.8	82.5
HA				
全体平均	56.5	93.4	69.4	91.9
保水剤平均	54.5	93.5	67.3	90.8

図13. 実験2. 乾物率(収得率)

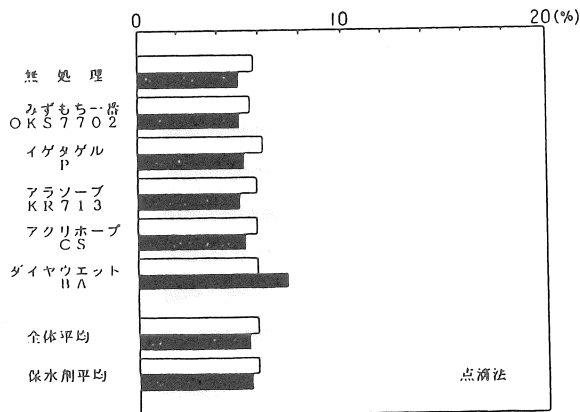
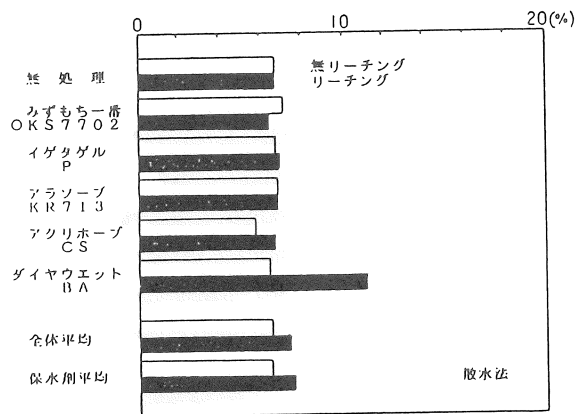


図14. 実験2. 収獲後深さ別土壌EC (us/cm, 散水法)

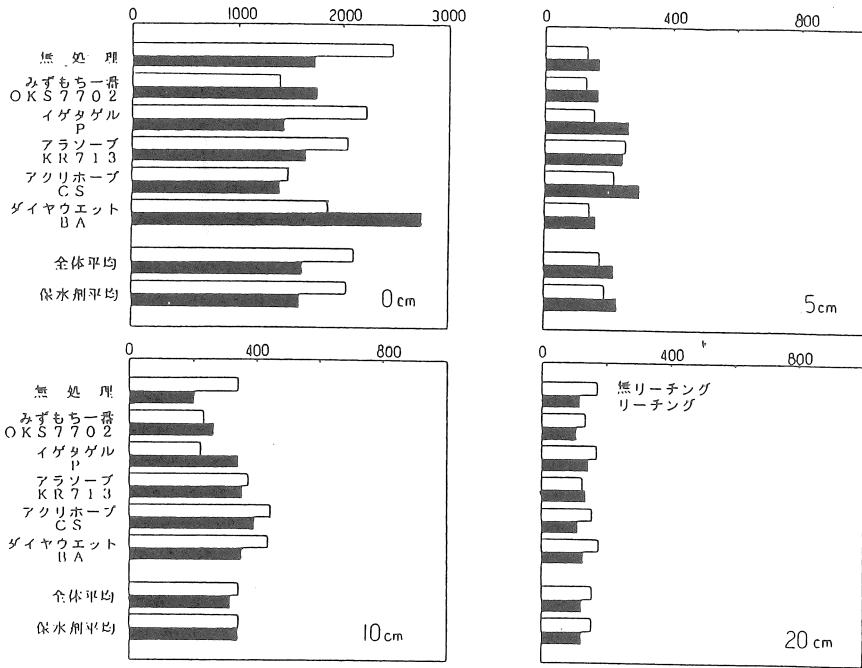


図15. 実験2. 収獲後深さ別土壌EC (us/cm, 点滴法)

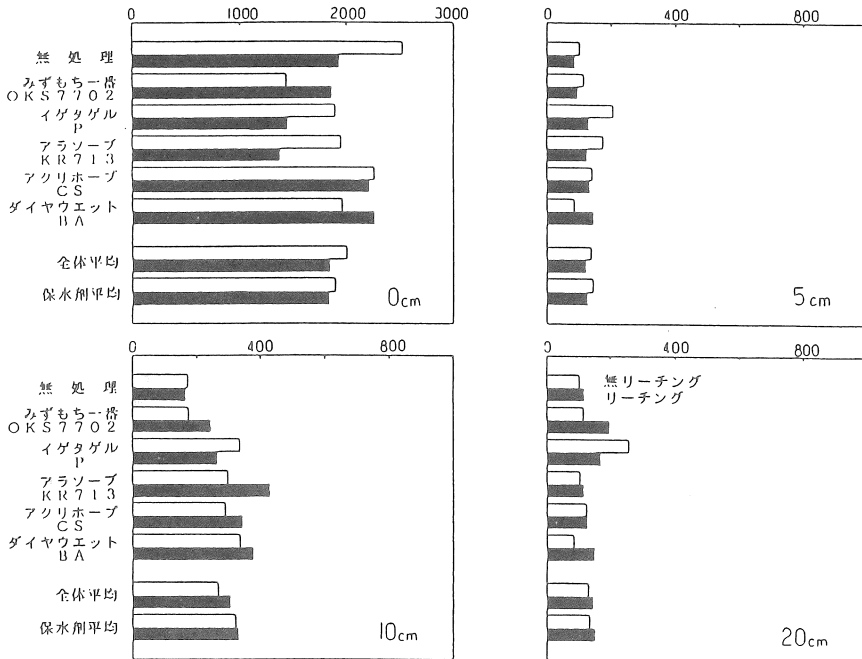


図16. 出芽後の推移

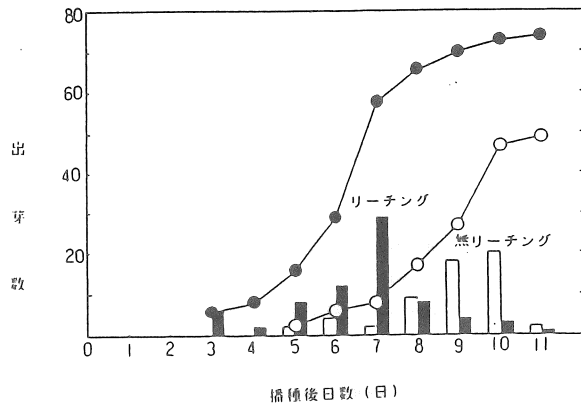


図17. 実験1. 収穫後の土壌EC (0 cm) と収量との関係 (点滴法)

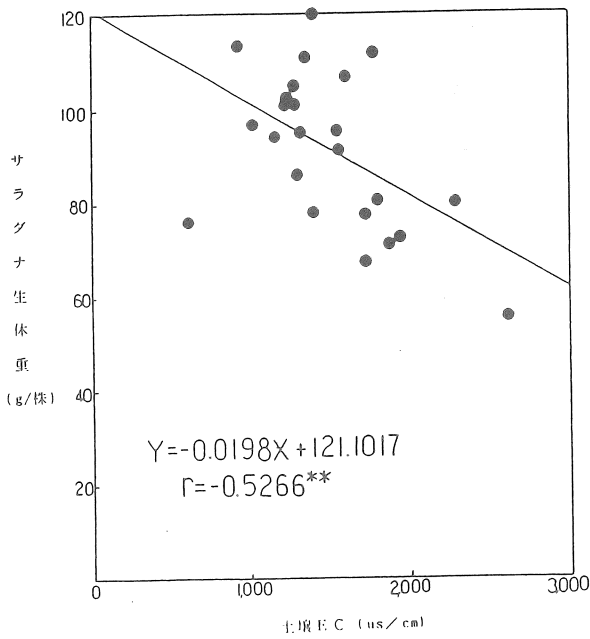


図18. 実験2. 収穫後の土壌EC (0 cm) と収量との関係 (点滴法)

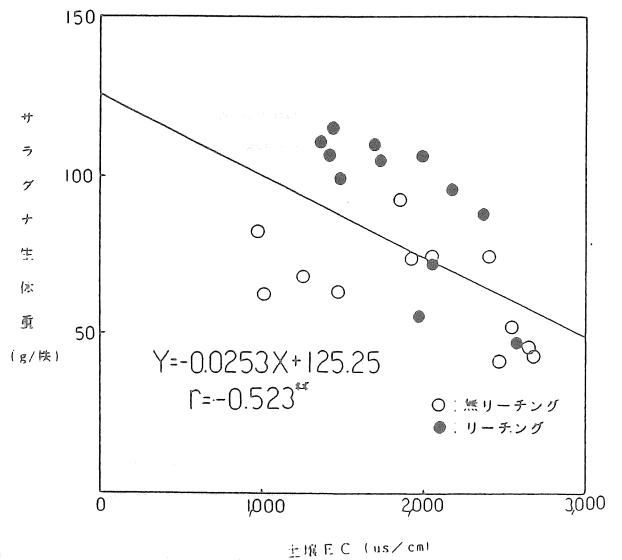


図19. 実験2. 定植前の土壌EC (0 cm) と収量との関係 (点滴法, 無リーチング区)

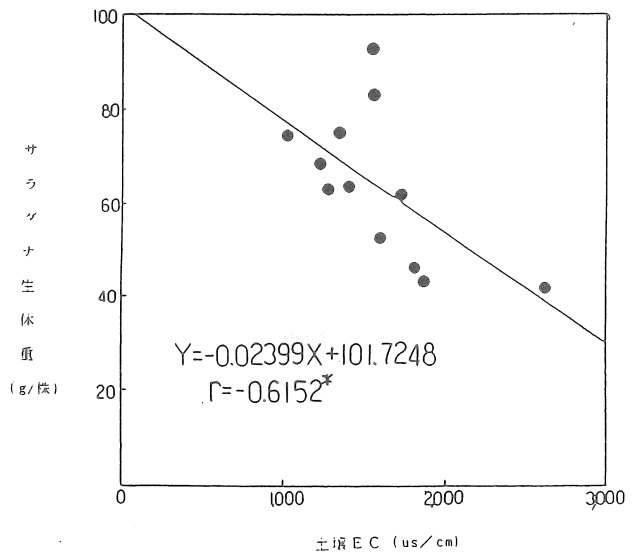


写真1

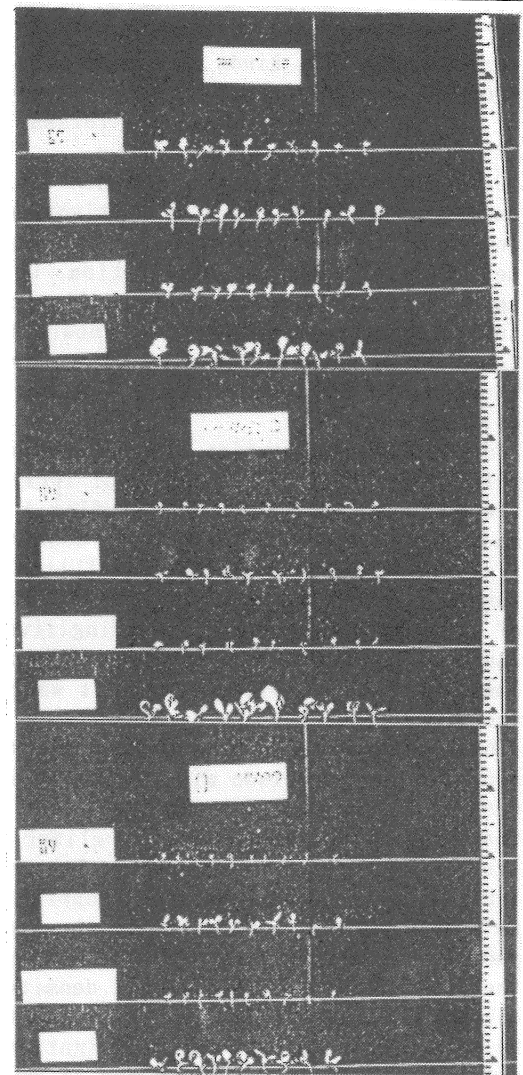
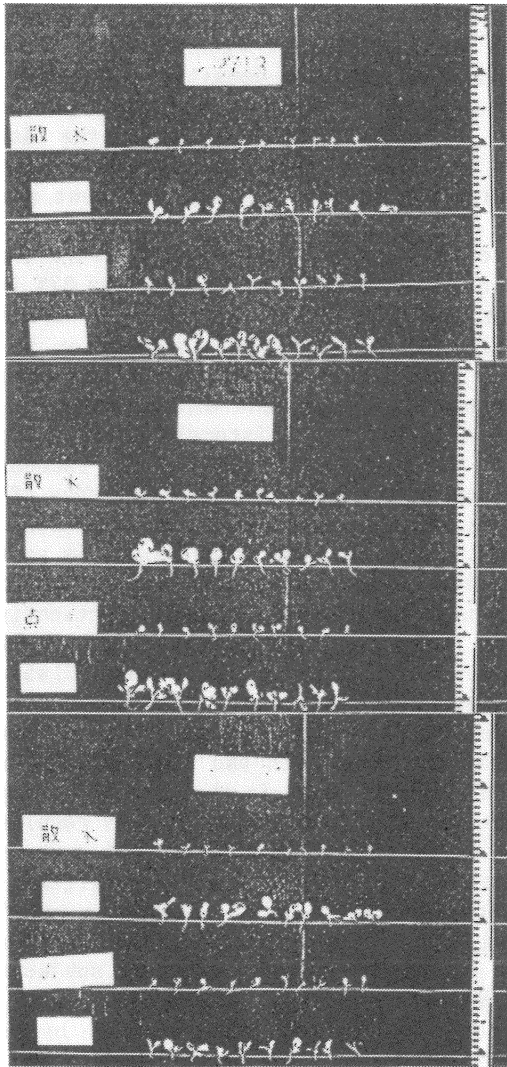


写真2

Utiliozing See War, as a Source of Nutrition,
for Farm Products Cultivation (Report.2)
Comparison of two kinds of Irrigations between
Dropping Irrigation and Spray Irrigation

TOYAMA MASAO (Tootori University, Arid Land Center)

Desert and Arid land which domain 1/4 to 1/3 of the global land, are not sufficiently developed for farm products cultivation, because of the shortage of irrigation water. Inview of the present state, I tried to establish the way of utilizing of irrigation sea water in this experimentation. On the previous report, I took thirteen kinds of spinach on the experimentation. Giving deluted sea water 1,000ppm of salt density, by the dropping irrigation, they showed the average yield of 13 varieties compared to fresh water was increased by 30 %. In view of the results so far achieved, it can be thought the deluted low salt density sea water is sufficiently utilized for agriculture.

In this experimentation, I took lettuce (kind: Okayama lettuce, Takii & Co. Ltd) on the trial and I compared two ways of irrigation, with two kinds of hose, evaflo-D type in the dropping irrigation and evaflo-A type (MITSUI-SEKIKU) in the spray irrigation. I made the deluted 1,000ppm salt density sea water. Mixing it with the super-green 1 liquid fertilizer (SUMITOMO KAGAKU) to be 200ppm of nitrogen density, I irrigated from three to six times a day little by little. I started to irrigate sea water on the 4th of June after two weeks of seeding (five true leaves) and harvested them on the 24th of June. Simultaneously with the comparison of two ways of irrigation, I investigated to compare with the effects of salt water irrigation by the super absorb-ment polymer (moisturelizer).

The result of the growth of lettuce (the 2 chart) is that the dropping irrigation is superior. In comparison with the spray irrigation, the yield was increased by 37% in the case of mixing the moisturelizer and 74% in the case of without mixing. Compared to the case of mixing the moisturelizer and without it, the former is superior in both irrigation. It was increased by 54% in spray irrigation and by 21% in the dropping irrigation. It proves that the dropping irrigation with some salt distiny water is suit to the practical irrigation in the desert. The use of the moisturelizer of which the saction force goes down with the increase of the salt density causes the increase of the yield with 1000ppm low salt density irrigation. It indicates the efficiency of the moisturelizer in the desert which has the week water holding ability. Some reasons can be considered that why spray irrigation wasn't effective than dropping. One is, salt was attached to lettuce leaves, and it didn't suit to lettuce which likes dry air had gotten wet. At the second, dropping irrigation can supply water certainly, pertiently on the plant foot. To see consavative effects, all amount of irrigated water during cultivation (which is 5.59 ℓ /plant), and the weight (that is showed in chart 2) was made use of calculating to see gross water requirement and irrigation efficiency (chart 3). As a result, to harvest 1kg lettuce it needed 125ℓ irrigation water in the case of without the moisturelizer with spray irrigation. Even with the same irrigation, it needed 81 ℓ with mixing the moisturelizer. On the other hand, in the case of mixing the moisturelizer and dropping irrigation only needed 59ℓ. Considering to many results of past experimentations, it can be thought that in the desert we will get the same result as we got on the condition of shutting off rainfall in Tottori univ. And utilizing the deluted sea water as irrigation water not only means saving of irrigation water but also mean throwing salt into the cultivated land. On irrigation agriculture in the arid land, the avoidance of salt accumulation is one of the most important subjects. In this experimentation we used 1.4t/ha salt. However sand has poor ability and it is difficult to generate salt accumulation. I think it would be easy to leach by little quantity of irrigation water and it will be important to study about leaching and salt accumulation in the future.