

塩類集積防止に関する研究(第1報)

灌水除塩の基礎的研究

西本 弘・水田 昌宏

A Study on the Prevention of Accumulative Salt 1.

A fundamental study on desalting by watering method

Hiroshi NISHIMOTO and Masahiro MIZUTA

緒 言

近年、野菜の栽培が施設化してくるにしたがい、従来の露地栽培と異なり塩類濃度障害、生理障害などいろいろな生産障害が問題となつてきている。とくに、不合理な土壤管理や施肥が原因となつている障害が多くみられる。

露地栽培では多量の施肥を行つても肥料成分は降雨によつて拡散、流亡し跡作に影響をあたえるようなことは少なかつた。しかし、ガラス室やビニールハウスなどの被覆下栽培では、肥料成分が残存、集積して土壤中の可溶性塩類(おもに $\text{NO}_3\text{-N}$)濃度が高まり、これが被覆下栽培での生育障害の原因の一つになつている。

このような生産障害を防ぐには、跡地土壤の窒素含有量を測定しその値によつて跡作野菜の施肥量、施肥法を決定する、また、集積した塩類が多量の場合には、表土の除去、灌水による除塩、深耕による土壤の平均化などの方法が考えられる。このような集積された塩類の除去に関しては、蟻川¹⁾らは、ハウス土壤の湛水除塩について、景山ら²⁾は、土壤中の可溶性塩類の除去について、嶋田ら³⁾は、ハウス内土壤の塩類蓄積の害と対策について、の研究結果を報告しているが、筆者らは、集積した塩類を灌水によつて除去する方法および暗きよによる効率のよい除塩法について検討した結果を報告する。

実験 I 灌水量および灌水回数と除塩効果

実験材料および方法

実験に用いた材料は、2000分の1 a のワグナーポットに土壤を15kg 充填し1ヶ月間放置し土壤を沈圧させたものを用いた。実験方法は、50mm 灌水、100mm 灌水、200mm 灌水、50mm 2回灌水、100mm 2回灌水の5つの処理区を設け6月3日に表層2cmの土壤に硝酸カルシウムをポット当り42.17g(N成分で10a当り

100kg)を施用したポットをガラス室内に置いて実験を行なつた。

灌水処理は、6月4日に行いポットの下部排水口より流出した排出液および灌水処理後のポット土壤について $\text{NO}_3\text{-N}$ の含有量を測定し、灌水量および灌水回数を異にした場合の塩類の動きを調査した。

実験結果

灌水液および処理前土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量は第1表に、処理後の排水液および土壤については第2表、第3表に示したとおり灌水回数の差異にかかわらず、灌水量の多い処理区ほど排水量は多く排水量の多い処理区ほど

第1表 灌水液および処理前土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量

灌 水 液		水分%	$\text{NO}_3\text{-N}$
			1.23 PPM
処理前 土壤	地表下0~10cm	9.0	203.58mg/乾土100g
	15~25cm	16.5	1.21

第2表 灌水量及び灌水回数と排水量・排塩量

	排水量	*排水率	排塩量 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	**排塩率
	cc	%	mg	%
50mm 灌水	455	17.4	367.0	7.3
100mm 灌水	2558	51.2	2441.0	48.8
200mm 灌水	7430	74.3	4784.6	95.7
50mm 2回灌水	2603	52.1	2692.3	53.9
100mm 2回灌水	7294	72.9	4305.8	86.1

$$* \text{排水率} = \frac{\text{排水量}}{\text{灌水量}} \times 100(\%)$$

$$** \text{排塩率} = \frac{\text{排塩量}}{\text{施肥量}} \times 100(\%)$$

第 3 表 灌水量と土壤水分 NO₃-N 含有量

		水分	NO ₃ -N
上層 (0~10 cm)	50mm 灌水	24.5%	18.75mg/乾土100g
	100mm 灌水	25.8	0.30
	200mm 灌水	25.3	1.08
	50mm 2回灌水	26.3	1.09
	100mm 2回灌水	25.3	0.69
下層 (15~25 cm)	50mm 灌水	23.8	34.77
	100mm 灌水	24.8	12.45
	200mm 灌水	25.0	0.20
	50mm 2回灌水	24.5	16.63
	100mm 2回灌水	25.0	0.86

排塩量も多かつた。200mm の灌水では 1 回に全量を灌水した場合、排水率は 74.3% であつたが、排塩率は 95.7% と施肥量のほとんどがポット外に排出された、しかし、灌水を 2 回にわけると 1 回のものに比べ、排塩率は 86.1% と少なかつた。100mm の灌水では、灌水回数の違いによる差はみられず排塩率は 50% 前後であつた。50mm の灌水では、排水率は 17.4% と低く排塩率も 7.3% と低い値を示した。また、ポット内に残つた水の量はどの処理区も 2400~2700cc であつた。灌水処理後の土壤の水分含有率はどの区も上層 (0~10cm)、下層 (15~25cm) とともに 24~26% であつた。

NO₃-N の含有量は、上層土壤よりも下層の方が多かつた。灌水量の多いほど NO₃-N の含有量は少なく、200mm の灌水ではほとんど土壤中には残つていなかつた。100mm の灌水では 1 回に全量を灌水した方が土壤中の NO₃-N の含有量は少なかつた。50mm の灌水では上層で乾土 100g 当り 18.75mg、下層で 34.77mg と多い含有量を示した。

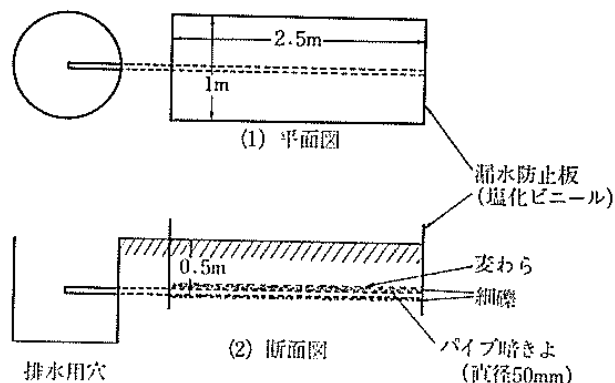
実験 II 塩類除去を目的とした暗きよ排水

実験材料および方法

実験に用いた材料は、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つた 2.5m² (1m×2.5m) のわく内に暗きよパイプを埋設して実験を行なつた。

処理区は、第 1 図に示したとおり次の 3 つの処理を設け、暗きよの埋設位置の違いによる除塩効果を検討した。

暗きよ 30cm 区：深さ 30cm のところに塩化ビニール製の暗きよパイプ (パイプの直径 50mm、1m の間に直径 5mm の穴が



第 1 図 暗きよ埋設図

96個あるもの) を埋設した。

暗きよ 50cm 区：深さ 50cm のところに暗きよパイプを埋設した。

浸透区：暗きよパイプの埋設なし。

実験方法は、10月28日表土 5cm に N 成分で 250g (10a 当り N 成分で 100kg) の硝酸カルシウムを施用した、10月29日に各処理区に 200mm (1区 500l) の灌水を行ない、表層土から地表下 60cm までの各層の土壤を、灌水処理 1 日目と処理後 5 週間目の 2 回採取して、その NO₃-N の含有量を測定した。また、暗きよ埋設区では、灌水処理後暗きよから流出してくる排水液を 10l 毎に採取し、採取時間、NO₃-N 含有量、排水量などを測定した。

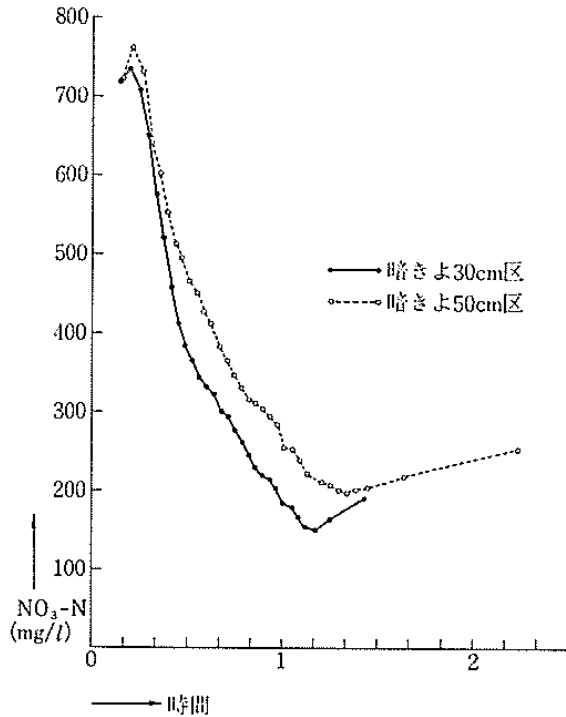
実験結果

灌水液および処理前土壤の NO₃-N の含有量は第 4 表に示したとおり、地表下 0~10cm の土壤の NO₃-N の含有量は、乾土 100g 当り 64.1mg と非常に多く、15cm 以下では 2~6mg と少ない含有量であつた。

排水液中の NO₃-N の経時変化は第 2 図に示したとおり暗きよ 30cm 区、50cm 区ともよく似た傾向を示し、排水液は最初に、NO₃-N 濃度が 750ppm と高かつたが、約 1 時間でその濃度は急速に低下し、最後には 200ppm 前後となつた。

第 4 表 灌水液および処理前土壤の NO₃-N 含有量

灌 水 液	水分%	NO ₃ -N
		1.23 ppm
地表下 0~10cm	18.5	64.13mg/乾土100g
処理前	15~25	19.0
土壤	30~40	18.5
	50~60	20.5
		2.94
		2.57



第2図 排水液中の NO₃-N の経時変化 (10ℓ 毎)

第5表 灌水液の浸透時間と排水時間

	浸透時間	排水時間
暗きよ 30cm	1時間15分	1時間27分
暗きよ 50cm	1時間27分	2時間14分
浸透	16時間20分	

灌水液の浸透時間と排水時間とは第5表に示したとおり、浸透区の浸透時間は暗きよ埋設区にくらべて、11~13倍の浸透時間を要した。また、暗きよ50cm区では浸透時間は暗きよ30cm区と変らなかつたが、排水時間は約50分長かつた。

つぎに、排水量、排塩量におよぼす暗きよの影響は第6表に示したとおり暗きよを埋設した区は、排塩率が排

第6表 暗きよの埋設位置と排水量・排塩量

	排水量	排水率	排塩量 (NO ₃ -N)	**排塩率
暗きよ 30cm	270ℓ	54.0%	93.82g	37.5%
暗きよ 50cm	312	62.4	117.76	47.1

$$* \text{排水率} = \frac{\text{排水量}}{\text{灌水量}} \times 100(\%)$$

$$** \text{排塩率} = \frac{\text{排塩量}}{\text{施肥量}} \times 100(\%)$$

水率よりも15~16%低かつた。暗きよ50cm区では排水率が62.4%、排塩率が47.1%となり、暗きよ30cm区よりも排水率が7.6%、排塩率は9.6%高かつた。

灌水処理後1日目と5週間目の土壌の NO₃-N 含有量は第2表に示したとおり、0~10cmの土壌においては、処理後1日目では暗きよ50cm区が、乾土100g当り10.62mgと最も高かつたが、処理後5週間目では処理区間の差はほとんどなかつた。地表下15cm以下の土壌の NO₃-N 含有量は、処理後1日目では浸透区が暗きよ区よりも多い値を示した、とくに50~60cmの土壌では、暗きよ50cm区より浸透区の含有量が多く、暗きよによる下層土の除塩が効率的に行なわれた、処理後5週間目では、NO₃-Nの含有量は各処理区とも1日目のものより、やや少なくなつていたが表層土壌のような変化はみられなかつた。

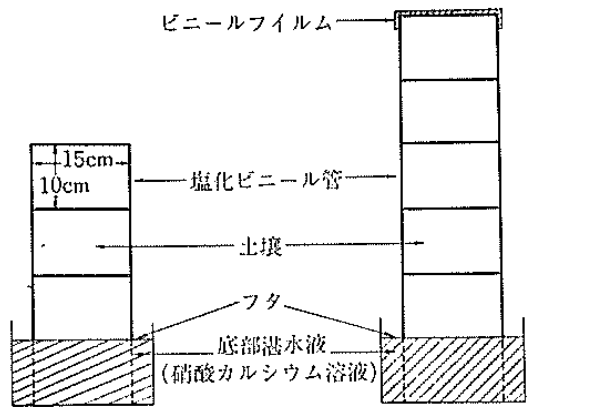
実験Ⅲ 除塩後の塩類再集積

実験材料および方法

灌水除塩をした後、土壌の表層より水分が蒸散するにともない、下層土から毛管水によつて塩類が上昇して、灌水によつて下層へ移行した塩類が、表層に再集積することが考えられる。この塩類の再集積について、底部灌水面の高低および地表面マルチの有無との関係を検討するために実験Ⅲを行なつた。実験材料は、第3図に示したとおり塩化ビニール円筒(直径15cm、高さ10cm)

第7表 灌水処理後の土壌の NO₃-N 含有量

	地表 下0~10cm		15~25 cm		30~40 cm		50~60 cm		
	1日後	5週間後	1日後	5週間後	1日後	5週間後	1日後	5週間後	
	mg/乾土100g								
暗きよ 30cm	6.51	11.85	3.49	3.06	2.21	2.02	—	—	
暗きよ 50cm	10.62	12.93	3.26	2.73	2.71	2.09	1.20	1.46	
浸透	8.24	10.24	7.63	5.96	6.75	5.09	6.09	4.35	



第3図 塩類再集積の実験装置

をつなぎ、その中に2mmの篩を通した風乾細工を充填した。実験方法は、底部湛水30cm区、30cm+マルチ区、50cm区、60cm+マルチ区の4つの処理区を設け、円筒の底部容器に6lの硝酸カルシウム溶液(NO₃-Nで

1l当り293.0mg含有)を入れ、蒸発を防ぐために容器にふたをした。8月4日、7日、16日27日に1lの硝酸カルシウム溶液前(前記のものと同じ)を補給しつつ5週間放置した。9月6日に土壌を採取して土壌水分およびNO₃-Nの含有量を測定した。

実験結果

底部湛水液が、地表面までの上昇に要した時間および水分蒸発時間は第8表に示したとおり、底部湛水50cm区では、実験開始から土壌表面がしめるまでの底部湛水

第8表 底部湛水液上昇に要した時間と水分蒸発時間

	上昇に要した時間*	水分蒸発時間**
底部湛水 30cm	21時間	33日と3時間
底部湛水 50cm	244時間	23日と20時間

* 実験開始から土壌表面がしめるまでの時間

** 土壌表面がしめってから実験終了までの時間

第9表 底部湛水残存液のNO₃-N含有量

	残 存 液	NO ₃ -N		
		濃 度	残 存 量	残 存 率*
底部湛水 30cm	3453cc	399.3 PPM	1378.9mg	47.1%
底部湛水 30cm+マルチ	4515	404.7	1827.2	62.4
底部湛水 50cm	3650	413.2	1508.2	51.5
底部湛水 50cm+マルチ	4605	392.0	1805.2	61.6

$$* \text{残存率} = \frac{\text{残 存 量}}{\text{全底部湛水液中の全量}} \times 100(\%)$$

第10表 実験開始より5週間後の土壌の水分とNO₃-N含有量

水分含有量

	地表下 0~10cm	10~20	20~30	30~40	40~50
底部湛水 30cm	22.0%	25.8	29.1	—	—
底部湛水 30cm+マルチ	22.4	24.8	28.7	—	—
底部湛水 50cm	17.1	19.7	21.7	24.5	27.3
底部湛水 50cm+マルチ	18.3	19.3	22.8	26.0	28.4

NO₃-N含有量

	地表下 0~10cm mg/乾土100g	10~20	20~30	30~40	40~50
底部湛水 30cm	54.3	6.4	8.1	—	—
底部湛水 30cm+マルチ	23.8	9.4	3.2	—	—
底部湛水 50cm	79.1	8.1	6.6	4.3	1.6
底部湛水 50cm+マルチ	34.8	11.1	8.9	5.6	1.5

液上昇時間は、244時間で底部湛水 30cm 区に比べて 22.3時間長かった。また水分蒸発時間は、底部湛水 50cm 区では、土壌表面がしめつてから実験終了までに23日と20時間かかり、底部湛水 30cm 区に比べて223時間短くなった。

底部容器に残った硝酸カルシウム溶液の量と $\text{NO}_3\text{-N}$ の含有量は、第9表に、また実験開始より5週間後の土壌水分と含有量は、第10表に示したとおり4処理区とも底部湛水液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 残存率は50~60%で、その濃度は最初の 293mg/l から 392~413.2mg/l と 100mg 以上も $\text{NO}_3\text{-N}$ の含有量は多くなった。マルチをしない処理区では、底部湛水の高低の違いが底部湛水液の残存率に影響をあたえた。

また残存液量は、底部湛水 30cm 区に比べて 50cm 区の方が多かった。しかしマルチをした区では、はつきりした差はみらなかつた。マルチをした区は、しない区にくらべ残存液量が多く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の残存率は10~15%高かつた。

実験終了時の土壌水含有量は、各処理区とも上層部ほど少く、上層(0~10cm)では、底部湛水 50cm 区、底部湛水 50cm +マルチ区、底部湛水 30cm 区、底部湛水30+マルチ区の順に少なかつた。また $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量は、表層土壌に多く、底部湛水 50cm 区では、乾土 100g 当り 79.1mg の多い値を示した。また 50cm 区は 30cm 区にくらべ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量は表層で1.5倍であつた。マルチをしなかつた区は、表層土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量は多くマルチをした区の約2倍の含有量であつた。

考 察

施設栽培において、近年塩類集積による作物の生育障害が問題となつている。そこで、この集積塩類を除去する方法として、湛水による方法と暗きよによる効率的な除去法を検討した。まず湛水による除塩法の基礎試料とするために、実験Iを行なつた。2000分の1のワグナーポット内の土壌に保持された水の量は、2400~2700ccとほぼ一定であつた。湛水量が多くなれば排水量、排塩量は多くなり、200mmの湛水で95.7%排塩された。湛水処理後土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量をみると、上層土壌(0~10cm)では、湛水処理前に乾土 100g 当り 203.58mg もあつたものが、湛水によりほとんどなくなつた。下層土壌(15~25cm)では、逆に処理前より $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量は多くなつた。このことから、土壌の上層に集積した塩類は、湛水によつて溶解され溶液となつて土壌中を下方へ移動する。また、この溶液が高濃度の場合には、溶液

中の塩類が、下層土壌に再び吸着されるものと考えられる。そこで、浸透水の塩類濃度を低くするために、湛水は2回にわたるよりも、1回に全量を湛水するのがよいと思われる。

湛水による除塩において、まず土壌の透水性をよくすること(除塩の能率化)、ついで、実験Iのポットのように高濃度の塩類を含む浸透水が、ポットの外へ流れさるか、地下水に稀釈され土壌の乾燥にともない再び塩類が、土壌の上層に集積しないような条件をつくること(塩類の再集積防止)が必要である。そこで暗きよによる効率的な除塩を検討するために、実験IIを行なつた。暗きよ埋設により、土壌の透水性は非常によくなつた。また暗きよの集水能力も大きかつた。200mmの湛水で、排水率は、暗きよ 50cm 埋設区で62.4%で、30cm 埋設区で、土管の埋設が浅いため少し集水能力が悪かつた。

湛水処理後土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量をみると、上層(0~10cm)土壌では、暗きよ区と浸透区はあまり差は認められなかつたが、下層(15cm以下)では、暗きよによる除塩効果がみられ、浸透区では相当多量の塩類が残つていた。これは塩類濃度の高い溶液が下層の方へ移動する時に、浸透区では暗きよ区に比べて、浸透速度が非常に遅いので、再び塩類が土壌に吸着保持されたからである。

この浸透速度について、寺沢¹⁹⁾は、土壌-水分系の場における塩類の移動には、2つの基本的な機作が考えられ、第1は液相水の運動にともなう、携動作用(Convection)であり、第2は溶媒水中における溶質の拡散作用(Diffusion)であるとし、土壌中においては常に2つの作用が共存し、前者は流体の運動速度が大きい条件下で支配的であり、後者は流体の平衡状態での主要な作用であると指摘している。暗きよ区や砂質の土壌などでは携動作用が、浸透区や粘質土壌では拡散作用が主要な作用であると考えられる。

除塩した塩類の再集積の実際とその対策を検討するために実験IIIを行つた。土壌の各層に塩類を一定量集積させることは難かしいので、土壌には肥料を施用せずに、塩化ビニール管の底部から高濃度の硝酸カルシウム溶液を吸収させる方法をとつた。実験開始後5週間の間に、多量の水分が地表面から蒸発し、それにとまつて上層土壌に多量の塩類が集積した。底部湛水 50cm 区が、30cm 区に比べて、水分の蒸発時間が短かく、蒸発量もわずかだが少ないにもかかわらず、表層への塩類集積が多かつた。これは両区の土壌水分状態の違いによるものである。底部湛水 50cm 区では土壌がよく乾燥し、

毛管水で上昇した塩類が表層に多量に集積した。しかし 30cm では、50cm 区にくらべ土壤表層の水分含有量が多かったため、上昇した塩類が再び溶質の拡散作用で移動し、集積量は、50cm 区の70%であった。マルチをした区の塩類集積が少なかったのは、明らかにマルチをしたことにより、水分の蒸散が抑えられたためである。以上のことから、散水して土壤表面の乾燥を防止することや、マルチをして水分の蒸散を抑えることが、土壤表層への塩類集積防止法の一つになると考えられる。なお、今後の施設園芸において、施設の固定化、周年高度利用化が進むにつれて、塩類の集積が問題になってくる。また奈良県のような水田そ菜作地帯では、地下水の制御が問題になってくるであろう、そこでこの問題を解決するには、暗きよの埋設という手段が考えられる。この暗きよを施設内またはその周辺に埋設することにより、地下水の制御はもちろんのこと、灌水除塩にあたって、下層土の効率的な除塩が可能となり、除塩後の塩類再集積も軽減し、一石二鳥の効果が期待出来るものと思われる。また、今後は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 以外の K_2O や CaO などの塩類の除塩や、実際に作物を栽培した後の塩類集積の様相や、その除塩法についての検討が必要と思われる。

摘 要

施設栽培において、近年問題となつている塩類集積の対策として、灌水による除塩法および暗きよによる効率的な除塩法を検討した結果は、次のとおりである。

1. 灌水量が、50mm、100mm のものより 200mm の灌水が、除塩効果をもつとも大きかった。
2. 灌水回数では、灌水の回数を2回に分けるよりも、一回に全量を灌水した方が除塩効果は良かった。
3. 暗きよの埋設位置は、地表下 30cm より 50cm のものが、除塩効果が良かった。
4. 暗きよ排水による除塩法は効果的で、とくに下層土壤 (15cm以下) の塩類吸着が少なかった。
5. 夏期の土壤表層への塩類再集積は、土壤表面の乾燥や土壤水分の蒸散量の増加により多くなった。
6. 集積した塩類の効率的な除塩および、灌水処理をした後におこる塩類の再集積防止の意味からも、暗きよの効果は顕著であった。

文 献

1. 蟻川浩一・篠崎光夫：1966. ハウス土壤の潜水塩、そ菜に関する土壤肥料研究集録、302~337.
2. 位田藤久太郎：1966. 被覆下栽培における施肥の注意、農及園、41(9)、53~57.
3. 景山美英陽・正木敬：1966. 被覆下そ菜園土壤の生産力低下防止に関する研究(I)、土壤中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: 95~112.
4. _____ : 1967. 同上(II)、キュウリの初期生育におよぼす土壤塩類濃度と土壤水分の影響について、園試報 B7、29~55.
5. _____ : 1968. 同上(III)、土壤における可溶性塩類の動態について、園試報 B8: 27~42.
6. _____・片井政一：1968. 同上(IV)、土壤中の可溶性塩類の除去に関する試験1、園試報 B8: 43~77.
7. _____・青木正孝：1969. 同上(V)、トマトの時期別養分吸収について、園試報 B9、45~70.
8. _____・正木敬：1970. 同上(VI)、土壤中の可溶性塩類の除去に関する試験2、園試報、B10、91~112.
9. _____・青木正孝：1971. 同上(VII)、植物体および土壤中の $\text{NO}_3\text{-N}$ と土壤溶液の電気伝導度値との関係について、園試報 B11、85~100.
10. 川口菊雄：1964. そ菜の栄養障害に関する研究、土壤溶液濃度の変化と養分吸収について、静岡農試研報、9、85~92.
11. 関東ハウス土壤グループ：1964. ハウス土壤の塩類濃度測定法、電導度法による場合の土壤浸出法、農及園、41(1)、61~63.
12. 橋田茂和・柳井利夫：1964. そ菜の塩類濃度障害と簡易測定法、農及園 39(9)、53~56.
13. 内藤恭典：1970. 除塩試験、昭和44年度関西地域そ菜園芸試験研究打合せ会、岡山農試報告.
14. 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、41(3)、67~70.
15. 嶋田永生：1964. ハウス内土壤の塩類蓄積の害と対策、農及園、39(3)、103~104.
16. _____・武井昭夫：1964. 被覆下そ菜栽培における施肥と土壤管理、農及園、39(10)、63~66.
17. _____ : 1970. ハウスの土壤管理、農山漁村文化協会.
18. 竹下純則・古藤実：1965. 被覆栽培そ菜の土壤肥料に関する研究(I)、ビニールハウス土壤の化学性と作柄について、神奈川園試研報、13、51~58.
19. 寺沢四郎：1963. 畑土壤の水分の運動に関する研究、農技研報、B13、1~115.
20. 増尾 浩：1962. 固定式ビニールハウスの土壤改良、農及園、37(6)、73~74.

21. _____米田茂男：1958. 塩害と土壌 (3). 農及園 33(9), 23~28. 23. _____ : 1959. NO₃-N 簡易定量法. 農及園, 34(12), 85~86.
22. _____ : 1959. 電気伝導度法による土壌の含塩度の測定法. 農及園, 34(11), 99~101. 24. _____ : 1965. 土壌塩類の簡単な分析法. 農及園, 40(7), 107.

Summary

The paper deals with effective desalting methods by watering and underdrain as a measure towards accumulation salt recently at issue in greenhouse culture.

The result of the study shows is as follows.

1. The effect of desalting was the most remarkable when the amount of watering was 200 mm rather than it was 50 mm or 100 mm.

2. As for the times of watering, the effect was better when the whole amount of 200 mm was irrigated at one time than when it was done twice on halves.

3. The effect was better when underdrain was located at 50 mm below the surface of the ground than it was 30 mm below it.

4. The desalting method by underdrainage was quite effective. Especially, not so much salt was absorbed in the subsoil (below 15 cm).

5. Concerning reaccumulative salt on the surface of ground in summer, it grew larger as the quantity of transpiration of soil moisture as well as the degree of dryness on the surface rose.

6. The effect of underdrainage was outstanding not only for the effective removal of accumulated salt but for the prevention of reaccumulative salt after watering treatment.