蔬菜の塩害と窒素供給形態の関係* (第2報)

数種葉根菜について

大沢 孝也

(大阪府立大学農学部)

T. OSAWA: Studies on the sodium chloride injury of vegetable crops
in relation to the form of nitrogen in sand culture. II.
On some leaf vegetables and root vegetables

Summary

Spinach, Chinese cabbage, celery, turnip, and carrot were grown in sand culture under glass and were supplied with NO_3 (a mixture of nitrates of K, Ca, and Mg), NH_4+NO_3 (ammonium nitrate), or NH_4 (ammonium sulfate) in the absence and presence of NaCl, to study the sodium chloride injury of these crops in relation to the form of nitrogen supplied. The nitrogen concentration of any nutrient solution was equally 10 m.e./l (140 ppm), and the concentration of NaCl added to the solution was 8000 ppm for spinach and Chinese cabbage, 6000 ppm for celery, 2500 ppm for turnip, and 4000 ppm for carrot. The pH of the solutions was adjusted to 6.2~6.4 in all cases.

1. Both in the absence and presence of NaCl, plant growth was much better with NO_3 than with NH_4 . And NH_4+NO_3 plants showed growth similar to or less than that shown by NO_3 plants. Effect of NaCl on the yield of crops was not always constant with each nitrogen form.

2. The dry weight percentage of plants generally increased with the increasing supply of $\text{NH}_4\text{-N}$.

3. In the absence of NaCl, plants supplied with NO_3 developed no specific symptoms; but NH_4+NO_3 plants produced darker green foliage than NO_3 plants in some crops, and produced uneven or leathery leaves in Chinese cabbage. The supply of NH_4 alone generally caused various specific symptoms, such as entire or interveinal chlorosis, burn, or withering of leaves. The rate of dead leaves increased as the amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ increased. Some crops supplied with NH_4 alone had brownish or purplish rootlets.

In the presence of NaCl, the supply of $\text{NH}_4\text{-N}$

caused serious symptoms of malnutrition more markedly than in the absence of NaCl with NH_4 alone. Chlorosis was developed markedly in general, and leaves of some crops were fragile. In Chinese cabbage, NH_4+NO_3 caused marginal rot of younger leaves, symptom of Ca deficiency, more markedly than NO_3 ; and plants supplied with NH_4 alone were severely stunted in growth showing entire chlorosis, marginal rot, and burn of leaves. In carrot, branched roots occurred to a high degree with NH_4+NO_3 or NH_4 .

4. In the absence of NaCl, as the proportion of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the solution increased, N content of both leaves and roots tended to increase; and P content of leaves similarly increased, while that of roots showed an irregular tendency. Content of K, Ca, or Mg of both leaves and roots generally decreased with the increasing supply of $\text{NH}_4\text{-N}$.

In the presence of NaCl, similar tendencies as mentioned above were obtained for each element, except for N in leaves which mostly decreased with the supply of $\text{NH}_4\text{-N}$, and the content of any essential cation was generally depressed by the interaction with Na. Moreover, Cl or Na content of leaves increased with the increasing supply of $\text{NH}_4\text{-N}$, while that of roots showed a variable tendency with crop species.

5. It is concluded that $\text{NO}_3\text{-N}$ is much more favourable than $\text{NH}_4\text{-N}$ as the nitrogen source for the crops tested, especially in the presence of excess NaCl. Application of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the presence of excess NaCl may cause marked interference in absorption of essential cations, especially of Ca, and increased accumulation of Cl or Na in leaves.

著者は 1960~1961 年にわたり各種の主要蔬菜を砂耕し、NaCl 害と N 供給形態の関係を調べた。そのうち 3

種類の果菜については第 1 報⁽¹⁸⁾で報告したが、本報は 5 種類の葉、根菜の実験結果についてまとめ、内容的には第 1 報とやや重複する点もあるが同様に考察を加えたものである。

* 本研究の要旨は園芸学会 1961 年度春季大会において発表 1961 年 12 月 13 日受理

本研究を行なうにあたり、種々御指導を賜わった大学の今津教授、ならびに東京大学杉山教授に対し謹んで感謝の意を表する。なお本研究は文部省科学研究費の援助を受けて行なつたもので、あわせて謝意を表する。

I. 材料および方法

供試蔬菜はハウレンソウ、ハクサイ、セルリー、カブ、ニンジンで、品種や栽培管理の詳細は実験結果の項で述べる。

砂耕の装置、処理と培養液の組成、植物体の調査、分析方法など、実験方法はすべて第1報⁽¹⁸⁾の果菜におけると同様であるが、その概要はつぎのようである。すなわち、砂耕はいずれも無加温のガラス室内で行ない、大型の蔬菜には川砂をつめた2千分の1、小型の蔬菜には石英砂をつめた5千分の1ワグネルポットを用い、自動式下底灌漑法を採用し、1区は3ポットずつとした。処理はNaCl処理（無加用および加用）と、 NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 の3種N形態処理との組み合わせとした。培養液の作成方法は、まず共通培養液の-N液と各N形態処理によつて異なるN液を組み合わせ、さらにNaCl加用区はそれぞれNaClを加えたが、-N液にはHOAGLAND、ARNON両氏処方のClを含ませぬものを用い各種微量要素も充分に与え、また各N形態処理にはいずれも施用全N濃度を10 m.e.l一定とし、N源としては NO_3 区には NO_3 塩混合（K:Ca:Mgの当量比を-Nの共通培養液と等しく5:5:4としたもの）、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区には NH_4NO_3 、 NH_4 区には $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ をそれぞれ用いた。NaCl加用濃度は収量がほぼ半減する程度を目標とし、既報^(15,16)の結果を参照して、ハウレンソウ、ハクサイでは8000 ppm、セルリーでは6000 ppm、カブでは2500 ppm、ニンジンでは4000 ppmとした。培養液の原液の稀釈には水道水を用い、培養液のpHは2〜3日ごとに6.2〜6.4に調節し、液の更新は2週間ごとに行なつた。セルリー以外はポットに直播きしたが、いずれも処理開始時まではHOAGLAND完全培養液の処定あるいは1/2濃度のものを与えた。10日ごとに生育、外観症状、枯葉数を調査し、収穫した植物体は生育調査を行ない、地上、地下部に分けて風乾し、さらに70°Cで数時間乾燥して乾物重を測定した後、粉碎保存して、各種無機要素および炭水化合物含量を定量した。

II. 実験結果

1. ハウレンソウ

若草の種子を3日間浸種し催芽したのち、1960年9月19日に、5千分の1ポットに直径約10 cmの輪状にまき、2回にわたつて間引き、10月17日に1ポット当り8株をなるべく等間隔に残した。N形態およびNaCl

8000 ppm加用処理は10月4日（播種後15日）より開始し、11月21日（処理後48日）に収穫した。

まずNaCl加用の場合では、 NO_3 区は最も生育旺盛で葉は濃緑色であつたが、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区は処理後10日頃から NO_3 区より生育が劣るのを認め、葉は濃緑色であつたが収穫時には一部の下葉の先端に葉焼けを生じた。 NH_4 区は処理後10日頃から生育が最も劣り且つ葉脈間黄化（葉脈の緑色との境はかなり明瞭）を認め、同30日頃には本症状は著しくまた全体的に黄化した葉もあつたが、その後、葉脈間黄化は上葉では回復して濃緑色となり、下葉にのみ残り、収穫時には下葉先端に葉焼けを認めた。収穫時の根は NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 両区は白色だが NH_4 区は褐色をおびた。つぎにNaCl加用の場合では、 NO_3 区は処理後10日頃からNaCl無加用 NO_3 区より生育が劣るのを認め、葉色はやや淡く収穫時には葉に光沢がなかつた。 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区はこれとほとんど同様の生育外観を示し、収穫時にはNaCl無加用 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区よりむしろ生育優れ、葉焼けなども生じなかつた。 NH_4 区は処理後10日頃に軽微な葉脈間黄化を認め、その後次第に生育劣り、同30日頃には葉脈間黄化ならびに全体的黄化を認めたが、同35日以降から収穫時にかけてはとくに下葉が著しく黄化した。なお生育後期の生育はむしろNaCl無加用 NH_4 区よりやや良いが、根はやはり褐色をおびていた。

第1表 NaClおよびN形態処理がハウレンソウの生育に及ぼす影響（収穫時、1株当り）

処 理		最大 生長		生葉 数*	枚	枯葉 数**	枚	枯葉 率	%	地上 部新 鮮重	g	地上 部乾 物率	%
		cm											
NaCl 0 ppm	NO_3	33.5	15.2	2.3	12.9	20.7	8.6						
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	27.1	11.7	2.9	23.3	9.0	8.6						
	NH_4	13.1	6.7	3.7	35.7	1.6	11.7						
NaCl 8000 ppm	NO_3	26.0	11.7	0.9	6.8	12.2	7.6						
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	25.3	13.0	0.8	6.1	11.8	7.8						
	NH_4	13.4	7.2	3.4	32.2	2.5	8.4						

備考 表中の数値はすべて区内各ポットごとの値をもととした平均値（以下同様）。

* 分枝葉を含む。

** 砂耕期間中の集計値（以下同様）。

収穫時の生育状態は第1表のようで、まずNaCl無加用では、 NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 区の順に生育劣り収量は低下し、枯葉率は高くなつた。乾物率は生育不良の NH_4 区が高い。NaCl加用でも上記同様の諸傾向がみられるが、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 両区の生育収量はNaCl無加用の場合よりむしろ優る。乾物率は全般にやや低い。

収穫時の葉および根の分析結果は第2表のようで、 NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 区の順にしたがふての含量変化は、まずNaCl無加用の場合についてみると、葉中ではNは減少しとくに NH_4 区は著しく低含量であるが、P

第2表 NaCl および N 形態処理がホウレンソウの植物体中の無機要素ならびに炭水化物の含量に及ぼす影響（収穫時）

処	理	% N	% P	乾物 100 g 当り m. e.						% 炭水 化物	
				Cl	Na	K	Ca	Mg			
葉											
NaCl 0 ppm	{ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	6.20	0.69	19	4253	68	89	10.16			
		5.84	0.89	19	5197	40	68	9.28			
		0.45	1.08	21	7106	44	44	13.56			
NaCl 8000ppm	{ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	4.46	0.79	147	228	161	26	90	7.08		
		5.16	0.84	246	262	110	15	70	9.24		
		0.38	0.81	259	282	45	15	35	13.48		
根											
NaCl 0 ppm	{ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	4.17	0.94	13	20160	39	96	—			
		4.88	1.13	14	29130	26	49	—			
		4.75	1.03	15	23	86	27	38	—		
NaCl 8000ppm	{ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	3.91	1.12	101	147	138	26	65	—		
		4.35	1.18	137	140	110	16	41	—		
		4.75	0.94	94	124	51	25	45	—		

備考 N, P および炭水化物含量は乾物重 % で表わした(以下同様)。

は増加し, K, Ca, Mg はいずれも減少, また炭水化物は増加の傾向がみられる。根中では N が NH₄ 区の方でやや増加する以外は葉中と同様の傾向である。NaCl 加用の場合は全般的にその影響をうけるが, N 形態による変化傾向は葉, 根中ともに NaCl 無加用の場合とほぼ同様で, なお Cl, Na は葉中では NH₄ 区の方で増加するが, 根中では逆の傾向がみられる。

2. ハクサイ

長岡交配五十日を, 1960 年 9 月 19 日に, 2 千分の 1 ポットに直径約 15 cm の輪状には種し, 3 回にわたって間引き, 10 月 31 日に 1 ポット当り 4 株をなるべく等間隔に残した。N 形態および NaCl 8000 ppm 加用処理は 10 月 4 日 (播種後 15 日) より開始し, 12 月 12 日 (処理後 70 日) に収穫した。

まず NaCl 無加用の場合では, NO₃ 区は葉は正常な緑色で柔らかくのびのびとして生育もよい。NH₄+NO₃ 区は前半の生育は NO₃ 区を凌いだ, 後半はしだいに劣るようになり, なお生育半ばから葉が濃緑色を呈し, その後チリメン状がひどく, ゴワゴワした感じとなつた。NH₄ 区は処理後 10 日頃に葉脈間が黄化気味となり, その後次第に生育劣り, 同 30 日頃には上記 2 区に比して生育が明らかに劣り, 葉脈間黄化 (葉脈の緑色との境は明瞭を欠く) は顕著で, その後チリメン状がひどく, ゴワゴワとなり, 収穫時には下葉葉縁に軽微な乾燥枯死部を生じた。収穫時の根は NO₃, NH₄+NO₃ 両区は白色だが NH₄ 区は紫色をおびていた。次に NaCl 加用の場合では, 無加用に比べて, 処理後 10 日頃から全般に生

育が劣るのを認め, また葉縁が表側に捲き込み, NO₃, NH₄+NO₃ 両区では葉色がやや濃かつたが, その他にも各 N 形態区でかなり異なつた特殊症状を認めた。すなわち NO₃ 区は葉色濃く, 処理後 50 日頃に内葉の先端周辺に灰黒色の壊死を生じた。NH₄+NO₃ 区は NaCl 無加用の場合と同様に前半の生育は上記の NO₃ 区を凌ぎ, 葉は濃緑色でチリメン状でゴワゴワとなつたが, 処理後 50 日頃になると下葉の葉脈間に乾燥枯死部を生じてその葉縁は黄化し, 内葉の先端周辺に灰黒色の壊死を生じ, 収穫時には下葉葉縁は乾燥枯死し内葉周辺の壊死は全処理区中最も顕著であつた。NH₄ 区は処理後 10 日頃から葉が全体に黄緑色となり早くも枯れ上り始め, その後は著しく生育不良で横繁性を呈し, 同 30 日頃から下葉の捲き込みがひどく, その後次第に下葉の先端周辺が壊死状となり葉脈間には乾燥枯死部を生じた。なお同区の葉はチリメン状でゴワゴワし葉質が非常にもろく, 収穫時の根は紫色をおびていた。

収穫時の生育状態は第3表のようで, まず NaCl 無加用では, 生育, 収量は NO₃ 区が最も優れ, NH₄+NO₃ 区がこれにつぎ, NH₄ 区はかなり劣る。枯葉率や乾物率は NH₄ 区のほうが高くなる。NaCl 加用の場合は以上無加用の場合と比べて全般に生育が劣るが, とくに NH₄ 区は著しく低収量である。乾物率はやはり NH₄ 区が高いが, NaCl 無加用の場合と比べると, NO₃ 区を除く他 2 区ではより低くなつてゐる。

第3表 NaCl および N 形態処理がハクサイの生育に及ぼす影響 (収穫時, 1 株当り)

処 理		最大生葉		枯葉 率	地上部	地上部	
		葉長 cm	枚 枚		新鮮重 g	乾物率 %	
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	28.4	22.0	1.9	8.0	191.0	3.8
		24.3	22.9	2.7	10.3	149.9	5.0
		18.3	15.6	2.9	15.9	58.3	6.6
NaCl 8000ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	26.1	20.3	3.0	12.9	130.0	4.6
		22.7	18.8	4.7	19.8	92.2	4.5
		10.6	9.1	3.9	29.9	14.1	5.2

収穫時の葉および根の分析結果は第4表のようで, NO₃, NH₄+NO₃, NH₄ 区の順に従つての含量変化は, まず NaCl 無加用の場合についてみると, 葉中では N は大差ないが僅かに増加し, P も増加するが, K, Ca, Mg はいずれも減少, また炭水化物は増加している。根中でも同様の傾向である。NaCl 加用の場合は全般的にその影響をうけるが, 葉中の炭水化物が NH₄ 区のほうが減少すること以外は, 葉, 根中各要素含量について NaCl 無加用の場合とほぼ同様の傾向がみられる。なお Cl, Na は葉中では NH₄ 区のほうが増加するが, 根中では逆の傾向がみられる。

第4表 NaCl および N 形態処理がハクサイの植物体中の無機要素ならびに炭水化物の含量に及ぼす影響 (収穫時)

処 理	型	%	%	乾物 100 g 当り					%
		N	P	Cl	Na	K	Ca	Mg	炭水化物
葉									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	4.61	0.77	28	10269	99	47	8.64	
		4.96	0.85	28	13228	65	33	12.00	
		4.79	1.04	42	12132	41	30	16.64	
NaCl 8000 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	4.38	0.62	165	270	115	53	25	9.24
		4.03	0.74	297	380	88	36	22	5.44
		4.76	0.75	426	385	107	23	15	5.20
根									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	2.94	0.94	7	14137	58	35	—	
		3.55	0.82	8	22	76	24	19	—
		3.78	1.05	7	12	49	19	13	—
NaCl 8000 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	3.44	0.76	64	141	55	48	24	—
		3.42	0.83	70	118	43	25	14	—
		3.57	0.54	26	53	21	31	13	—

3. セルリー

Salt Lake を 1960 年 2 月 2 日には種育苗し、本葉が約 6 枚になつた 4 月 26 日に 5 千分の 1 ホットに 2 株ずつ定植した。N 形態および NaCl 6000 ppm 加用処理は 5 月 18 日 (定植後 22 日) より開始し、6 月 23 日 (処理後 35 日) に収穫した。

まず NaCl 無加用の場合では、NO₃、NH₄+NO₃ 両区は葉は濃緑色で、後者のほうが生育が劣つた。NH₄ 区は最も生育が劣り、次第に葉色が淡くなり処理後 30 日頃から全体的に黄化し、葉が下垂して横繁性を呈し、収穫時には下葉の全体的黄化が著しかつた。収穫時の根は NO₃ 区は白色だが、NH₄-N の割合が増すにつれて強く褐色をおびた。NaCl 加用の場合も、各 N 形態区についてそれぞれ上記とほぼ同様の症状がみられたが、生育は NH₄ 区では他 2 区と違って、NaCl 無加用より加用の場合のほうがむしろやや優れた。

収穫時の生育状態は第 5 表のようで、まず NaCl 無加用では、NO₃、NH₄+NO₃、NH₄ 区の順に生育劣り収量は低下し、枯葉率、乾物率は高くなつた。NaCl 加用でも

第 5 表 NaCl および N 形態処理がセルリーの生育に及ぼす影響 (収穫時、1 株当り)

処 理		最大生葉長		枯葉数		枯葉率 %	地上部新鮮重		地上部乾物率 %
		cm	枚	枚	枚		g	g	
NaCl 0 ppm	NO ₃	56.0	14.2	0.5	3.4	240.6	7.8		
	NH ₄ +NO ₃	44.8	13.2	1.3	9.1	145.2	8.6		
	NH ₄	28.0	9.7	2.2	18.4	35.2	11.3		
NaCl 6000ppm	NO ₃	42.0	12.5	2.0	13.8	124.8	8.1		
	NH ₄ +NO ₃	33.5	10.0	3.3	25.2	83.0	8.1		
	NH ₄	28.8	8.8	4.2	32.3	55.4	8.7		

上記同様の諸傾向がみられるが、NH₄ 区の収量は NaCl 無加用の場合よりむしろ優る。乾物率はやはり NH₄ 区が高いが、NaCl 無加用に比べると、NO₃ 区を除く他 2 区ではより低くなつてゐる。

収穫時の葉および根の分析結果は第 6 表のようで、NO₃、NH₄+NO₃、NH₄ 区の順に従つての含量変化は、まず NaCl 無加用の場合についてみると、葉中では N は NH₄-N 施用区が高く、また P は増加、K、Ca、Mg はいずれも減少、炭水化物は増加している。根中でもほぼ同様の傾向がみられる。NaCl 加用の場合は全般的にその影響をうけるが、葉中 N、P 以外については NaCl 無加用の場合とほぼ同様の傾向を示した。なお Cl、Na は葉中では NH₄ 区のほうで増加するが、根中では逆の傾向である。

第 6 表 NaCl および N 形態処理がセルリーの植物体中の無機要素ならびに炭水化物の含量に及ぼす影響 (収穫時)

処 理		% N	% P	乾物 100 g 当り m. e.					% 炭水化物
				Cl	Na	K	Ca	Mg	
葉									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	2.27	0.49	28	26	153	131	50	7.56
		3.31	0.58	32	32	109	74	63	9.04
		2.71	0.62	64	38	99	63	35	9.92
NaCl 6000ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	3.53	0.60	162	135	145	111	41	6.88
		3.24	0.84	285	300	70	41	22	7.04
		2.41	0.50	403	356	87	39	33	7.44
根									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	2.82	0.55	10	74	170	54	130	—
		4.08	1.16	12	60	59	29	22	—
		4.18	0.95	13	29	38	25	28	—
NaCl 6000ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	2.68	0.51	147	243	104	53	78	—
		4.00	0.85	95	113	41	31	16	—
		4.21	0.93	52	80	26	27	23	—

4. カブ

長岡交配早生大カブを、1960 年 9 月 19 日に、2 千分の 1 ホットに直径約 15 cm の輪状には種し、3 回にわたつて間引き、10 月 31 日に 1 ホット当り 4 株をなるべく等間隔に残した。N 形態および NaCl 2500 ppm 処理は 10 月 4 日 (播種後 15 日) より開始し、12 月 5 日 (処理後 62 日) に収穫した。

まず NaCl 無加用の場合では、NO₃ 区は生育よく葉は正常な緑色である。NH₄+NO₃ 区は前半の生育は NO₃ 区を凌いだ、後半は次第に劣るようになり、なお生育半ばから葉が濃緑色となつた。NH₄ 区は処理後 10 日頃に葉脈間が黄化気味となり、その後次第に生育劣り、同 30 日頃には上記 2 区に比して生育が明らかに劣り、上中

葉で葉脈間黄化（葉脈の緑色との境は明瞭を欠く）は顕著でかつ葉縁も黄化し、その後は昼間に葉が下垂して横繁性を呈することが多く、生育後期には下葉の葉縁や葉脈間に軽微な乾燥枯死部を生じた。つぎに NaCl 加用の場合も、各 N 形態区それぞれ上記とほぼ同様の症状がみられたが、ただ NH_4 区は処理後 30 日を過ぎる頃から NaCl 無加用の場合に比べて、全体により黄色くかつ葉脈間黄化もよりひどくなった。

収穫時における地上部の生育状態は第 7 表のようで、まず NaCl 無加用では、 NO_3 、 NH_4+NO_3 、 NH_4 区の順に生育が劣り新鮮重は減少したが、枯葉率には差がない。乾物率は NH_4 区のほうで高くなる。NaCl 加用でも上記とほぼ同様の諸傾向がみられるが、 NH_4 区は他 N 形態区より枯葉率がやや高く、また乾物率はやはり NH_4 区のほうで高くなるが、NaCl 無加用の場合に比べて全般に低い。

第 7 表 NaCl および N 形態処理がカブの地上部の生育に及ぼす影響（収穫時、1 株当たり）

処 理		最大生葉		枯葉率	地上部		地上部
		cm	枚		新鮮重	乾物率	
NaCl 0 ppm	NO_3	53.4	17.1	3.1	15.2	122.9	5.3
	NH_4+NO_3	44.5	16.8	3.1	15.6	89.7	6.5
	NH_4	29.8	13.5	2.5	15.6	33.3	8.6
NaCl 2500 ppm	NO_3	52.3	16.4	3.5	17.2	122.8	4.9
	NH_4+NO_3	49.8	16.1	3.6	18.2	125.8	5.1
	NH_4	26.4	9.6	3.9	29.0	30.8	6.4

つぎに肥大根部の収穫調査結果は第 8 表のようで、まず NaCl 無加用では、 NH_4 区は他 2 区に比べて著しく収量が低い。NaCl 加用でも同様である。肥大根の乾物率は地上部同様に NH_4 区のほうで高くなり、また NaCl 加用の場合のほうが全般に低い。なお R/T は、NaCl 無加用の場合では NH_4 区がやや低く、したがって NH_4 区が他の 2 区に比して、地上部よりカブの生育抑制の程度がやや大きいことが伺われるが、NaCl 加用の場合は NH_4 区の枯葉率が高く生葉が少ないためか明らかでない。しかし NaCl 無加用の場合と比べると全般に R/T が小さい。

収穫時の葉および肥大根の分析結果は第 9 表のよう

第 8 表 NaCl および N 形態処理がカブの肥大根部の生育、収量に及ぼす影響（収穫時、1 株当たり）

処 理		肥大根		肥大根	R/T*
		根径	新鮮重	乾物率	
NaCl 0 ppm	NO_3	5.0	77.1	5.0	0.63
	NH_4+NO_3	4.9	67.1	6.1	0.74
	NH_4	2.9	18.1	7.5	0.54
NaCl 2500 ppm	NO_3	4.4	56.3	4.8	0.45
	NH_4+NO_3	4.8	74.8	5.5	0.60
	NH_4	2.7	14.6	6.2	0.47

* 肥大根新鮮重/地上部新鮮重を意味する。

で、 NO_3 、 NH_4+NO_3 、 NH_4 区の順に従つての含量変化は、まず NaCl 無加用の場合についてみると、葉中では N はほぼ同等だが、P は増加、K、Ca、Mg はいずれも減少、また炭水化物は増加する。肥大根中でも同様の傾向である。NaCl 加用の場合は全般的にその影響を受けるが、N 形態による変化傾向は、炭水化物以外の各要素については、葉、肥大根中ともに NaCl 無加用の場合とほぼ同様で、なお Cl、Na は葉中でも肥大根中でも NH_4 区のほうで増加している。

第 9 表 NaCl および N 形態処理がカブの植物体中の無機要素ならびに炭水化物の含量に及ぼす影響（収穫時）

処 理		%	%	乾物 100 g 当り					%
		N	P	Cl	Na	K	Ca Mg	炭水化物	
葉									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	5.05	0.46	33	622	145	61	3.72	
		4.96	0.65	33	821	67	48	5.64	
		5.13	0.73	40	815	53	28	8.08	
NaCl 2500 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	4.62	0.45	149	109	192	139	52	3.20
		4.45	0.54	259	135	191	89	48	3.52
		3.55	0.70	316	153	156	52	28	2.68
肥 大 根									
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	2.36	0.52	9	91	45	20	38	—
		2.59	0.65	9	11	123	15	25	—
		2.54	0.80	10	17	78	9	23	—
NaCl 2500 ppm	{ NO ₃ NH ₄ + NO ₃ NH ₄	2.87	0.61	61	130	116	20	28	—
		2.68	0.63	94	130	90	9	24	—
		2.70	0.70	174	180	58	9	16	—

5. ニンジン

MS 三寸を、1961 年 2 月 6 日に、5 千分の 1 ポットに、直径約 10 cm の輪状には種し、3 回にわたって間引き、最後に 1 ポット当たり 4 株をなるべく等間隔に残した。3 月 20 日に N 形態処理のみ開始し、NaCl 4000 ppm 加用処理は 3 月 27 日に行ない、5 月 25 日に収穫した。

まず NaCl 無加用の場合では、 NO_3 、 NH_4+NO_3 両区は外観的には大差なく、正常であつた。しかし NH_4 区は上記 2 区より生育がかなり劣り、また N 形態処理後 20 日頃から葉の黄化が認められ生育が進むにつれて顕著となり、生育後期には黄化葉が下葉に多く、また所々に乾燥枯死部を生じ、葉が下垂して横繁性を呈した。NaCl 加用の場合も、 NO_3 、 NH_4+NO_3 両区は外観正常で大差なかつた。しかし NH_4 区は生育劣り、NaCl 無加用の場合と比べて、黄化症状の発現はおそかつたにもかかわらず、生育後期に至ると下葉がより顕著に全体的に黄化し、また葉質が非常にもろく、なお葉焼けは生じなかつたが、葉はやはり下垂し横繁性を呈した。

収穫時における地上部の生育状態は第 10 表のようで、

まず NaCl 無加用では、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区が最も生育よく新鮮重大で、 NO_3 区がこれにつぐが、 NH_4 区はかなり劣り枯葉率もやや高い。乾物率には大差がない。NaCl 加用でも上記とほぼ同様の傾向であるが、乾物率は全般にやや低い。

つぎに肥大根部の収穫調査結果は第 11 表のようで、まず NaCl 無加用では、 NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 両区は収量に大差ないが、 NH_4 区は著しく劣る。NaCl 加用でも同様であるが、 NH_4 区の収量は NaCl 無加用の場合よりもむしろ優る。肥大根の乾物率は NH_4 区のほうでやや高い。また供試個体数が十分とはいえぬが、NaCl 加用の $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 両区は岐根率が高い。なお R/T により、NaCl 無加用の場合は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が増すほど、地上部より肥大根の生育抑制程度が大きくなることが伺われるが、NaCl 加用の場合は明らかでない。

第 10 表 NaCl および N 形態処理がニンジンの地上部の生育に及ぼす影響（収穫時、1 株当たり）

処 理	最大 葉長	生葉 数	枯葉 数	枯葉 率	地上 部新 鮮重	地上 部乾 物率
	cm	枚	枚	%	g	%
NaCl 0 ppm	NO_3	40.7	8.8	2.4	21.5	20.1
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	49.1	10.7	2.3	17.6	29.9
	NH_4	24.8	7.4	3.3	29.4	7.8
NaCl 4000 ppm	NO_3	43.2	8.6	2.4	22.1	22.1
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	44.1	7.8	3.3	29.3	24.4
	NH_4	23.7	5.8	3.0	34.0	7.6

第 11 表 NaCl および N 形態処理がニンジンの肥大根部の生育、収量に及ぼす影響（収穫時、1 株当たり）

処 理	* 肥大 根長	* 肥大 根径	肥大 根新 鮮重	肥大 根乾 物率	岐根 率**	R/T
	cm	cm	g	%		
NaCl 0 ppm	NO_3	8.8	4.1	54.3	8.6	2/12
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	8.0	3.8	50.1	9.6	0/12
	NH_4	4.6	1.7	10.1	11.4	0/12
NaCl 4000 ppm	NO_3	7.7	4.2	41.0	10.6	2/12
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	7.9	3.5	42.3	9.9	6/12
	NH_4	6.5	2.2	15.3	11.0	5/12

* 分岐根は計算から除外した。

** ポット平均によらず、処理区全株数に対する分岐根株数の割合を示した。

*** 肥大根新鮮重/地上部新鮮重を意味する。

収穫時の葉および肥大根の分析結果は第 12 表のようで、 NO_3 、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 区の順に従つての含量変化は、まず NaCl 無加用の場合についてみると、葉中では N、P は増加し、K、Mg は大差ないが Ca は減少し、炭水化物はやや増加している。肥大根中では、P、K、Mg が減少する点異なる。NaCl 加用の場合は全般的にその影響をうけるが、N 形態による変化傾向は、肥大根中においては NaCl 無加用の場合と同様であるが、葉中においてはやや異なり N は NH_4 区の方で減少し、また K、

第 12 表 NaCl および N 形態処理がニンジンの植物体中の無機要素ならびに炭水化物の含量に及ぼす影響（収穫時）

処 理		% N	% P	乾物 100 g 当り m. e.						% 炭水 化物
				Cl	Na	K	Ca	Mg		
葉										
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	2.21	0.39	48	21154	111	56		9.00	
		2.94	0.51	44	21140	54	59		9.44	
		3.05	0.51	62	30154	54	61		10.28	
NaCl 4000ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	3.37	0.50	94	150	86	81	48	8.28	
		3.15	0.63	172	203	62	50	39	8.96	
		2.74	0.53	259	241	60	37	26	10.48	
肥 大 根										
NaCl 0 ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	1.61	0.45	14	13	96	18	16	—	
		1.82	0.44	9	12	62	10	14	—	
		2.31	0.35	9	15	28	9	10	—	
NaCl 4000ppm	{ NO ₃ NH ₄ +NO ₃ NH ₄	1.72	0.45	33	66	67	10	12	—	
		1.92	0.51	57	92	47	9	10	—	
		2.22	0.41	59	70	27	7	8	—	

肥 大 根

NaCl 0 ppm	NO_3	1.61	0.45	14	13	96	18	16	—
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	1.82	0.44	9	12	62	10	14	—
	NH_4	2.31	0.35	9	15	28	9	10	—
NaCl 4000 ppm	NO_3	1.72	0.45	33	66	67	10	12	—
	$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	1.92	0.51	57	92	47	9	10	—
	NH_4	2.22	0.41	59	70	27	7	8	—

Mg も同様に明らかに減少している。なお Cl、Na は葉中でも肥大根中でも NH_4 区のほうで増加している。

III. 考 察

1. 生育および収量

第 13 表は、地上部ならびに肥大根部の収量について、 NO_3 区を 100 とした各 N 形態区の比率を示す。まず NaCl 無加用の場合についてみると、一般に NO_3 区が最も優れ、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区は NO_3 区よりもかなり劣る場合が多く、 NH_4 区はさらに著しく劣る。なお根菜においては前述のように、 NH_4 区のほうで地上部より肥大根部の生育抑制程度がやや大となる傾向がある。

水、砂耕による $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比較試験は多数あるが、一般に畑作蔬菜では前者のほうが生育がよいという結果が多い^(4,8,13,19,20)。しかし両形態 N の比較には培養液の pH^(9,13,20,22,26)、各種無機要素とくに Ca の供給レベル^(10,21)、根圏の通気⁽¹⁾、植物体内の炭水化物の蓄積、あるいは N 施用濃度⁽⁹⁾など種々の外的、内的要因が関与し、両形態 N ではこれら多数の要因について最適条件が異なり、もし同一条件下で比較すれば、その結果はこれらの要因によつて変わることが知られている。今回の試験は、一応同一条件に近い場合の比較であるが、なお培養液の pH は或程度の変動はまぬがれず、また必須 cation レベルは NO_3 区が NH_4 を含む他 2 区よりやや高い。これらの諸点を改善し、あるいは両形態 N について最適条件を与えるならば、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 両区ではより良好な結果を得られるかもしれない。しかし畑作蔬菜の水、砂耕では $\text{NO}_3\text{-N}$ を主体とするのが安全で適し

ており、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用には種々の注意を要し、実際栽培でも砂耕に似た条件の場合では同様のことがいえる。

つぎに第13表により NaCl 加用の場合についてみると、 NaCl 加用濃度は蔬菜により異なるが、やはり収量は $\text{NO}_3\text{-N}$ のほうが $\text{NH}_4\text{-N}$ より優る。 NH_4+NO_3 区はハウレンソウ、カブ、ニンジンでは NO_3 区と比べて大差ないが、あるいはやや優るが、ハクサイ、セルリーではかなり劣つた。なお $\text{NH}_4\text{-N}$ の不利な影響の程度を、 NaCl 無加用、加用間で比べても一定の傾向はみられない。

第13表 地上部ならびに肥大根部収量の NaCl 無加用および加用それぞれの場合において NO_3 区を100とした比率

蔬菜と部位 処 理	NaCl ppm	蔬菜と部位					
		ハウレンソウ 地上部	ハクサイ 地上部	セルリー 地上部	カブ 肥大根	ニンジン 地上部	ニンジン 肥大根
NaCl 無加用	NO_3	100	100	100	100	100	100
	NH_4+NO_3	43	79	60	73	88	149
	NH_4	7	31	15	27	24	39
NaCl 加用	NO_3	100	100	100	100	100	100
	NH_4+NO_3	97	71	57	102	110	110
	NH_4	20	11	44	25	26	34

備考 NaCl 加用濃度はハウレンソウ、ハクサイでは 8000 ppm、セルリーでは 6000 ppm、カブでは 2500 ppm、ニンジンでは 4000 ppm である。収量比率は新鮮重による。

本実験における各蔬菜に対する NaCl 加用濃度は、既報^(15,16)の NO_3 14, NH_4 1 m.e./l を含む HOAGLAND 完全培養液に NaCl を加用した砂耕試験で、それぞれ収穫目的部位の収量半減をきたした NaCl 濃度を選んだのであるが、第14表および第15表により、今回の試験で上記の条件に最も近い NO_3 区での NaCl 加用の影響をみると、必ずしも収量が半減程度になつていない。しかしこれは作物の耐塩性が、品種、栽培管理、気温などによつて或る程度の差を生ずるためと思われる。なお基本培養液の全体濃度は大差なくとも、その塩類組成の差は耐塩性に影響があるのではないと思われる。ちなみに第14表、第15表により、 NaCl が収量に及ぼす影響を各 N 形態区間で比べると必ずしも同等でなく、またハクサイでは NH_4 区の方で NaCl 加用による減収程度が著しいが、ハウレンソウ、セルリー、ニンジンなどでは全く逆の傾向で NaCl 加用区のほうが多収量の場合さえあり、蔬菜によつて著しく傾向を異にする。このような現象の原因としては、 N 形態の直接的影響の他に、 N 形態の差異に伴つて必然的に生ずる ion balance の差異、培養液の pH の変動、それらが各種要素の吸収や、根の吸水作用に及ぼす影響などが複雑に関与するものと考えられ、さらに検討を要する。

植物体の乾物率は、 NaCl 無加用の場合には概して

第14表 各 N 形態処理において、 NaCl 無加用区を100とした NaCl 加用区の収量の比率（葉菜）

N 形態	NaCl ppm	ハウレンソウ		ハクサイ		セルリー	
		0	8000	0	8000	0	6000
NO_3		100	59	100	68	100	52
NH_4+NO_3		100	131	100	61	100	57
NH_4		100	156	100	24	100	157

第15表 各 N 形態処理において、 NaCl 無加用区を100とした NaCl 加用区の収量の比率（根菜）

N 形態	NaCl ppm	カブ				ニンジン			
		地上部	肥大根	地上部	肥大根	地上部	肥大根	地上部	肥大根
NO_3		100	100	100	73	100	110	100	76
NH_4+NO_3		100	140	100	111	100	82	100	84
NH_4		100	93	100	81	100	98	100	151

NH_4 区のほうが高くなり、果菜⁽¹⁸⁾とは全く逆であつた。 NH_4 区の乾物率が高いのは、根に対する NH_4 害による吸水阻害の現われとも考えられる。 NaCl 加用の場合を無加用の場合と比べると、一般に同様の傾向で、なお NO_3 区に若干の例外はあるが、全般により低い値を示した。

2. 外観症状

つぎに外観症状の面から検討する。まず NaCl 無加用の場合では、 NO_3 区は特殊症状を認めないが、 NH_4+NO_3 区は区 NO_3 より葉色の濃いものがあり、またハクサイでは葉のチリメン状がひどくゴワゴワになつた。同様の諸症状は果菜⁽¹⁸⁾でも観察され、また岩田^(8,9)も各種蔬菜で認めている。さらに NH_4 区になると、一般に葉の黄化、葉焼け、下垂などを認めた。まず黄化は蔬菜によつてやや様相が異なり、セルリーやニンジンでは葉が全体的に黄化し収穫時にはとくに下葉に顕著であつた。しかしハウレンソウ、ハクサイ、カブでは葉脈間の黄化であつて、ハウレンソウでは処理後まもなく発症し葉脈の緑色との境はかなり明瞭で、収穫時には下葉に顕著であり、またハクサイ、カブではやはり早く発症したが葉脈の緑色との境は明瞭を欠き、収穫時には上中葉のほうに顕著に認められた。これらの黄化は NH_4 害によるものもあるが、葉脈間黄化は葉分折結果から Mg 含量低下が原因する可能性も考えられる。つぎに葉焼けは、セルリー以外の4種で収穫時に下葉の先端、周辺、葉脈間などに認められたが、 K 欠乏症状の疑いのあるものがあり、また NH_4 の害症状の場合も考えられる。なお枯葉率は一般に $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が増すにつれて高率となつた。またセルリー、カブ、ニンジンなどとはとくに昼間に

葉が下垂し横繁性を呈したが、これは細根が NH_4^- 区で褐色～紫色をおびるものがあつたことから、根が NH_4^- 害をうけて吸水阻害をきたすためと考えられ、他にも同様の報告がある^(8,11)。ちなみに植物体の乾物率は前述のように一般に NH_4^- 区のほうで高くなった。

つぎに NaCl 加用の場合の外観症状につき、以上 NaCl 無加用の場合と比較検討すると、NaCl 処理濃度が蔬菜により異なることに注意を要するが、各 N 形態区についてはほぼ上記同様の症状がみられた。しかし NH_4^- 区では黄化が一層顕著なものも多く、またハクサイ、ニンジンなどは同区で葉質が非常にもろかつた。外観症状の面から、NaCl 存在下における NH_4^- -N 施用がとくに不利と思われたのはハクサイで、その最も問題になる症状は内葉周辺の壊死であつて、本症状は NO_3^- 区でも認められたが、 $\text{NH}_4^- + \text{NO}_3^-$ 区ではさらに顕著であつた。また NH_4^- 区ではきわめて生育不良で同症状を現わすに至らなかつたが、全体的に著しく黄化して早く枯れ上り始め、下葉には壊死や葉焼けを生じた。葉焼けは $\text{NH}_4^- + \text{NO}_3^-$ 区でも生育後期に下葉に認められた。上記の内葉周辺の壊死は、葉中 Ca 含量が NH_4^- -N 施用および NaCl 加用によつて減少していることを考え合わせて、Ca 欠乏症状と推定される。堀らのハクサイを水耕し、Ca 欠乏症状が、培養液の Ca 濃度を低めることによつても、また塩類濃度を Ca を含めて高めることによつても容易に発生し、とくに N 源の一部に NH_4^- -N を含む場合に著しいことを認めた。なお今回の試験のように、過剰の NaCl 存在下において NH_4^- -N を施用した場合には、GERALDSON⁽⁹⁾ の指摘するように、過剰の NH_4^- および Na の存在、全塩類に対する Ca 比率の低下などによつて Ca 欠乏をおこしやすいことは十分に考えられる。つぎに問題なのは、供試個体数が十分でないが、ニンジンが NaCl 4000 ppm 加用の $\text{NH}_4^- + \text{NO}_3^-$ 、 NH_4^- 両区で高い岐根率を示したことである。RALEIGH⁽²³⁾ は、 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 、 NH_4OH 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ などがニンジンの岐根発生の原因となることを報告しているが、今回は NaCl 加用の条件下で同様の効果を認めた。以上各葉、根葉の外観症状の面から、NaCl 加用の場合を無加用の場合と比較すると、 NO_3^- 区は最も問題が少ないが、 NH_4^- -N の施用割合の増加につれて、生育、収量、品質に悪影響のある症状を一層著しく生ずる傾向がある。その原因としては、必須 cation の吸収阻害、Cl や Na の葉中集積、根の吸水阻害などの助長されることが考えられる。

3. 植物体の分析結果

植物体の分析結果の考察には、処理による乾物率の差や、蔬菜による NaCl 処理濃度の差に留意する必要がある。

る。

まず N の NaCl 無加用の場合の葉中含量は、一般に NH_4^- -N 施用区でやや増加する傾向があるが、ただハウレンソウでは NH_4^- 区で著しく減少した。一般には NH_4^- 区のほうが N 含量が多いことが認められており^(4,8,13,24)、著者の果菜⁽¹⁸⁾に関する実験でも同様であつた。ハウレンソウにおける例外的傾向は説明し難いが、その NH_4^- 区は培養液の pH の変化がほとんど認められなかつたことから、同区での NH_4^- 吸収は少なかつたと思われる。根中 N 含量は一般に NH_4^- 区のほうで増加した。一方 NaCl 加用の場合の葉中 N 含量は NaCl 無加用の場合とは逆に NH_4^- 区のほうで減少するものが多かつたが、根中 N は多くは増加した。

P の NaCl 無加用の場合の葉中含量は、各蔬菜とも NH_4^- 区のほうで増加したが、同様の傾向は果菜⁽¹⁸⁾や他の研究者の報告^(8,13,20,24)でも認められている。NaCl 加用の場合における葉中 P 含量も、一般に NH_4^- -N 施用により増加した。根中 P 含量は NaCl 無加用、加用の場合とも N 形態による変化が不規則であつた。

K の NaCl 無加用の場合の葉中含量は、たいてい NH_4^- -N の割合が増すにつれて減少したが、同様の傾向は他にも報告されており^(20,24)、 NH_4^+ と K^+ の間には拮抗作用が認められる。根中 K 含量も同様であつた。NaCl 加用の場合の K 含量は、葉、根中ともやはり NH_4^- 区のほうで減少したが、なお Na^+ との拮抗作用による含量低下がみられた。蔬菜によつては NH_4^- 区で K 欠乏と推定される症状を認めたが、その場合、K 含量のより低い NaCl 加用区のほうが症状が著しいということはなく、これには Na の K に代替作用が関連すると思われる。

Ca、Mg の NaCl 無加用の場合の葉中含量は、おおむね NH_4^- -N の割合が増すにつれて減少した。同様の傾向は果菜⁽¹⁸⁾でも認められ、なお他にも報告されており^(8,11,21,24)、 NH_4^+ と Ca^{++} 、 Mg^{++} との間には拮抗作用が認められる。 NH_4^- 区における葉脈間黄化は Mg 含量低下が原因する場合があると思われる。根中の Ca、Mg 含量も一般に NH_4^- 区のほうで減少した。NaCl 加用の場合における Ca、Mg 含量は、葉、根中ともやはり NH_4^- 区のほうで減少したが、なお Na^+ との拮抗作用による含量低下がみられ、とくに Ca について著しく、前述の如くハクサイでは Ca 欠乏症状を認めた。

以上より、K、Ca、Mg については、 NO_3^- 区における施用レベルが他 2 区よりやや高いことを考慮に入れても、なお NH_4^+ との間には拮抗作用のあることは明らかで、かかる必須 cation の含量低下は、 NH_4^- -N 施用区の生育が劣る一原因と考えられるが、さらに過剰の NaCl

が存在すると、 Na^+ との拮抗による含量低下が加わるということが重要である。

Cl 、 Na は、その無加用の場合でも植物体中にかなり含まれるのは、砂あるいは水道水に由来するものであろう。 NaCl 加用の場合では、まず葉中 Cl 含量は、各蔬菜とも NO_3 区が最低で、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区、 NH_4 区の順に高くなる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用区のほうが NO_3 区よりも Cl 含量が高いことを認めた報告は他にもあるが^(2,6,25)、今回の葉、根菜については、さきの果菜⁽¹⁸⁾よりも、かかる傾向が明瞭に認められた。根中の Cl 含量は、根菜（肥大根中）では NH_4 区の方で増加したが、葉菜では一般に減少した。次に Na 含量は、葉、根中とも、各蔬菜について Cl とほとんど同様の傾向を示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用による Cl や Na の葉中集積の増加は好ましくなく、とくに両 ion に敏感な作物では不利と考えられる。

葉中の炭水化物含量は、 NaCl 無加用の場合には、各蔬菜とも NH_4 区の方で増加した。しかし NaCl 加用の場合は、カブやとくにハクサイでは他のものとは逆に著しく減少した。 N 形態や NaCl 処理と炭水化物代謝との関係の考察には、さらに炭水化物の各 fraction 別の分析を要する。

4. 結 論

ここでまず NaCl 無加用の場合について要約すると、生育、収量は一般に NO_3 区が最も優れ、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区はこれよりかなり劣る場合が多く、 NH_4 区はさらに著しく劣りかつ種々の特殊症状を現わして品質を損じた。同様の傾向は、従来の多くの研究者による各種畑作物の水、砂耕試験でも認められているが、今回 $\text{NH}_4\text{-N}$ の劣つた原因としては、完全には調節し得なかつた培養液の pH 低下の害（ NH_4 区）、 NH_4 と拮抗的な必須 cation の吸収阻害、植物体内の NH_4 蓄積の害などが考えられたが、これらは従来も指摘されているところである。

つぎに本実験の目的である、過剰の NaCl が存在する場合の両形態 N の比較については、 NaCl 濃度が蔬菜によつて異なりまた各 1 段階のみであるが、生育はやはり $\text{NO}_3\text{-N}$ の方が優れた。そして外観症状からみても、 NO_3 区は最も問題が少ないが、 NH_4 区は一般に生育、収量、品質に悪影響のある特殊症状が、 NaCl 無加用の場合より一層著しく現われ、蔬菜によつては $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区でもその傾向があり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用は不利であつた。これは果菜⁽¹⁸⁾と同様の結果であつて、その原因をおもに無機栄養の面から検討した結果、第 1 に、過剰の Na に加えて NH_4 の存在による必須 cation（とくに Ca ）の吸収阻害の助長、第 2 に葉中における Cl や Na 集積の $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用による増加が考えられた。以上の 2 点は果菜⁽¹⁸⁾の

場合と同様であるが、今回は NaCl 処理濃度が一般に高く、また葉、根菜では果菜の影響がないためか、一層明瞭に認められた。その他、培養液の高い浸透圧と、根に対する NH_4 害とが加わつて、吸水を著しく阻害することが、症状から推測される場合があつたが、この点はさらに検討を要する。なお NaCl が収量に及ぼす影響が各 N 形態について必ずしも同等でなく、しかもその傾向が蔬菜により一様でないことも今後の検討を要する。

さきの果菜⁽¹⁸⁾ならびに今回の葉、根菜についての一連の実験によつて、これら畑作蔬菜の砂耕における N 源として、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ より問題点が少なく適しているが、とくに過剰の NaCl が存在する場合の $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用は不利であることが認められた。一般土壌では $\text{NH}_4\text{-N}$ を施用しても、土壌膠質による緩衝作用や吸着作用、および盛んな硝化作用によつてほとんど障害がないものと思われるが、本邦の蔬菜塩害地は多くが砂質で膠質粒子が少なく、砂耕条件に似ており、緩衝作用は弱く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を施用した場合にはかなり遊離 NH_4 の状態にあるおそれがある。また塩分濃度が高いと硝化作用が衰えるという報告もある^(12,27)。以上のことを考え合わせると、砂質の蔬菜塩害地における N 源としては、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のほうが $\text{NH}_4\text{-N}$ より優れており、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の偏重多用は好ましくない場合があると思われる。なお NH_4NO_3 のような $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の併用は、注意すれば $\text{NO}_3\text{-N}$ に匹敵する収量をあげ得ると思われるが、塩害条件下では、蔬菜によつては必須 cation とくに Ca の欠乏をきたしたり、 Cl や Na の葉中集積が高まつて害を生ずるおそれがあり注意を要する。なお $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用は、一般土壌ではその流亡が問題となるが、元来流亡し易い砂質地では、薄い液肥としてしばしば施す方法が採れると理想的である。ともかく蔬菜の塩害問題には、 N 供給形態も重要な関連を有することに留意すべきと考える。

IV. 摘 要

ハウレンソウ、ハクサイ、セルリー、カブ、ニンジンを経ガラス室内で砂耕し、 NaCl 処理（無加用および加用）と、 NO_3 （ K 、 Ca 、 Mg の NO_3 塩混合）、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ （ NH_4NO_3 ）、 NH_4 （ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ）の 3 種 N 形態処理とを組み合わせ、これら蔬菜の塩害と N 供給形態の関係を調べた。施用 N 濃度はすべて 10 m. e./l 一定とし、 NaCl 加用濃度はハウレンソウ、ハクサイでは 8000 ppm、セルリーでは 6000 ppm、カブでは 2500 ppm、ニンジンでは 4000 ppm とし、また培養液の pH は 6.2～6.4 に調節した。

1. 各蔬菜の生育、収量は、 NaCl 無加用および加用

の場合とも、 NO_3 区は NH_4 区よりもはるかに優れ、また $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区は一般に NO_3 区と比べてほぼ同等もしくは劣つた。 NaCl が収量に及ぼす影響は各N形態について必らずしも同等でなかつた。

2. 植物体の乾物率は、一般に NH_4 区のほうで高くなつた。

3. 外観症状は、 NaCl 無加用の場合では、 NO_3 区は特殊症状を生じないが、 $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区は NO_3 区より葉色の濃い蔬菜があり、ハクサイでは葉のチリメン状が著しくてゴワゴワになつた。さらに NH_4 区は、一般に葉全体あるいは葉脈間の黄化、葉焼け、葉の下垂などを生じた。枯葉率は NH_4 区のほうで高率となつた。また NH_4 区では細根が褐色あるいは紫色をおびる蔬菜があつた。

NaCl 加用の場合では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用は不利な特殊症状を NaCl 無加用の場合より一層著しく生じた。即ち NH_4 区では一般に黄化が一層著しく、蔬菜によつては葉質が非常にもろかつた。なおハクサイでは Ca 欠乏と推定される内葉周辺の壊死が、 NO_3 区より $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 区でさらに顯著であり、 NH_4 区は極めて生育不良で、全体的黄化、葉縁の壊死、葉焼けなどを現わした。ニンジンでは $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ 、 NH_4 両区で高い岐根率を示した。

4. 植物体の無機要素含量については、 NaCl 無加用の場合では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の供給割合の増加につれてNは一般に葉、根中とも増加の傾向を示し、Pは葉中では増加したが根中では不規則であつた。K, Ca, Mgなどは葉、根中とも一般に $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合の増加につれて減少した。

NaCl 加用の場合も、葉中N含量が一般に NH_4 区の方で減少した他は、各要素につきおおむね上記と同様の傾向であつたが、一般に必須 cation は Na との拮抗による含量低下をきたした。なお Cl, Na は葉中では $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が増すにつれて増加したが、根中では蔬菜により傾向を異にした。

5. 過剰の NaCl が存在する場合、供試蔬菜のN源として、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ よりはるかに優れ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用は必須 cation とくに Ca の著しい吸収阻害や、Cl および Na の葉中集積の増加などをきたし、種々の不利な影響があることに注意を要する。

引用文献

1. ARNON, D. I. 1937. Ammonium and nitrate nitrogen nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen ion concentration, manganese, copper and oxygen supply. *Soil Sci.* 44 : 91-121.
2. BUCHNER, A. 1951. Über die Änderung des Mineralstoffhaushaltes durch Chloriddüngung bei Ammoniak- bzw. Nitraternährung. *Z. Pflanzenernähr., Düng., u. Bodenk.* 55: 124-144.
3. CLARK, H. E. and J. W. SHIVE. 1943. The influence of the pH of a culture solution on the rates of absorption of ammonium and nitrate nitrogen by the tomato plant. *Soil Sci.* 37 : 203-225.
4. . 1936. Effect of ammonium and nitrate nitrogen on the composition of the tomato plant. *Plant Physiol.* 11 (1) : 5-24.
5. GERALDSON, C. M. 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato, and pepper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 621-625.
6. HARWARD, M. E., W. A. JACKSON, J. R. PILAND and D. D. MASON. 1956. The relationship of chloride and sulfate ions to form of nitrogen in the nutrition of Irish potatoes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20 : 231-236.
7. 堀 裕・山崎肯哉・上浜竜雄・青木正孝. 1960. 蔬菜の石灰栄養に関する研究(第2報)ハクサイの石灰欠乏症状ならびにその発生に及ぼす培養液組成および濃度の影響. *園学雑.* 29 (3) : 169-180.
8. 岩田正利・谷内武信. 1953. 窒素形態の差異と蔬菜の生育. *園学雑.* 22 (3) : 183-192.
9. . 1958. (第2報) 各種形態窒素の施用濃度がコカブの生育に及ぼす影響. *園学雑.* 27 (1) : 21-31.
10. . 1962. (第3報) 培養液中の陽イオン濃度ならびに pH との関係. *園学雑.* 31(1) : 39-52.
11. JACOBSON, H. G. M. and T. R. SWANBACK. 1933. Relative influence of nitrate and ammoniacal nitrogen upon intake of calcium by tobacco plants. *Plant Physiol.* 8(2) : 340-342.
12. 奥田 東・徳弘俊策・上杉郁夫. 1951. 塩害地における窒素の形態変化に関する研究(第1報)塩分との関係(講演要旨) *土肥雑.* 22 (1) : 74.
13. . 1951. 作物の窒素代謝に関する研究. *土肥雑.* 22 (2) : 6-8.
14. ŌSAWA, T. 1955. Effects of the available nitrogen different in forms on Pak-choi, *Brassica chinensis* L., injured by the salinity. *Bull. Univ. Osaka Pref., Series B.* 5 : 15-18.
15. 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)葉菜類について. *園学雑.* 30 (1) : 48-56.
16. . 1961. (第3報) 根菜類について. *園学雑.* 30 (2) : 161-166.
17. . 1961. (第4報) 特に無機栄養より見た蔬菜の相対的耐塩性と塩害について. *園学雑.* 30 (3) : 241-252.
18. . 1962. 蔬菜の塩害と窒素供給形態の関係(第1報)数種果菜について. *園学雑.* 32(1) : 53-63.

19. PIRSCHLE, K. 1929. Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. Ber. deutsch. bot. Ges. 47 : (86)-(92).
20. . 1931. . IV. Z. Pflanzenernähr., Düng., u. Bodenk. 22 (A) : 51-86.
21. PRIANISCHNIKOW, D. N. 1929. Zur Frage nach der Ammoniakernährung von höheren Pflanzen. Biochem. Z. 207 : 341-349.
22. . 1933. Über die äusseren und inneren Bedingungen der Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs durch die Pflanzen. Z. Pflanzenernähr., Düng u. Bodenk. (A) 30 : 38-82.
23. RALEIGH, G. J. 1942. The effect of manures, nitrogen compounds and growth promoting substances on the production of branched roots of carrots. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41 : 347-352.
24. 高橋達郎・竹山賢治. 1952. たばこの加里栄養に関する研究（第2報）培養液の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の割合が加里その他の要素の吸収に及ぼす効果. 土肥雑. 22 (3) : 206-208.
25. . 吉田大輔. 1957. たばこ植物の栄養に及ぼす各種イオンの相互作用について（第6報）アンモニア態, 硝酸態窒素と Cl 及び SO₄ の相互作用. 土肥雑. 28 (5) : 181-184.
26. TIEDJENS, V. A. 1934. Factors affecting assimilation of ammonium and nitrate nitrogen, particularly in tomato and apple. Plant Physiol. 9 (1) : 31-57.
27. YANKOVITCH, L. and YANKOVITCH. 1953. Nitrification dans les terres salées. C.R. Acad. Agr. 39 : 321-323. (Soils and Fertilizers 16 : 1395).

抄 録

リンゴ果実の大小と果肉細胞の大きさならびに数との関係

一般に果実の貯蔵性の強弱はその果肉細胞の大小に関係すると考えられている。以下の実験は、2, 3 の異なる条件下で発育したリンゴ果実の大小に果肉細胞の大きさならびに数がどのように関係するかを明らかにしたものである。

実験には 32 年生 M VII 台の Cox's Orange Pippin の矮性樹を用いた。果肉細胞数は果実の赤道面を横断する果肉部分の細胞数を各果実 16 か所について数え、平均したもので表わし、また果実赤道面の果肉部分の厚さを上述細胞数で除したものを果肉細胞の直径とした。

1. 同一樹における果実：果実の大きさが同じであつても、果肉細胞の大きさには相当変異を認めたが、一般には果実の大きさが大きくなれば、果肉細胞の大きさも大きくなる傾向があつた。そして中果と大果との間よりも小果と中果との間で果肉細胞の大きさの差がいちじるしかつた。また果肉細胞数は果重との間に密接な関係が認められ、中果だけについて比較してみても、中果の中でも大きな果実は小さな果実よりも多くの果肉細胞からなつていた。

2. 結実量の異なる樹における果実：結実少量樹の果実発育は結実多量樹のそれよりも優れ、満開後 12 週目で 5 % 水準の有意差を認めた。したがつて平均果重は結

実量と逆の関係を示し果肉細胞の大きさと数は結実量が少なくなるとともに増加した。

3. 晩期摘果を行なつた樹における果実：摘果処理は June drop の終つた後 7 月 13 日に行なつた。これはすでに処理時期が果肉細胞分裂停止期以後であることから摘果によつてむしろ果肉細胞数より果肉細胞の大きさが増加することを期待したものである。その結果、摘果樹の果実は摘果後 10 日目ですでに無摘果樹のそれよりも大きい傾向を示し収穫時における果重の差は 5 % 水準で有意差を認めた。一方、収穫時における果肉細胞の大きさは摘果樹の果実において無摘果樹におけるよりもわずかに大きかつたが有意差は認めなかつた。しかるに果肉細胞の数は無摘果樹に比べ摘果樹の果実において多く、両者の間には 1 % 水準で有意差を認めた。したがつてリンゴ果実における果肉細胞の分裂は、受粉後数週間で停止すると考えられているにもかかわらず、摘果処理が刺激的に働いて、その後も徐々に分裂を続け果肉細胞数が増加した結果、摘果樹において果実が大きくなつたものと考えられる。

(行永寿二郎)

DENNE, M. P. 1960. Observations on cell size and number in relation to fruit size in apples. Ann. Rep East Malling Sta. : 120-122.