

塩類集積防止に関する研究 (第2報)

灌水除塩の方法と除塩効果

水田 昌宏・浅野 亨

Studies on the Prevention of Accumulative Salt 2.

A measure of desalting by watering method and the effect of desalting

Masahiro MIZUTA and Tooru ASANO

緒 言

被覆下栽培において、施設の周年利用により集約的多肥栽培の傾向に伴う、可溶性塩類の残存、表層土壌への集積が生産障害の原因の一つにあげられている。

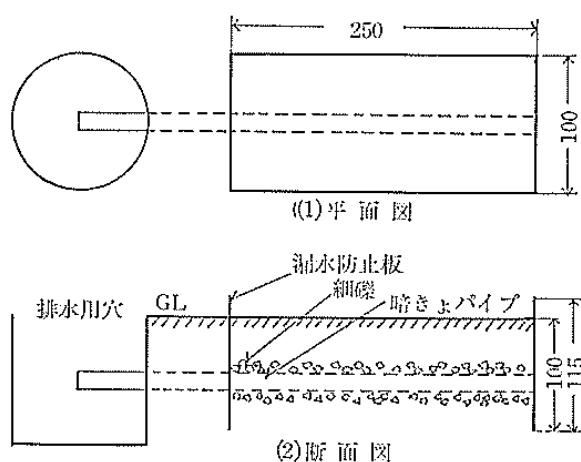
この塩類集積の防止には、佐藤⁶⁾、篠崎⁷⁾、景山ら¹⁾、が示す肥培管理の適正化、土壌の物理性の改善、等が必要であろうが、実際塩類集積が著しく、除塩が必要となった場合の容易かつ効果的の対策が考えられている。景山ら³⁾⁴⁾は、表層土壌の交換、天地返し、溢流灌水、多量灌水、等による除塩を検討を加え、実施にあたってその条件、方法にいくつかの問題点を指摘している。また、嶋田ら⁸⁾も灌水による除塩を報告しており、西本ら⁹⁾も前報において灌水除塩、特に暗きよによる除塩の効率および除塩後の塩類の再集積、等の基礎的研究の結果について報告した。

そこで、筆者らは、前報のような裸地状態で硝酸カルシウムを表層土壌へ施用し、その後すぐに灌水除塩を行なった方法と異なり、本報では、実際に施設内で作物を栽培し、その跡地土壌に集積した塩類の暗きよ埋設による効率的な除塩効果について実験した結果を報告する。

実験材料および方法

80m² のパンライトハウス内に、地上部 15cm、地下部 100cm を塩化ビニールの漏水防止板で囲った 2.5m² (1m×2.5m) の地割りを設け、それに暗きよとしてそれぞれ深さ 30cm に 1 本、50cm に 1 本、50cm に 2 本の塩化ビニール製のパイプ (直径 50mm、1m の間に直径 5mm の穴が 96 個あるもの) を埋設した暗きよ排水区 (第 1 図) 3 地割りと、暗きよパイプを埋設しない浸透区 2 地割りをもうけた。

暗きよ埋設区と浸透区の 1 区に稲ワラ堆肥 (10a 当り 4t)、他の浸透区に C/N 率 46% オガクズ堆肥 (10a 当



第 1 図 暗きよ埋設図 (単位: cm)

り 3t) を施用し、昭和 46 年 8 月 18 日に第 1 作のナス (千成) を 1 区 5 本定植し、翌年 1 月 11 日まで栽培を行なった。なを全施肥量は CDU 化成を N 成分で 10a 当り 25kg を元肥とし、追肥として尿素複合液肥を N 成分 10a 当り 75kg 施用した。

第 1 作終了後、1 区 100mm×2 回の 200mm 灌水による除塩 (2 月 1 日、2 月 8 日) を行なった。各灌水処理前後に、土壌を表層から 60cm まで 4 層にわけて採取し、硝酸態窒素を蒸留法により測定した。また暗きよ区、浸透区とも灌水処理開始時から地表水の浸透が終了するまでの浸透時間を測定した。同時に暗きよ区では、パイプより流出する全排水液を採取し、排出所要時間、排水量、および排水中の硝酸態窒素の含有量、等の測定を行なった。

第 2 作の作付け前に、第 1 作と同様に、暗きよ埋設区と浸透区の 1 区に稲ワラ堆肥 (10a 当り 4t)、他の浸透区にオガクズ堆肥 (10a 当り 4t) を施用し、昭和 47 年 8 月 30 日に 2 作目のトマト (FTVR-12) を 1 区 16 本定植し、12 月 7 日まで栽培した。全施肥量は元肥として

CDU 化成をN成分で10 a 当り20kg, 追肥として尿素複合液肥をN成分で10 a 当り10kg施用した。

第2作終了後, 1区200mm 灌水(1月18日)による除塩を行なった。測定は前回の灌水処理と同様に行なつた。また除塩後, 処理区を放置し, その間, 表層(0—10cm)とその下層(15—25cm)の土壌を数回にわたり採取し, その硝酸態窒素, 置換性カルシウム, 置換性カリ, 等を測定した。

実験結果

作物栽培中は, 灌水されることによつて土壌層(0—10cm)への硝酸態窒素の極端な分布は見られなかつたが, 作付を終了し, 1カ月前後放置すると表層への集積が著しく, 100g 乾土当り40mg から60mg もの含有量を示したのに対し, 15cm 以下の下層の分布はきわめて少なく, ほとんどが100g 乾土当り5mg以下であつた。

かかる状況下で灌水除塩を行なつたが, 第1表に示したとおり, いづれの灌水処理においても浸透区は暗きよ

区の2—4倍の浸透時間を要し, 暗きよ埋設による著しい透水性の増加を示した。また, 浸透時間, 排水時間とも暗きよ埋設の深さよりも本数によつて短縮される傾向を示した。なを, 100mm × 2回の200mm 灌水処理において, 第1回灌水処理の浸透時間および排水時間が, 土壌の苦しい乾燥による地割れ等の間隙のため極端に短かつた。

排水量, 排塩量は第2表に示した様に100mm × 2回の200mm 灌水処理においては, 暗きよが深く, 本数の多い方が増加の傾向を示しているが, 200mm 灌水処理では処理時の地下水水位が地表下55cm 前後と比較的高かつたため, 暗きよ下への浸透がおさえられ, 暗きよへの集水が多くなり区間の差が明確に現れなかつた。

表層土壌からの除塩効果は, 第3表, 第4表に示したとおり, 両灌水処理とも浸透区, 特にオガクズ堆肥施用区が大きい。灌水処理方法による差は大きくないが, 暗きよ区において50cm 2本区を除き, 200mm を2回に分けて灌水処理した方がわずかに除塩率が高かつた。暗き

第1表 灌水液の浸透時間および排水時間

	200mm 灌水 (100mm × 2回)				200mm 灌水	
	第1回灌水		第2回灌水		浸透時間	排水時間
	浸透時間	排水時間	浸透時間	排水時間		
暗きよ 30cm	16分	27分	2時間01分	2時間43分	1時間07分	2時間10分
暗きよ 50cm	17	36	1 14	2 29	1 06	2 09
暗きよ 50cm 2本	08	15	1 25	2 15	29	1 57
浸透(稲ワラ堆肥)	27		3 30		4 31	
浸透(オガクズ堆肥)	28		4 48		3 53	

第2表 暗きよの排水量および排塩量

			排水量	排水率	排塩量 (NO ₃ -N)
暗きよ 30cm	①	381	15.2%	19.13g	
	②	107	42.8	29.84	
200mm 灌水 (100mm × 2回)	暗きよ 50cm	①	19	7.6	9.42
		②	164	65.6	33.36
暗きよ 50cm 2本	①	92	36.8	28.37	
	②	202	80.8	42.96	
200mm 灌水	暗きよ 30cm		437	87.4	75.62
	暗きよ 50cm		425	85.0	63.07
	暗きよ 50cm 2本		436	87.2	53.59

注) 排水率 = 排水量 / 灌水量 × 100 (%)

200mm 灌水 (100mm × 2回) の第1回灌水液の NO₃-N 含有量は 2.6mg/l,

第2回灌水液は1.5mg/l, 200mm 灌水液は1.4mg/l,

表中①は第1回灌水, ②は第2回灌水。

第3表 灌水前および直後土壌の NO₃-N 含有量

層位 cm	暗きよ30cm 暗きよ50cm 暗きよ50cm 2本 浸透(稲ワラ堆肥) 浸透(オガクズ堆肥)						
	mg/100g D.S						
200mm 灌水 (100mm × 2回)	0—10	①	52.77	59.55	58.79	55.26	55.38
		①'	14.94	17.39	21.34	24.87	19.25
		②	25.12	26.97	28.09	26.03	19.75
		②'	10.19	9.68	13.37	9.46	3.83
	15—25	①	5.19	3.84	3.20	5.31	6.09
		①'	11.46	7.75	4.86	8.72	14.13
		②	9.84	8.41	5.16	9.73	13.54
		②'	11.80	8.12	7.78	7.13	8.62
	30—40	①	2.07	2.86	2.15	3.45	1.87
		①'	3.73	3.52	1.59	2.44	5.19
		②	4.86	3.88	2.02	3.51	5.63
		②'	4.86	4.94	1.20	4.82	7.07
50—60	①	3.51	3.02	3.78	4.25	3.29	
	①'	2.90	3.71	1.59	2.61	4.70	
	②	3.62	1.96	1.55	3.42	5.50	
	②'	4.35	2.82	1.42	4.28	5.19	
200mm 灌水	0—10	1	45.21	37.96	36.57	41.71	39.77
		2	12.23	8.02	8.15	6.90	2.99
	15—25	1	4.56	1.99	1.36	2.40	1.05
		2	5.66	4.63	2.67	6.04	4.64
	30—40	1	1.74	2.11	0.78	2.33	0.87
		2	3.14	1.99	1.48	3.67	0.99
	50—60	1	0.98	1.09	1.92	0.77	1.89
		2	1.31	1.90	0.49	4.41	4.13

注) ①, ②', 第1回灌水処理前および直後土壌, ②, ②', 第2回灌水処理前および直後土壌,
1, 灌水処理前土壌, 2, 灌水処理後土壌.

第4表 灌水処理別除塩率

	200mm 灌水 (100mm × 2回)		200mm 灌水
	第1回 灌水	第2回 灌水	
暗きよ 30cm	71.8%	80.7%	72.9%
暗きよ 50cm	70.8	83.7	78.9
暗きよ 50cm 2本	63.8	77.3	77.7
浸透(稲ワラ堆肥)	55.0	82.9	83.6
浸透(オガクズ堆肥)	65.2	93.7	92.5

注) 表層(0—10cm)土壌の NO₃-N 含有量の灌水処理前土壌—灌水処理後土壌 / 灌水処理前土壌 × 100(%) 200mm 灌水(100mm × 2回)の第1回灌水, 第2回灌水の除塩率は, ともに第1回灌水処理前土壌を100としたもの.

よの埋設の仕方では50cm 1本区がやや効果が大いようであった.

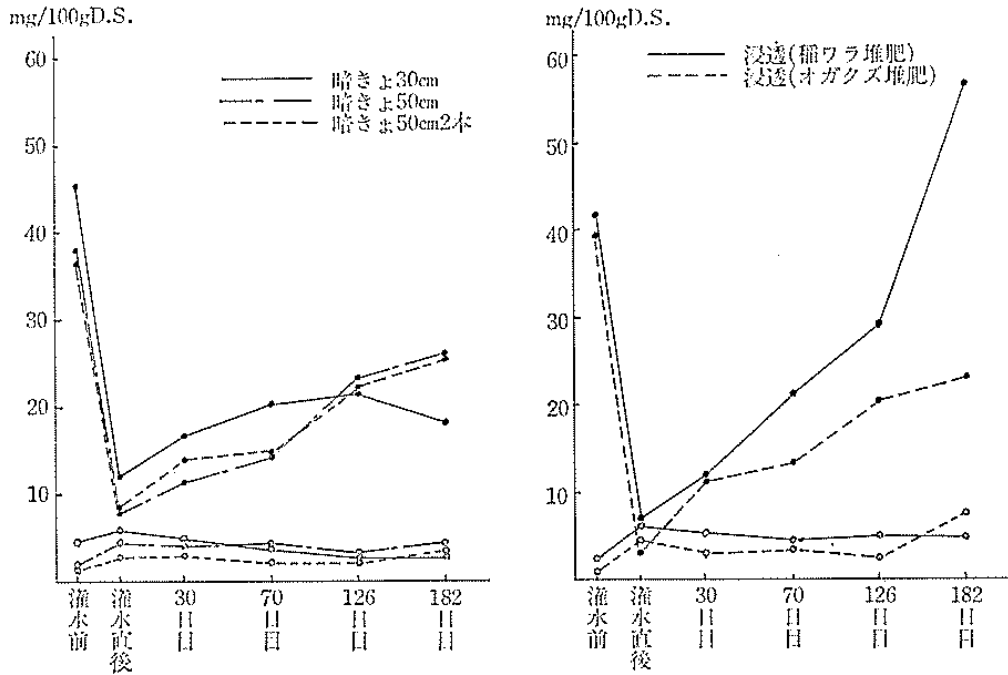
また, 浸透区では両灌水処理後とも, 下層土の硝酸態窒素の含有量が暗きよ区に比べて多くなった.

除塩後2カ月程で表層の硝酸態窒素の含有量に, 暗き

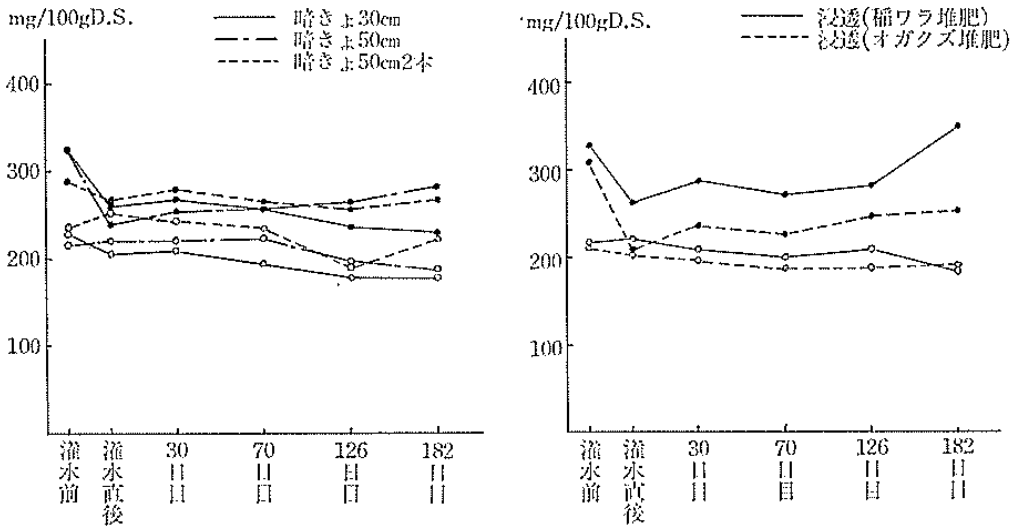
よ区と浸透・稲ワラ堆肥施用区との間に差が現われ, 約4カ月で浸透・稲ワラ堆肥施用区は処理前土と変らぬ含有量を示した. またそれ以後も増加の傾向を示した. しかし浸透・オガクズ堆肥施用区は表層への再集積が少なく, 暗きよ区とほとんど同じ含有量で経過した(第2図).

置換性カルシウムは第3図に示した通り, 200mm 灌水で暗きよ30cm, 50cm区で100g 乾土当り70mg前後, 50cm 2本で20mg程度, 浸透・稲ワラ堆肥施用区で約60mg, 浸透・オガクズ堆肥施用で100mg 前後が除塩された. その後の再集積も硝酸態窒素と同様の傾向を示し, 暗きよ区および浸透・オガクズ堆肥施用区で少く, 浸透・稲ワラ堆肥施用区で著しかった.

置換性カリウムは第4図に示した様に, 暗きよ50cm 区でわずかに100g 乾土当り15mgの減少が見られた外は, ほとんどが除塩されず, むしろ増加する区も見られた. これは排水液の排塩量が暗きよ30cm 区で K₂O で15.64g, 暗きよ50cm 区で9.37g, 暗きよ50cm 2本区で9.19gと硝酸態窒素に比べ著しく少なくなつて



第 2 図 土壌の NO₃-N の経時変化
 注) ●は表層(0—10cm), ○は下層(15—25cm)



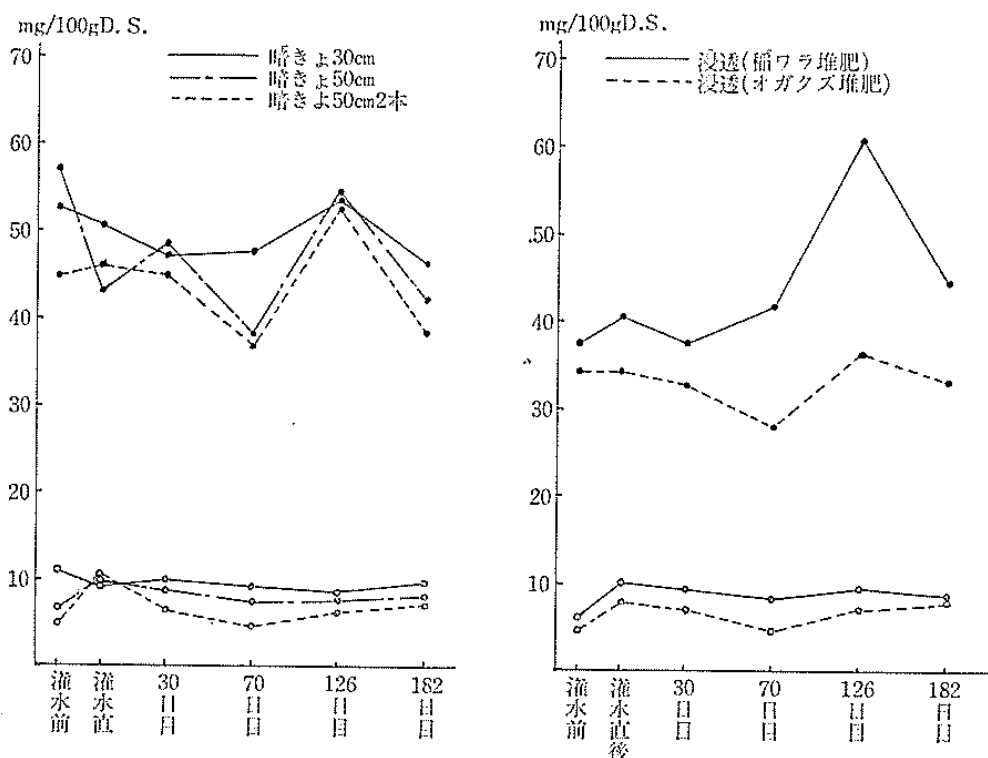
第 3 図 土壌の置換性 CaO の経時変化
 注) ●は表層(0—10cm), ○は下層(15—25cm)

いることでも明らかである。なを、灌水中のカリウムは 1.47mg/l であった。また硝酸態窒素の再集積のような、暗きよ区と浸透・稲ワラ堆肥施用区との差もはつきり認められず、その推移状況も異なつた、しかし、暗きよ全区、浸透・稲ワラ堆肥施用区に比べ浸透・オガクズ堆肥施用区の含有量は少なく経過していた。なお置換性カリウムは硝酸態窒素と同様、(0—10cm)で 100g 乾土当り 40~60mg、下層(15~25cm)で 10mg 以下で、

表層への分布が著しい。

考 察

灌水除塩においては、景山ら⁴⁾が示すように、土壌の透水性が良好で多少の表層土壌の乾燥によつては再集積されない程度地下深く塩類を浸透させるか、あるいは、塩類の溶液が何らかの形で施設外へ除去されてしまうことが必要である。この点で、暗きよの埋設による透水性



第4図 土壌の置換性 K_2O の経時変化
注) ●は表層(0—10cm), ○は下層(15—25cm)

の増加と塩類溶液の施設外への除去により、除塩の効果が高くなることは容易に想像できる。

第4表から、透水性と除塩率の関係をみると、100mm × 2回の200mm 灌水の第1回灌水では透水性の良い暗きよ区が高く、透水性の悪い浸透区が低い傾向を示している。ここでは、土壌が乾燥していたうえに灌水量が少なく浸透水の塩類濃度が高かったとみられる。この条件下では、暗きよ区のように透水性が良く浸透時間が短い場合、寺沢⁹⁾が示した土壌の水分系における塩類移動の2つの機作の1つである携動作用(Convection)が主に働き除塩率を高めたとみられる。これに対し浸透区のように、浸透時間は暗きよ区に比べれば長い、その後の第2回灌水、および200mm 灌水の浸透区に比べるときわめて短かく、携動作用もあまり大きくならず、もう1つの機作である拡散作用(Diffusion)も少なく除塩率が高くなかなかつたと思われる。

これとは反対に、100mm × 2回の200mm 灌水の第2回灌水、および200mm 灌水では、むしろ透水性の悪い方が除塩率が高くなっている。これは第2回灌水においては表層土壌の塩類含有量が第1回灌水により少なくなっていたこと、200mm-灌水においては灌水を1回にまとめて行なつたことから、浸透水の塩類濃度が低くなつたとみられる。この条件下では、透水性の良い暗きよ区

のように浸透時間が比較的短い場合、携動作用は比較的大きいが、拡散作用はおさえられ除塩率が高くなかなかつたと思われる。これに対し浸透区のように浸透時間が著しく長く、透水性が悪い場合、携動作用は小さくなるが、拡散作用が大きくなり、これが主に働き除塩率を高めたと考えられる。特に浸透・オガクズ堆肥施用区では、分解が遅く表層の透水性が良く、拡散作用と携動作用の相乗効果により、より除塩率が高くなつたと思われる。

以上のことは、どの灌水処理時においても暗きよを50cmに2本入れ透水性を増加させたものの効果が上がらなかつたことも説明される。すなわち、この区では透水性がきわめて良く浸透時間が短かく、携動作用は他の暗きよ区に比べ大きい、拡散作用がきわめて小さく効果があがらなかつたと考えられる。

また、灌水方法の違いによる除塩率の差は、景山⁴⁾は砂土のような透水性の良好な条件下では灌水を2回以上に分けた方が、透水性が悪い場合は1度に灌水した方が良いとしているが、透水性の良い暗きよ区の30cmおよび50cm区でわずかに2回に分けた灌水法の方が高かつたが、50cm 2本区では差がなく、浸透区でもあまり差は見られなかつた。

しかし、浸透区では透水性がきわめて悪く、浸透する

溶液中の塩類が再び下層に吸着、保持され、また、流動性の少ない地下水中に留まることになる。これが土面蒸発に伴い、地下からの毛管水により塩類が上昇し表層への再集積が著しい。しかし、オガクズ堆肥施用区は、表層の土壤孔隙が多く毛管水が切断される、またオガクズ堆肥の分解に窒素が消費されたこともあり再集積が少なかつたと考えられる。

置換性カルシウムも硝酸態窒素とはほぼ同様の傾向を示した。これは表層付近で硝酸カルシウムの形で存在するものが多く除塩されるものと思われる。しかし置換性カリウムは灌水により除塩効果は見られなかつた。これは施設内土壌表層の置換性カリウムの約30%前後が水溶性で、灌水によりこの8割程度が除塩されたとしても、その率は硝酸態窒素に比べ低いものである。また、土壤水分の急激な変化により非置換性となり土壌に固定されていたカリウムの置換性への移行、置換性の水溶性への移行、等の変化により、除塩および再集積に明確な傾向を示さなかつたと考えられる。

以上、暗きよ埋設による灌水除塩の方法、効果をまとめると、カリウムなど硝酸態窒素以外の塩類に対してはまだ検討の余地はあるが、除塩効果をあげるには、前報からも200mm以上の灌水が必要である。これを2回に分けても効果に大きな差は認められない。この灌水量では暗きよの深さは50cm程度が良く、本数を多くし透水性をむやみに増してもかえって効果は減少する。表層の灌水直後の除塩率だけを取れば、浸透時間の長い浸透区の効果は大きい。暗きよにより施設外への塩類溶液の除去、および透水性の増加に伴う下層土からの効率的な除塩が可能となり、その後の塩類再集積が軽減されること等から暗きよ埋設による除塩効果は大きいと考える。

また、分解の遅い有機質資材の作土への投入も除塩、その後の再集積軽減に効果があつた。

摘 要

施設栽培における塩類集積対策としての暗きよ埋設による灌水除塩法の効果を検討した結果は次の通りである。

1. 200mmの灌水では、これを1回に全量灌水しても、2回に分けても除塩効果に大きな差がなかつた。
2. 灌水量が多い場合、灌水液の浸透時間の長い方が除塩効果が大きかつた。
3. 暗きよ埋設により、土壌の透水性が増し、表層か

ら除塩された塩類が下層土壌に吸着、保持されることなく施設外へ除去され、除塩効果を増し、その後の塩類の再集積も軽減された。

4. 暗きよ本数を多くして、ただ透水性をむやみに増加させても除塩効果は減少した。

5. 比較的分解の遅い資材の投入により表層の透水性が増加し、除塩効果を高めた。また、その後の塩類の再集積も、毛管水の切断、分解時の窒素の消費、等のため軽減された。

6. カルシウムに対する灌水除塩はある程度効果が見られた。

7. カリウムに対する灌水除塩はほとんど効果が見られなかつた。

灌水除塩には、塩類溶液の施設外への除去、下層土の効率的な除塩のために暗きよの埋設が必要であり、またその効果はきわめて大きい。

引用文献

1. 景山美葵陽・正木 敬：1966. 被覆下そ菜園土壌の生産力低下防止に関する研究(I). 土壌の可溶性塩類濃度とそ菜作物の生育との関係について. 園試報 B6 : 65—112.
2. _____・_____：1968. 同上(III). 土壌における可溶性塩類の動態について. 園試報 B8 : 27—42.
3. _____・_____・片井政一：1968. 同上(IV). 土壌中の可溶性塩類の除去に関する試験1. 園試報 B : 43—77.
4. _____・_____：1970. 同上(VI). 土壌中の可溶性塩類の除去に関する試験2. 園試報 B10 : 91—112.
5. 西本 弘・水田昌宏：1972. 塩類集積防止に関する研究(I). 灌水除塩の基礎的研究. 奈良農試報, 4 : 67—73.
6. 佐藤吉之助・錦古里孝夫：1966. ハウス栽培における合理的施肥法. 農及園, 413 : 67—70.
7. 篠崎光夫・岩崎洋三・巖川浩一：1970. ビニールハウス土壌の塩類集積に関する研究. 神奈川農試報, 108 : 1—18.
8. 嶋田永生：1964. ハウス内土壌の塩類蓄積の害と対策. 農及園39 (3) : 103—104.
9. 寺沢四郎：1963. 畑土壌の水分の運動に関する研究. 農技研報 B13 : 1—115.

Summary

Desalting by watering as a measure for accumulation salt in greenhouse culture and the condition of the reaccumulative salt after that were studied and the results obtained were as follows.

1. There was no large change in the desalting effect irrespective of whether the entire quantity of 200 mm of water was irrigated at one time or when divided into 2 portions.

2. In case of a large quantity of irrigation water, the desalting effect was larger the longer the percolation time of the irrigation water.

3. Water permeability of the soil increased by burying underdrain and discharging the salt removed from the surface soil outside the facility without being absorbed and preserved in the subsoil so that the desalting effect increased and subsequent reaccumulation of salt decreased.

4. There is no large increase in the desalting effect even if water permeability is increased by increasing the number of underdrains.

5. Water permeability of the surface soil and the desalting effect increased by placing on it organic matters whose disintegration is relatively slow.

Also, subsequent reaccumulation of salt decreased by curtting off capillary water and by nitrogen fixation.

6. Desalting by watering was effective to some extent for calcium.

7. Almost no desalting effect was observed by watering in the case of potassium.

Burial of underdrain is necessary for removing salt solutions outside the facility and effective removal from the subsoil in desalting by watering and the effect of this is large.