

9014 作物栽培への栄養源としての海水利用

遠山 柁雄(鳥取大学)

乾燥沙漠地帯は地球陸地の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ を占める広大なものであり、地球に残された未利用地の最大のものである。更に、年々沙漠化は進行し、5年間で我が国と同面積の沙漠が地球上で増加している。沙漠では降雨不足からかんがい水が不足し、更に得られる貴重な水は多くの無機塩類を含んでいる場合が一般的である。このため、強烈的な蒸発量と相まってかんがい農業では耕地への塩類集積が生じ、塩積回避は沙漠農業における重要課題の一つである。しかしながら、かんがい農業はドライ・ファーミングと比較して飛躍的な収量増加をもたらす。このため、かんがいと塩積回避の兼合いが沙漠農業にとって極めて重要である。このためには、明きょ、暗きょ等の排水設備を完備した圃場でのかんがい農業を行うことが望ましいが、現実問題としてはコスト面から多くの困難がある。また、リーチングされた排水の最終処理も適切な方法が無いのが現状である。

一方、海岸沙漠では海岸砂丘地を利用し、豊富な海水の淡水化、あるいは海水希釈水等のかんがい利用法が貴重なかんがい水の有効利用として考えられる。特にCO₂等による地球の温暖化、その結果としての海水面の上昇が予測される21世紀において、海水の淡水化、得られた淡水の沙漠へのかんがい利用は海水面低下をもたらし、更に、緑に覆われたきれいな地球を作り出すであろう。この様な考えのもとで、本報告は低塩分濃度の希釈海水の野菜栽培へのかんがい利用によるハウレンソウの生育との関係を調べたものである。供試13品種の平均で塩分濃度1000ppmのかんがいでは節水かんがいに比較して約30%の収量の増加が見られた。これは海水中に多量に含まれるNa、Cl等のイオンはもちろんのこと他の多くの微量イオンがハウレンソウの生育に対して肥料効果を示したものと考えられる。2000ppmでは一部の品種で増収効果がみられたものの、平均ではほぼ淡水と同様であった。又、5000ppmでは塩分の高濃度障害のため、淡水の半分の収量であった。

表1.かんがい水中の塩分濃度とハウレンソウの生葉重(比数)

品 種	かんがい水中の塩分濃度 (ppm)			
	淡水	1000	2000	5000
1 おかめ	100	113	94	40
2 オーライ	100	92	85	24
3 グローリー	100	115	71	51
4 コマンチ	100	132	89	36
5 トライ	100	139	88	42
6 マナスル	100	112	130	71
7 ワンマン	100	163	138	74
8 バレード	100	109	85	48
9 バロック	100	168	90	55
10丸粒東海	100	134	99	25
11モンタナ	100	121	68	51
12リード	100	163	141	43
13ハーキュリー	100	163	99	91
平均	100	133	98	50

これらの実験は塩分集積を出来る限り避けるため砂質土が用いられ、又、作物体へのかんがい水の付着等を避けて、更に沙漠農業で一般に使用され、また節水型のかんがい法である点滴かんがいが使用された。土質、かんがい法によっても作物への塩水のかんがい効果は異なるであろう。

9014 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

沙漠緑化に関する研究を進める筆者らは、かんがい水の節約、有効利用を行う節水栽培を行っている。かんがい水の不足による沙漠では、得られる貴重なかんがい水が塩分を含んでいる場合が多い(遠山, 1979, 1980)。これらの塩分は海水とは組成が異なるにせよ約1000~2000ppm程度の塩分濃度である場合が多い。また、絶対的にかんがい水の不足による沙漠では、特に海岸沙漠においては海水の積極的なかんがい利用が成されるべきであろう。このため、本研究においてはハウレンソウを供試し、4段階の塩分濃度を持った希釈海水を点滴かんがいによって与え、収量に及ぼす影響を調べた。

ハウレンソウは、収量半減NaCl濃度が8000ppm(大沢, 1961)といわれ、比較的耐塩性が強く、低濃度のNaClかん水は収量を増すとも言われている。しかし、どの程度の塩分濃度に対して増収が期待できるのか、品種間に差はないのかということについては検討の必要がある。そこで、13品種のハウレンソウに、0、1000、2000及び5000ppmの4段階の塩分濃度の希釈海水をかん水して収量の差を調べようとした。

栽培作物にハウレンソウを選んだのは、全世界の食生活に欠くことのできない重要な野菜であること。保存や輸送に適さず、消費地近郊で周年栽培が望まれること。水ストレスを与えることにより、無機成分含量やシュウ酸含量に変化が生じるとの報告もあるが(渡辺他, 1987、1988)、果菜類ほど生産物の品質が問題にならず、効果の判断が容易であるからである。

加えるに、ハウレンソウの栽培に対して高温期は非常に難しい時期である。あえてこの時期を選んだことは、高温乾燥の沙漠の気象環境に出来る限り近似させるためである。また、我国においても高温期のハウレンソウは栽培が難しく、そのため値段が極めて高く、安定した栽培法の確立が求められているためである。

II 研究方法

①. 実験圃場

鳥取大学乾燥地研究センター内の砂地圃場に6 X 15 m南北棟ビニルパイプハウスを設置し、8月7日から9月21日まで45日間にわたりハウレンソウの栽培を行った。パイプハウスには被覆資材として紫外線カットフィルムのムラサキエース（三菱化成ビニル）とシルバー寒冷紗（クラレ）を重ね張りした。これらの重ね張り法はすでに遠山ら（1987a～e、1988）によって夏どりハウレンソウの生育、収量増に対して極めて有効である事が報告されている。

②. 実験区

水平レベルをとったパイプハウス内に1品種、1 X 1 m区画を設定し各塩分濃度とも13品種13区画を設けた（図1）。

③. 施肥

各区画ごとに表1に示す元肥を小型耕うん機を用いて均一に混合した。また、は種後31日目に大塚ハウス2号（液肥 Kg / 水 t、希釈液肥 3ℓ/m²）、39日目にスーパーグリーン（1.5Kg/t、3ℓ/m²）を追肥した。

④. 供試品種

アカザ科作物であるハウレンソウを用い、日長、病気などの気象条件の夏期栽培に適していると考えられる13品種を選出し表2に示した。

⑤. は種方法

種子は20時間流水に浸水し、その後15℃下で24時間催芽した。は種は深さ1.5cmに1ヶ所4粒まきとし、80点/m²で点播、覆土後掌で叩いて鎮圧した。

⑥. かんがい水及びかんがい方法

かんがい水の塩分濃度は、0、1000、2000及び5000ppmの4種とした。0ppmとは当乾燥地研究センター圃場内で一般に使用している地下湧水の淡水であり、正確には0ppmではないが便宜的に0ppmとした。又、1000ppmとは鳥取県栽培漁業センターから運搬した海水を上記の0ppm淡水を用いて35倍に希釈した希釈海水である。2000ppm、5000ppmも同様に17.5倍、7倍の希釈海水を指す。各かんがい水のEC値を表3に示した。4種の各かんがい水を1t貯水タンク内に調整し、エバフローD型（三井石化）点滴ホースにてかん水した。点滴ホースは各区画とも株間をはさむように20cm間隔に5本設置した。かん水量は、生育状況、気象状況から判断して随時決定した。

⑦. 栽培

8月7日には種し、は種後24日目に間引を行い、9月24日には種後45日目で収穫した。間引は各点4株を1株とし、5cm間隔で80株/m²とした。

は種前日にバシタック水和剤（1000倍、3ℓ/m²）、は種5日目にオーソサイド水和剤（800倍、2ℓ/m²）、28日目にバイジット乳剤（1000倍、2ℓ/m²）を如露で土壌の上面から散布した。又、32日目にデッパ-乳剤75（1500倍）を散布した。

⑧. 調査項目

a. 気象環境要素

実験ハウス内中央部において地上30cmの気温、地下10cmの地温、同様にハウス内の日射量、蒸発量を測定した。気温、地温は直接日光が当たらないように白金測温抵抗体（CHION）を所定の位置に設置し、打点式記録形（CHION）で連続自記した。日射量はネオ日射計（英弘精機産業）で測定し、積算値を打点式記録計で自記した。蒸発量は自記蒸発計（太田計器）を使用した。

b. かん水量

貯水タンクと点滴ホースの間に流量計を設置し（図1）、毎日の積算流量から1日のかん水量を算出した。

c. 生葉重

収穫時に、各区画ごとに中庸と考えられる10株を選出し、直ちに電子秤で生葉重を測定した。

d. 乾葉重

生葉重測定後のサンプルを通風乾燥機で、80℃、3日間乾燥し、電子秤で乾葉重を測定した。

Ⅲ 研究結果と考察

1. 気象環境

栽培期間中の気象環境を表4に示した。気温、地温については、ハウス内測定であるため高温であるが、栽培年は例年よりも比較的涼しい夏であった。かん水量はやや多い感じを受ける。しかし、これは砂地圃場での栽培には必要なかん水量であり（長谷部、1974）、生育状況、気象状況にあったかん水が行われていたと考える。

2. 生葉重

中庸10株当たりの生葉重を表5に示した。又、各品種の0ppmかん水区を100とした比数を表6に示した。品種による差があるものの、オーライを除く12品種で0ppmよりも100ppmかん水区の方が多収であった。マナスル、ワンマン、リードの3品種においては、

さらに2000ppm が30~40%多収であった。

表5において、区画ごとの条件が全て同じであったと仮定して、繰り返しのない二元配置分散分析を行い、F比を求めた。その結果、かんがい水濃度間は53.00、品種間は3.28で両要因とも1%水準で有意差が認められた。かんがい水濃度間の最小有意差(5%水準)は20.96で、1000ppmは他の3種のかんがい水よりも有意に多収であった。

以上の結果より、最大生葉重をもたらすかんがい水の最適水準は1000ppmであると言える。しかし、かんがい水の最適水準の1000ppmかんがい水のEC値は1.49mS/cmで、ハウレンソウに減収をもたらさないといわれているかんがい水のEC値1.3mS/cm(Ayers and Westcot, 1976)を越えている。さらに、2000ppmのEC値は2.55mS/cmあり、10%の減収をまねくかんがい水のEC値(2.2mS/cm)(Ayers and Westcot, 1976)を上回っている。

Ayers and Westcotによって報告されている各塩分濃度よりも、本実験で使用したかんがい水の塩分濃度よりも濃いにもかかわらず、しかも、ハウレンソウには適さない夏期栽培において0ppmよりも1000ppmが増収となっており、このことは希釈海水に何らかの増収効果があると考えられる。

各濃度のかんがい水別に収量が高かった品種から順に並べ、その順位を横軸にとり、生葉重を縦軸に取ったものが図2である。図中の直線は、各濃度のかんがい水における収量のばらつきを表わしている。即ち、傾きの絶対値が大きいほど各濃度処理内でのばらつきが大きいことを示している。

傾きの絶対値が最大のものは0ppmで-8.165である。次に1000ppmで-6.869、5000ppmが-5.442、2000ppmが-5.308となっている。この結果は希釈海水をかん水することにより収量における品種間差が大きくなることはなく、差が小さくなることを示している。

0ppmで多収になった品種が、他の濃度のかんがい水でも多収になっているのかどうかを知るために、かんがい水濃度間で単相関を求めた。その結果、0ppmと1000ppm間の相関係数は0.666で、5%水準で有意であった。即ち、0ppm区で多収の品種は、1000ppm区でも多収であった。しかし、その他のかんがい水濃度間では5%水準で有意さが認められなかった。

3. 乾葉重

中庸10株の乾葉重を表7に示した。又、各品種の0ppmかん水区を100とした比数を表8に示した。品種による差があるものの、オーライ、パレードを除く11品種で0ppmよりも1000ppmの方が多収であった。更に、マナスルにおいては2000ppmの方が1000ppmよりも多収であった。

表7において、区画ごとの諸条件が全て同じであったと仮定して、繰り返しのない二元配置分散分析を行い、F比を求めると、かんがい水濃度間は53.74、品種間は3.00で両要因とも1%水準で有意であった。かんがい水濃度間の最小有意差(5%水準)は1.41で、

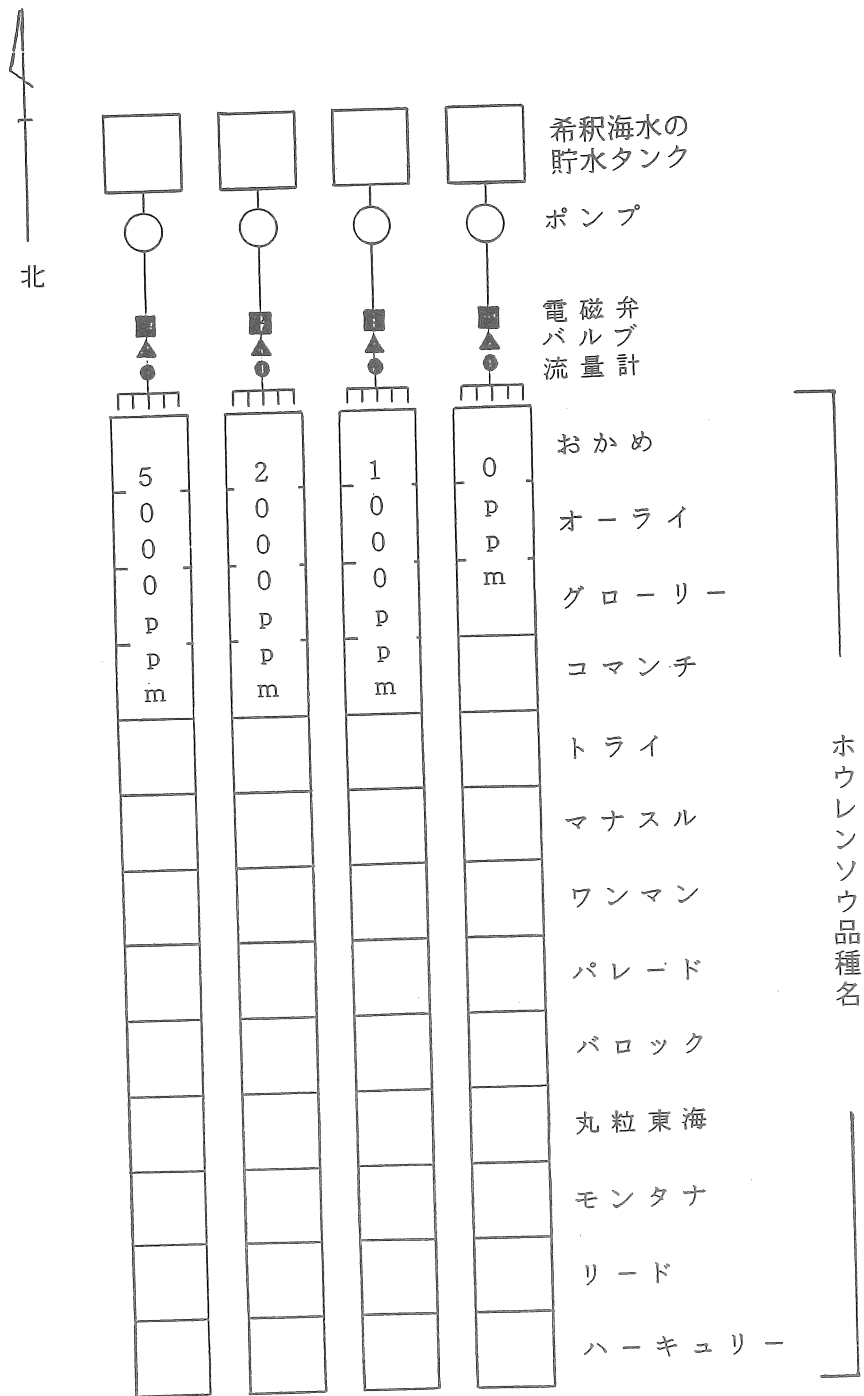
1000ppm は他の3種のかんがい水よりも有意に多収であった。逆に、5000ppm は他の3種のかんがい水よりも減収であった。以上の結果より、最大乾葉重をもたらすかんがい水の最適水準は1000ppm であると言えよう。

図3は各かんがい水別に収量が高かったものから順に並べ、その順位を横軸にとり、乾葉重を縦軸に取った図である。図中の直線は、各かんがい水別に回帰直線を当てはめたものである。図2と同様に、この直線の傾きは各区画内の乾葉重のばらつきを示している。傾きの絶対値は、0 ppm と1000ppm がほぼ同じ値で-0.502と-0.503、5000ppm が-0.419、2000ppm が-0.335となっている。即ち、0 ppm、1000ppm 両かん水による乾葉重の品種間のばらつきに差はなく、1000ppm が多収になることを示している。これらのことより、1000ppm 希釈海水は、ハウレンソウの特定品種に好影響を与えるのではなく、一部の例外を除くハウレンソウに多収をもたらすと言えよう。

一部減収になった品種もあったが、1000ppm の塩類を含む希釈海水をかん水することにより、増収になることが明らかになった。その割合は、生葉重の最高で68%増しとなっている。又、生葉重では、0 ppm で多収の品種が、1000ppm でも多収になる傾向があり、作期に適した品種に希釈海水をかん水することが、より増収につながると言えよう。

IV 今後の課題

本報告は、4段階の塩分濃度の希釈海水を点滴で13品種のハウレンソウに与え、ハウレンソウの品種別の生育、収量と塩分濃度との関係を調べた。その結果、1000ppm かんがい水区において13品種の平均で淡水の33%増収となった。特にバロック、ワンマン、ハーキュリーの3品種においては、63%も増収した。これらの結果から、低濃度の希釈海水はハウレンソウの収量を増加させることが明らかとなった。このため、今後はかんがい方法、作物の種類間の差異、高分子吸水性樹脂の効果、更に培地内への塩類集積などについて究明したい。このことは、かんがい水の不足する乾燥地、半乾燥地、特に海水の得られやすい海岸砂質沙漠での海水かんがいの実用化に対する貴重な資料となるであろう。また、爆発的に増加する人口に対する新規な食糧供給基地としての海岸砂質沙漠の重要性を認識させるものである。



6 × 15 m パイプハウス内

被覆資材：ムラサキエースとシルバー寒冷紗の重ね張り

図1. パイプハウス内の平面図

表1. 元肥施与量一覧表

肥料名	10a当たり	N	P	K
	(kg)			
活性バーク	2000	—	—	—
石灰	120	—	—	—
ミネラル	40	—	—	—
ダイヤアミノ555	200	10	10	10
C D U 555	80	12	12	12
ニトロパワー	40	6	4	5.2
合計		28	26	27.2

表2. 供試ホウレンソウ

品種	会社名
1. おかめ	(タキイ種苗)
2. オーライ	(タキイ種苗)
3. グローリー	(タキイ種苗)
4. コマンチ	(タキイ種苗)
5. トライ	(タキイ種苗)
6. マナスル	(タキイ種苗)
7. ワンマン	(タキイ種苗)
8. パレード	(サカタのタネ)
9. バロック	(サカタのタネ)
10. 丸粒東海	(サカタのタネ)
11. モンタナ	(サカタのタネ)
12. リード	(サカタのタネ)
13. ハーキュリー	(東北種苗)

表3. 各かんがい水のEC値

	0 ppm	1000 ppm	2000 ppm	5000 ppm
EC値 ($\mu S / cm$)	132	1488	2550	5743

表4. 栽培期間中の気象条件

環境要素	積算	平均
最高気温 (°C)	1469.5	32.0
最低気温 (°C)	990.4	21.5
平均気温 (°C)	1230.0	26.7
最高地温 (°C)	1297.6	28.2
最低地温 (°C)	1098.2	23.9
平均地温 (°C)	1197.9	26.0
日射量 (MJ/m^2)	269.4	5.9
蒸発量 (mm)	87.9	1.9
かん水量 (l/m^2)	326.2	7.4

表5. 供試品種の生葉重収量比較 (g/10株)

	かんがい水濃度 (ppm)				平均
	0	1000	2000	5000	
1 おかめ	118.5	133.8	111.8	46.9	102.75
2 オーライ	183.7	168.2	155.5	44.9	138.08
3 グローリー	190.1	218.3	135.7	97.3	160.35
4 コマンチ	124.5	164.2	110.5	44.7	110.98
5 トライ	159.6	221.9	140.1	67.3	147.23
6 マナスル	116.5	130.6	151.0	82.7	120.20
7 ワンマン	96.0	156.9	132.6	70.8	114.08
8 パレード	137.4	149.3	116.8	65.8	117.33
9 パロック	99.7	167.3	90.2	54.8	103.00
10 丸粒東海	129.6	174.3	128.0	32.1	116.00
11 モンタナ	135.1	162.8	91.3	69.4	114.65
12 リード	79.3	129.5	111.9	34.2	88.73
13 ハーキュリー	105.8	172.0	104.5	96.6	119.73
平均	128.91	165.32	121.53	62.12	119.47

表6. 供試品種の生葉重収量比較 (対 0ppm 比数)

		かんがい水濃度 (ppm)			
		0	1000	2000	5000
1	おかめ	100	113	94	40
2	オーライ	100	92	85	24
3	グローリー	100	115	71	51
4	コマンチ	100	132	89	36
5	トライ	100	139	88	42
6	マナスル	100	112	130	71
7	ワンマン	100	163	138	74
8	パレード	100	109	85	48
9	パロック	100	168	90	55
10	丸粒東海	100	134	99	25
11	モンタナ	100	121	68	51
12	リード	100	163	141	43
13	ハーキュリー	100	163	99	91
平均		100.0	132.5	98.2	50.1

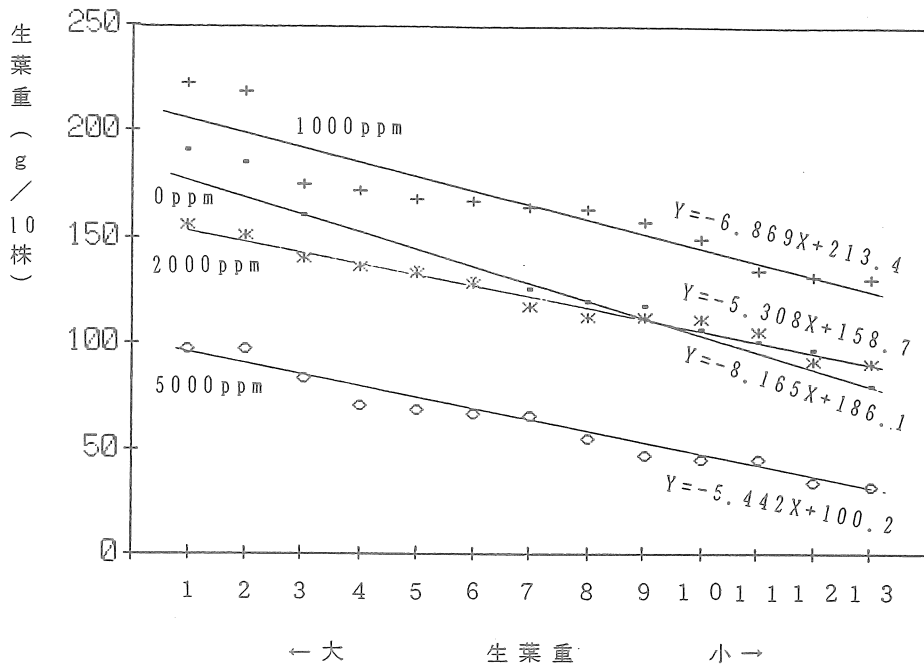


図2. 収量順位と生葉重との直線回帰

表7. 供試品種の乾葉重収量比較 (g/10株)

	かんがい水濃度 (ppm)				平均
	0	1000	2000	5000	
1 おかめ	9.5	11.1	9.0	4.3	8.48
2 オーライ	13.4	11.7	10.4	3.8	9.83
3 グローリー	12.6	15.8	10.5	7.8	11.68
4 コマンチ	5.6	12.3	7.7	3.6	8.05
5 トライ	11.3	16.5	10.0	5.8	10.90
6 マナスル	9.0	10.2	10.7	6.6	9.13
7 ワンマン	7.9	12.4	9.3	5.5	8.78
8 パレード	10.8	10.1	8.1	5.4	8.60
9 バロック	9.9	12.6	6.8	4.5	8.45
10 丸粒東海	7.6	13.1	9.3	2.6	8.15
11 モンタナ	10.2	12.4	7.0	5.6	8.80
12 リード	6.5	9.0	8.5	2.8	6.70
13 ハーキュリー	8.4	11.9	8.0	7.5	8.95
平均	9.67	12.24	8.87	5.06	8.96

表8. 供試品種の乾葉重収量比較 (g/10株)

	かんがい水濃度 (ppm)			
	0	1000	2000	5000
1 おかめ	100	117	95	45
2 オーライ	100	87	78	28
3 グローリー	100	125	83	62
4 コマンチ	100	143	90	42
5 トライ	100	146	88	51
6 マナスル	100	113	119	73
7 ワンマン	100	157	118	70
8 パレード	100	94	75	50
9 バロック	100	127	69	45
10 丸粒東海	100	172	122	34
11 モンタナ	100	122	69	55
12 リード	100	138	131	43
13 ハーキュリー	100	142	95	89
平均	100.0	129.5	94.7	53.0

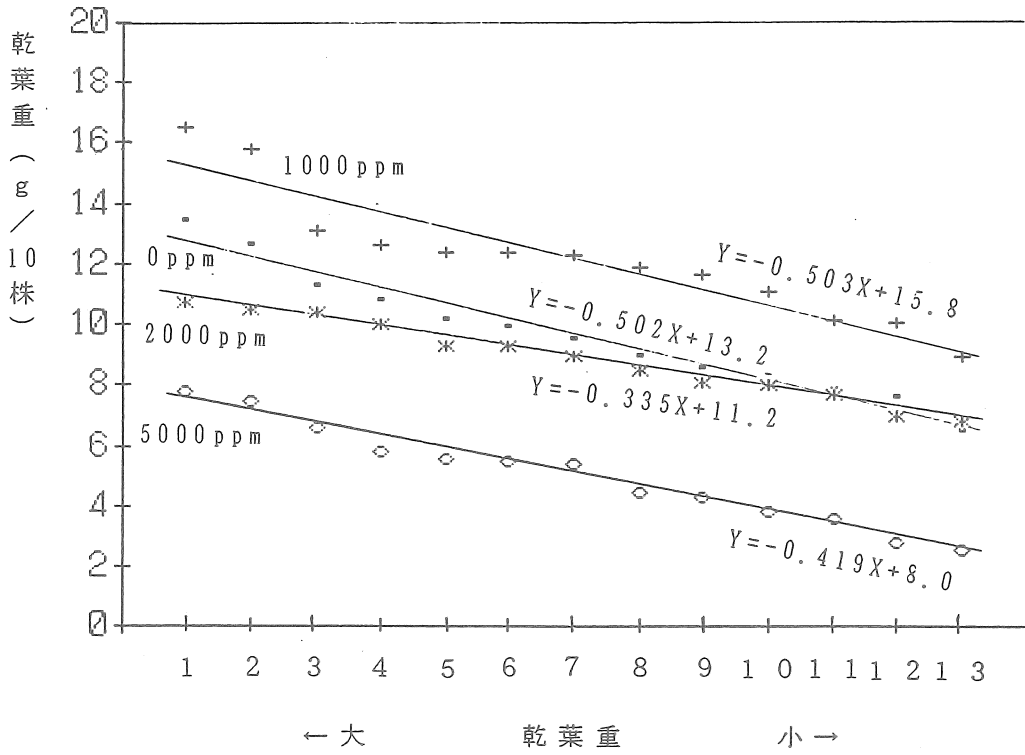


図3. 収量順位と乾葉重との直線回帰

○ 引用文献

1. 遠山 枉雄. 1979. イランにおける水温と水質. 鳥取大学砂丘研報, 18:17-26
2. 遠山 枉雄. 1980. 下エジプト地域におけるかんがい水の電気伝導度. 鳥取大学砂丘研報, 19:9-15
3. 大沢 孝也. 1961. 砂耕による蔬菜の耐塩性に関する研究 (第2報). 園芸雑, 30(1): 48-56
4. 渡邊 幸雄・米山 昌美・嶋田 典司. 1987. ホウレンソウの糖のビタミンCおよびシュウ酸含量に及ぼす水ストレス処理の影響. 土肥誌, 58(4):427-432
5. 渡邊 幸雄・志和 信一・嶋田 典司. 1988. 水耕ホウレンソウのアスコルビン酸, 糖, 硝酸およびシュウ酸含量に及ぼす間断給液の影響. 土肥誌, 59(6):563-567
6. 遠山 枉雄・竹内 芳親・中西 保太郎・山田 強. 1987a. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第1報). 鳥取大砂丘研報, 26:39-48
7. 遠山 枉雄・竹内 芳親・山田 強・中西 保太郎. 1987b. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第2報). 鳥取大砂丘研報, 26:49-57
8. 遠山 枉雄・竹内 芳親・中西 保太郎・山田 強. 1987c. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第3報). 鳥取大砂丘研報, 26:59-66
9. 遠山 枉雄・竹内 芳親・中西 保太郎・山田 強. 1987d. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第4報). 砂丘研究, 34:1-5
10. 遠山 枉雄・竹内 芳親・中西 保太郎・山田 強. 1987e. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第5報). 砂丘研究, 34:6-15
11. 遠山 枉雄・竹内 芳親・山田 強・留森 寿士. 1988. 夏どりホウレンソウに関する研究 (第6報). 砂丘研究, 35(2):103-125

12. 長谷部次郎. 1974. 砂丘土壤の水管理. 砂丘研究, 21(1):46-49
13. Ayers, R. S. and Westcot, D. W. . 1976. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 FAO

Utilizing Sea Water, as a Source of Nutrition,
for Farm Products Cultivation (Report 1)
Comparison of Variety of Spinach and Density
of Diluted Sea Water

TOYAMA MASAO (Tottori University, Arid Land Research Center)

Arid desert areas are so vast that domain 1/4 to 1/3 of the global land, which remain as the largest of all non-utilized lands. Furthermore, the desertification is progressing year by year that the increased size of desert area in five years time is just as great as the size of our home land (Japan).

Insufficient amount of rainfall causes shortage of irrigation water in desert, and moreover, this scarcely acquired, valuable water generally contains inorganic salts. In irrigation agriculture, salt containing rain on a cultivated land together with great evaporation will result in salt accumulation. Therefore, avoidance of salt build-up is one of the important subjects.

However irrigation farming can bring in remarkably increased harvest compared to dry farming. Therefore, the balance and cooperative interaction salt build-up is extremely important.

Concerning above points, it is advisable to practice irrigation farming with both the open ditch drainage and the underground drainage. However, in reality, there are difficulties to install them in each and every one of the experimental farms for an economic reason.

However, under the present circumstance, there are no appropriate means for final disposition of leached drainage. On the other hand, by utilizing the dune of coast desert, irrigation of fresh-waterized, ever bountiful, sea water and/or irrigation of diluted sea water are thought to be effective ways of utilizing ever precious irrigation water.

Fresh-waterization of sea water and its use for desert irrigation will result in decreased level of the sea surface, which is predicted to rise, in the global warming caused by increased CO₂, at the same time producing a clean, verdure covered earth.

Based on the thoughts above, presented here is the report of the study of comparison in growth of 13 varieties of spinach, irrigated by diluted, low salt density sea water.

Average harvest of all 13 varieties at irrigation of 1000ppm of salt density compared to fresh water irrigation was increased by about 30%. This could be the result of fertilizer effect by various sorts of ions, such as Na and Cl which are contained in sea water. At 2000ppm, though increased harvests were shown in some types, the average harvest was about as good as that of fresh water harvest. At 5000ppm, the harvest was decreased to half that of the fresh water caused by the high salt density damages. In order to avoid salt build-up, sandy soil was used for these studies. Dripping, which is conservative and popular among desert farming, was applied as a method of irrigation to avoid direct contact of irrigation water to the crop.

The effects of salt water irrigation may differ on each crop according to the methods of irrigation and the characteristics of soil.