

ウリ科作物における耐塩性と
ナトリウムの吸収・移行特性

山内益夫*・松本法子*・前田吉広*・長井武雄*

昭和61年5月31日受付

The Relations between Salt Tolerance and the Characteristics
of Sodium Absorption and Distribution in Cuculbitacea Plants

MASUO YAMANOUCHI, NORIKO MATSUMOTO, YOSHIHIRO MAEDA
and TAKEO NAGAI

Twelve plants of cucurbitacea were grown in the culture solutions with 3 levels of NaCl (0, 40 and 80 mM).

1. In melon plants the significant negative correlation was recognized between Na concentration and the relative growth of leaves, but no relations were recognized in watermelon and pumpkin cultivars.
2. The watermelon and pumpkin accumulated Na in their stems, and retarded the rise of Na concentration in their leaves. Their characteristics, however, were not related with their salt tolerance.
3. The retarded growth due to NaCl supplied were not caused by the retarded absorption of the other cation-nutrients.
4. As the state of water in the detached leaves of sunflower changed the easily transpiring water decreased when sunflower was grown in high osmotic solutions. These results were not related with Na concentration in leaves.

We discussed in this paper that the state of water in the plant is important factor when we are concerned with the response of salt or water stress.

緒 言

中生植物の耐塩性の作物間差の発現機構に関わる特性値として、葉中の Na 濃度/根中の Na 濃度比³⁾、全カチオン/全アニオン比^{4,5)}、K の吸収阻害の差⁷⁾等々が挙げられている。しかし、それらの特性値で説明できない例も多い⁸⁾。前報⁹⁾において、20作物を対象に耐塩性の作物間差を検

討した。その結果、葉の Na 含有率と地上部相対生長量(対照区に対する指数)の間には、供試作物全体では何ら有意な関係を認めることは出来なかった。しかし、科別に群分けしてみると、耐塩性の強い科の作物が高塩処理で同一の生育阻害を受けるためには、弱い科の作物に比べ、より高い Na 含有率になることを認めた。一方、同一科内では、耐塩性の強い作物は、弱い作物より葉の Na 含有率

* 鳥取大学農学部農芸化学科作物栄養学研究室

Department of Agricultural chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University

の上昇が小さくなる傾向を認めた。ただし、この点は、各科内の作物数が少ないため、さらに検討を要すると思われた。

本実験はウリ科作物を用い、それらを高塩 (NaCl) 濃度培地で栽培したときの、生育阻害状況と Na 吸収・移行特性との関連を明らかにする目的で行なった。

実験材料と方法

実験 1 供試作物は第 1 表のとおりで縞瓜、白瓜、メロン 3 種、西瓜 3 種、カンピョウ、南瓜 3 種の計 12 種である。それぞれの種子を砂床に播種し (8 月 29 日)、双葉が充分展開した後、苗を抜き取り養液栽培に移した (9 月 3 日)。即ち、8 l 容の長方形の樹指製容器に発泡スチロールで成形した蓋をのせ、その蓋に穴をあけ、スポンジの小片で苗を固定した。容器当り 9 本立てとして、苗が適当な大きさになるまで均一栽培した後、高塩処理を施して栽培を継続した。高塩処理の時点で間引きを行ない、容器当り 5 本立てとした。

用いた基本培養液組成は既報⁹⁾のそれに準じた。処理区は、40 と 80 mM NaCl (以下 40 mM 区及び 80 mM 区と称す) となるように基本培養液に塩化ナトリウムを添加した区と無添加の対照区からなる。培地の pH は培養液更新時に 5 とし、5 ~ 7 日で更新した。更新時、液量を測定し、その減少量を吸水量とした。栽培は連続通気し、ガラス室内で行なった。

処理期間は作物により異なり、カンピョウ、南瓜は 9 月 13 日 ~ 10 月 2 日、他の作物は 9 月 17 日 ~ 10 月 5 日の 18 日間である。

収穫時、生育調査を行ない、葉身、茎 (葉しょうを含む)、根に分け、葉の新鮮重を測定後、流水でそれぞれ洗浄し、乾燥、秤量、粉碎して分析に供した。

無機成分の分析は、細粉試料を湿式分解 (10HNO₃: 4HClO₄: 1H₂SO₄) 後、分解液につき、Na と K は蛍光法で、Ca と Mg は原子吸光法、P は比色法で測定した。Cl は細粉試料を熱水抽出 (0.5g/100ml) した液につき、容量法で測定した。

実験 2 養液栽培したヒマワリ 30 日苗を、3 種の高浸透圧処理を施した養液に移した。即ち、基本培養液のみの対照区と、基本培養液に 120 mM NaCl となるように NaCl を添加した区 (NaCl 区) とポリエチレングリコール (6000) 100g を 1 l の基本培養液に溶解した区 (PEG 区) の 3 区である。処理後 4 日間栽培を継続 (連続通気、ガラス室内) した後、完全に展開した上から第 2 葉の葉を採取し、葉からの脱水の経時変化を測定した。

切断葉からの脱水速度の測定は異なる 2 つの条件下で行なった: 1) 明所・低温 (連続照明下の室内) 2) 暗所・高湿・恒温 (底部に水を張った容器内に網製の台を置き、その上に葉を並べて蓋をした容器を 30°C 恒温器内に設置)

これらの葉の重量を経時的に測定し、終了後 105°C で一夜放置して乾物重を求めた。脱水状態は以下の式で求めた。

$(a-b)/(a-c) \times 100$ a: 採取時の葉の重量, b: 各時間の葉の重量, c: 葉の乾物重量, 測定は各 5 反復で行なった。

結 果

実験 1 a) 生育調査 収穫期のウリ類の生育状況は第 1 表に示したとおりである。本実験条件下では対照区 (0) の西瓜の草丈の伸長は、他のウリ類より急速で、80cm 以上であったが、縞瓜、白瓜、ニューメロン、つるなしやっこ南瓜は 30cm 以下と伸長は遅かった。出葉数は縞瓜 = 西瓜 > メロン > 白瓜 > カンピョウ = 南瓜の順であった。処理区 (40, 80) の出葉指数 (対照区に対する指数) と葉の乾物重の指数との間にはかならずしも高い相関関係はなく、供試作物によって、高塩処理の出葉速度抑制効果と葉の肥大抑制効果に差のあることを示している。それに対して NaCl の草丈伸長抑制効果と茎重抑制効果とはより密接な関連にあり、草丈指数と茎重指数の間には 0.628 の相関係数を有する正の相関関係を示した。

処理区の各器官の乾物重指数をもって相対生長量を表現すると、葉の相対生長量と茎および根の相対生長量との間の相関係数は、それぞれ 0.824 と 0.684 で、茎とは比較的高く、根とはやや低い正の相関関係を示した。

葉の水分含有率については瑞祥西瓜 (8) の 40 mM 区が対照区の 82% と低くなったほかは、対照区に比べて大きな低下はなく (0.95 ~ 1.03)、むしろ対照区より高くなった例も多かった。葉の水分含有率と葉の相対生長量との間には有意な相関関係は認められなかった。

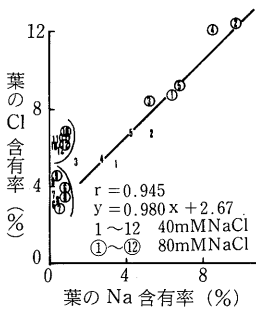
b) ナトリウムとクロール含有率 器官別の Na 含有率と Cl 含有率の関係は第 1 ~ 3 図に示した。葉 (第 1 図) では縞瓜 (1)、白瓜 (2)、メロン (3 ~ 5) (以下メロン系と称す) のみが両者の間に高い正の相関関係を示したが、その他のウリ類では Cl 含有率に比べ Na 含有率は著しく低く、特に南瓜では Cl 含有率が 7% 以上になるのに対して Na 含有率は 1% 以下であった。茎 (第 2 図) では、南瓜の 3 品種を除いた作物で、Na と Cl 含有率の間に高い正の相関関係 ($r = 0.928$) を認めた。根 (第 3 図) では、

第1表 生育調査結果

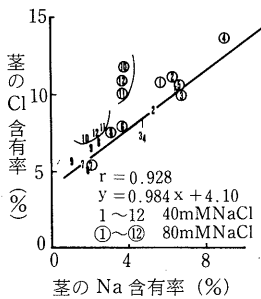
No	市販名	草 丈			葉 数			葉 乾 物 重			茎 乾 物 重			根 乾 物 重			葉 水 分 含 有 量		
		cm			枚/本			g/本			g/本			%					
		0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80	0	40	80
1	黒門青	24.6	0.80	0.57	17.3	0.71	0.46	2.61	0.70	0.48	1.33	0.70	0.48	0.44	0.82	0.71	87.9	1.00	1.01
2	桂白大	24.8	0.67	0.46	12.5	0.66	0.52	2.03	0.48	0.40	0.92	0.48	0.40	0.53	0.63	0.32	88.7	1.03	0.98
3	ニューメロン	28.8	0.62	0.37	13.8	0.78	0.60	1.58	0.65	0.48	1.08	0.65	0.48	0.38	0.74	0.31	88.5	1.01	1.02
4	プリンスメロン	39.5	0.62	0.33	15.8	0.84	0.60	2.21	0.62	0.44	1.67	0.62	0.44	0.38	0.96	0.43	88.1	1.03	1.01
5	長岡交配スーパーメロン	46.7	0.49	0.64	15.0	0.73	0.97	2.75	0.52	0.46	1.92	0.52	0.46	0.74	0.64	0.47	89.4	0.99	1.04
6	神田交配ミニラグビー	124.5	0.62	0.45	23.5	0.63	0.52	4.77	0.44	0.33	3.94	0.44	0.33	0.59	0.47	0.39	87.6	0.95	0.97
7	長岡交配赤こだま	81.7	0.88	0.72	16.7	0.84	0.78	2.02	0.70	0.65	1.68	0.70	0.65	0.28	0.67	0.50	89.0	0.94	0.96
8	長岡交配祥瑞西瓜	82.0	0.74	0.53	22.0	0.64	0.55	4.36	0.61	0.49	2.79	0.61	0.49	0.67	0.56	0.47	86.2	0.82	0.99
9	10貫目大丸カンピョウ	48.8	0.71	0.46	8.3	0.78	0.70	3.73	0.43	0.36	1.79	0.43	0.36	1.02	0.34	0.26	86.3	1.03	1.03
10	長岡交配つるなしやっこ南瓜	16.9	0.91	0.77	8.8	0.83	0.80	1.91	0.56	0.45	2.04	0.56	0.45	0.30	0.88	0.67	88.6	1.02	0.99
11	長岡交配栗えびす南瓜	43.0	0.62	0.57	9.5	0.90	0.82	2.39	0.51	0.46	2.49	0.51	0.46	0.22	0.52	0.52	88.5	1.03	1.00
12	長岡交配栗えびす南瓜	40.1	0.71	0.69	9.8	0.80	0.87	1.79	0.68	0.56	1.80	0.45	0.56	1.09	0.91	0.83	88.9	1.00	0.98
相 関 係 数					-0.408			-0.824			-0.250			-0.684					

*対照区(0)に対する指数

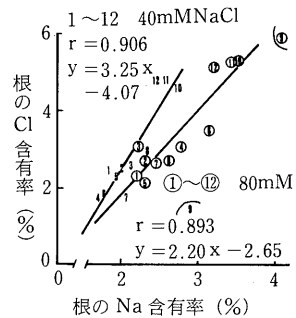
処理期間 9/13~10/12 (9~12) 9/17~10/5 (1~8)



第1図 葉のナトリウム含有率とクロール含有率の関係
図中の番号は第1表に準ずる



第2図 茎のナトリウム含有率とクロール含有率の関係
図中の番号は第1表に準ずる

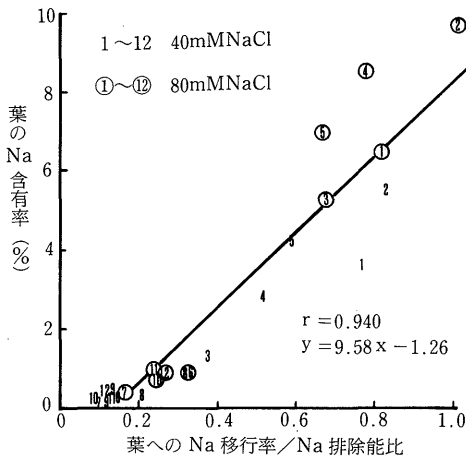


第3図 根のナトリウム含有率とクロール含有率の関係
図中の番号は第1表に準ずる

第2表 乾物重, ナトリウムとクロールの器官別分布割合 (%)

作物	40mM NaCl						80mM NaCl					
	葉			莖			葉			莖		
	D.W.	Na	Cl	D.W.	Na	Cl	D.W.	Na	Cl	D.W.	Na	Cl
メロン系	55.8 ±5.4	49.6 ±13.9	54.2 ±6.6	26.6 ±6.5	41.6 ±12.7	40.0 ±7.9	59.0 ±4.1	62.0 ±19.7	61.8 ±14.0	28.8 ±4.3	34.8 ±19.1	34.2 ±13.6
西瓜	55.7 ±3.8	14.7 ±5.0	45.3 ±1.5	37.0 ±4.4	70.0 ±5.2	52.3 ±0.6	60.0 ±3.6	26.3 ±8.1	45.3 ±3.5	32.0 ±5.0	59.3 ±8.5	48.7 ±4.5
南瓜	48.3 ±1.2	9.7 ±1.2	48.7 ±0.6	37.7 ±5.8	69.0 ±4.6	44.0 ±1.0	53.3 ±2.1	22.7 ±0.6	48.7 ±2.1	33.0 ±1.0	58.7 ±2.9	44.0 ±2.6
カンピョウ	57	11	61	31	45	32	70	84	80	16	12	16

平均値±標準偏差



第4図 Naの移行率/Na排除能比と葉のNa含有率の関係

図中の番号は第1表に準ずる

移行率-Na含有率

$$r = 0.945 \quad y = 11.9x - 1.56$$

排除能-Na含有率

$$r = -0.733 \quad y = -33.7x + 32.8$$

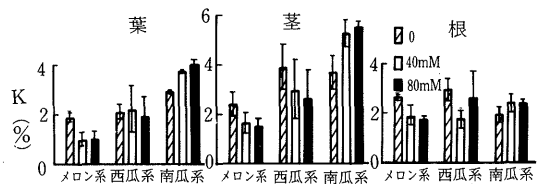
カンピョウを除いた作物で40mM区 ($r = 0.906$)と80mM区 ($r = 0.893$)それぞれにおいて両イオンの間に正の相関関係を認めた。

乾物重の器官別構成割合とNaとClの器官別分布割合をメロン系(1~5)と西瓜, 南瓜, カンピョウに分けて第2表に示した。西瓜と南瓜はメロン系のウリに比べNaの莖への蓄積割合が著しく高く, 80mM区でも59%を占めた。これが, それらの作物の莖が特に大きいためではないことは, 西瓜と南瓜の莖乾物重の割合が32~33

%でメロン系の約29%とそれ程差のないことから明らかである。カンピョウのNa蓄積割合は, 40mM区では西瓜, 南瓜系と類似したが, 80mM区では葉への蓄積割合が増加した。メロン系のNa, Cl, 他の作物のClは葉と莖に比較的均等に分配された。

葉のNa含有率は葉へのNa移行率/Na排除能⁶⁾比との間に高い正の相関関係 ($r = 0.940$)を示した(第4図)。移行率, 排除能それぞれ単独では, 葉のNa含有率との間にそれぞれ $r = 0.945$ と $r = -0.723$ の相関係数を示す相関を有することから, 葉のNa含有率は葉へのNa移行率の変動の影響を強く受けていることがうかがわれる。

c)他の無機要素含有率 他の無機要素(K, Ca, Mg, P)含有率に及ぼす処理の影響を第5図, 第3表に示した。



第5図 器官別カリ含有率

系内作物は第3表に準ず。タテ細線は標準偏差を示す。

メロン系の葉, 莖と根, 西瓜系(含カンピョウ)の莖において, K含有率(第5図)は, NaCl処理濃度の上昇にともなって低下する傾向を示したのに対し, 南瓜系は全ての器官で逆に上昇する傾向を示した。Ca含有率(第3

* $\frac{a-b}{a} \times 100$ a: 水と等速で吸収されたと仮定した時のNa吸収量 b: 実際のNa吸収量

第3表 カルシウム、マグネシウムとリン含有率

作物器官	Ca (%)			Mg (%)			P (%)		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
メロン系 葉	1.39±0.12	1.32±0.65	1.18±0.19	0.69±0.08	0.57±0.11	0.61±0.08	1.41±0.22	3.73±0.04	3.99±0.21
メロン系 茎	0.60±0.15	0.48±0.14	0.46±0.15	0.70±0.16	0.47±0.21	0.43±0.19	1.71±0.38	5.26±0.56	5.51±0.25
メロン系 根	0.24±0.04	0.19±0.02	0.29±0.10	0.20±0.01	0.15±0.02	0.17±0.04	1.78±0.70	2.43±0.36	2.42±0.18
西瓜系 葉	1.37±0.32	1.08±0.18	0.96±0.13	0.59±0.14	0.54±0.08	0.54±0.08	1.04±0.09	1.32±0.80	1.29±0.73
西瓜系 茎	0.59±0.15	0.38±0.04	0.47±0.22	0.65±0.17	0.56±0.06	0.54±0.07	1.00±0.24	1.21±0.48	1.17±0.46
西瓜系 根	0.22±0.03	0.16±0.04	0.16±0.03	0.21±0.03	0.13±0.01	0.12±0.02	1.47±0.27	1.84±0.46	2.42±0.45
南瓜系 葉	1.36±0.24	1.61±0.17	1.76±0.06	0.83±0.12	0.98±0.05	1.18±0.05	1.83±0.07	1.87±0.06	2.24±0.07
南瓜系 茎	0.37±0.04	0.30±0.05	0.33±0.01	0.48±0.04	0.35±0.10	0.32±0.02	1.37±0.06	2.02±0.05	2.41±0.15
南瓜系 根	0.26±0.01	0.20±0.02	0.21±0.02	0.30±0.03	0.22±0.02	0.21±0.01	1.79±0.15	2.13±0.24	2.64±0.12

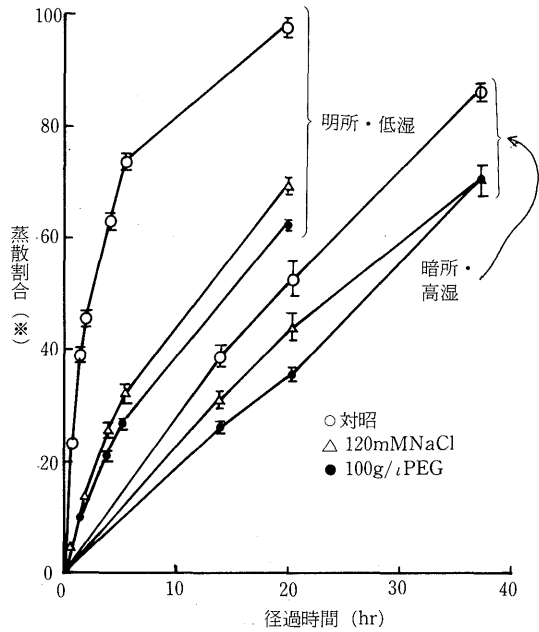
メロン系 (縹瓜, 白瓜, メロン3種) 西瓜系 (西瓜3種, カンピョウ) 南瓜系 (南瓜3種)
 平均値±標準偏差

表)は、メロン系の葉と茎、西瓜系の葉で NaCl 処理濃度の上昇ともなって低下し、南瓜系の葉では逆に上昇を示した。Mg 含有率(第3表)は、メロン、西瓜両系で各器官とも対照区が最も高かったが、南瓜系では K と Ca 含有率と同様に対照区が最も低かった。P 含有率は全ての作物系、全ての器官で、NaCl 処理濃度の上昇ともなって上昇する傾向を示し、これまでの結果¹⁰⁾をさらに裏付けた。

実験2. ヒマワリの切断葉の水分蒸散の経時変化を第6図に示した。葉身採取時の水分含有率は明所区で83~86% (正午に採取)で、暗所区は89.3~90.4% (18時に採取)であった。いずれの条件下でも切断葉からの蒸散速度は、対照区>NaCl区≧PEG区の順であった。暗所では、気孔の開閉状態の処理間差は小さいと考えると、根系を高浸透圧条件に置くことにより、葉では水の状態変化をとまなう何らかの代謝変動が起こっていることが示唆される。また、PEG区も120mMNaCl区と同程度あるいはより強い影響を受けていることから、葉のNa含有率の上昇が、水の状態変化に一義的に影響しているのではないと考えられる。水の状態変化の内容については、現在の所それを明確にすることはできない。しかし、少なくとも容易に蒸散しうる様な形態の水分が減少していることを含む内容である。この水の状態変化と耐塩性の関係については更に検討する予定である。

考 察

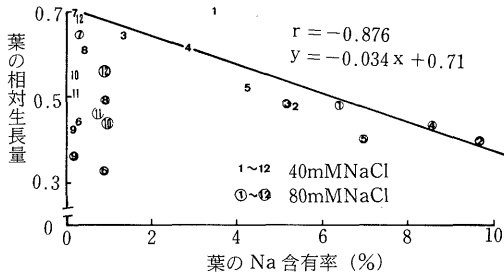
葉の Na 含有率と葉の相対生長量との関係(第7図)は、二群に分けて考えるのが妥当と思われる。即ち、葉の Na 含有率が80mM区で1.5%以下のカンピョウ(9)、西



第6図 ヒマワリ切断葉の蒸散速度に及ぼす高浸透圧の影響

ヒマワリ第2葉使用

- * $(a - b) / (a - c) \times 100$ a : 採取時葉重
- b : 各時間の葉重
- c : 乾燥重量

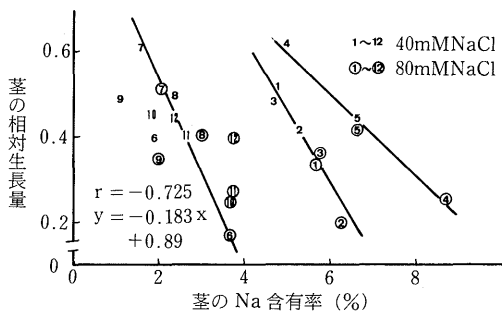


第7図 葉のナトリウム含有率と葉の相対生長量の関係

図中の番号は第1表に準ず

瓜(6~8), および南瓜(10~12)と, 5%以上のNa含有率を示す縞瓜(1), 白瓜(2), メロン(3~5)を含むメロン系の二群である。後者は葉のNa含有率と葉の相対生長量の間を負の相関関係($r = -0.856$)を示したが, 前者の群は有意な相関関係を示さなかった。葉のNa含有率と地上部相対生長量の間にも同様な相関関係が認められ, メロン系のみ高い負の相関関係($r = -0.915$)を示した。葉の相対生長量とCl含有率との間には, 全体としてNa含有率の場合より密接な相関関係が認められた。即ち, キュウリ・西瓜系では $r = -0.645$ ($y = -0.177x + 1.14$ y : 葉の相対生長量, x : 葉のCl含有率), その他の作物で $r = -0.879$ ($y = -0.270\ln x + 1.01$)の負の相関関係を示した。このことは, ClがNaに比べ西瓜, 南瓜系で葉への分布が高まったこと(第3表)からも予想されることである。

茎のNa含有率と茎の相対生長量の間には, 葉の場合よりさらに作物間特性があらわれ(第8図), 三群に分かれた。二分されたメロン系は, 各群の作物数が少なく, 両



第8図 茎のNa含有率と茎の相対生長量の関係
図中の番号は第1表に準ずる

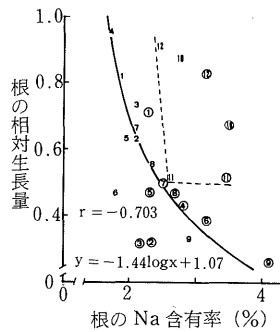
者の関係を云々するのは無理であるが, 残りのカンピョウ, 西瓜, 南瓜系の間では, 有意($P < 0.01$)な負の相関関係($r = -0.725$)が認められた。

根では, 南瓜以外の作物の間にNa含有率と相対生長量の間有意($P < 0.001$)な負の相関関係($r = -0.703$)を認めた(第9図)。

以上のように, 各器官のNa含有率と相対生長量の間には, ウリ科として統一した関連は認められず, より近接した種間あるいは品種間で有意な関連が認められる場合があるという関係がある様に思われる。イネ¹¹⁾と南瓜(未発表)の品種間では, 葉あるいは地上部相対生長量と葉のNa含有率の間に高い負の相関関係を認め, キュウリ(未発表)では有意な相関関係が認められないことを確認している。

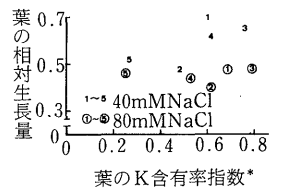
西瓜と南瓜はNaを茎あるいは葉のように多量に蓄積し, 葉身のNa含有率の上昇がメロンなどより著しく低く抑えられていることが認められた(第3表, 第7図)。しかし, これらの作物が特に強い耐塩性を示すわけではなかった。このことは, 培地へのNaCl添加処理による葉の同化力の低下は, 葉のNa含有率の上昇とかならずしも一義的に関わっているのではないことを示唆するものとして興味深い。

高濃度の塩処理による作物の生育阻害が, 他の塩基の吸収阻害を通して行なわれるという指摘も多い²⁾本実験の結果でもメロン系の葉や茎のK含有率, 西瓜系の茎のK含有率において, NaCl添加処理によるかなりの低下が認められた(第5図)。しかし, メロン系の作物を例にして,



第9図 根のナトリウム含有率と根の相対生長量の関係

1~12 40mM NaCl,
①~⑫ 80mM NaCl
図中の番号は第1表に準ずる



第10図 カリ含有率指数と葉の相対生長量の関係

図中の番号は第1表に準ずる
* 処理区の葉のK含有率/対照区の葉のK含有率

対照区の K 含有率に対する 40 あるいは 80 mM NaCl 区の K 含有率の割合と葉の相対生長量の間関係を見ると(第 10 図), 両者の間に有意な相関関係は認められず, NaCl 添加処理による K 含有率の低下が直接的に生育抑制に影響したとは考え難い。また, このことは Ca や Mg についても同様である。

低あるいは中位の塩あるいは水ストレスを与えると, 葉の水分含有率は対照区と変わらないか高まることは, 多くの作物で認められている⁸⁾。このような場合でも作物によっては著しい生育阻害を示す。一般には, 塩あるいは水ストレス処理で植物体内の水分含有率の低下がおこり, 種々の代謝が円滑に回転しなくなると云われている¹⁾が, この場合はこれとは事情が異なる。即ち葉身の水分含有率が高くても, 対照区の葉身とは水の状態が異なり(第 6 図), 酵素あるいは細胞内の微細構造等に水の異常な会合が起こるなどして, それが代謝変動を引き起こしているなどの可能性が考えられる。そして, これは根系環境の浸透圧を高めることによってもたらされる変動で, 体内 Na 含有率の上昇を必要条件としていないことは注目に値する。水の供給速度の低下に対する防御反応の一つであるかも知れないが, この反応と耐塩性との関連は更に検討を要する問題である。

いずれにしても, ウリ科作物, とくに西瓜や南瓜では耐塩性の反応は Na に対する反応というより, 根系が高浸透圧条件にさらされたことに対する反応である可能性が強いものと思われる。

要 約

ウリ科作物 12 種を 0, 40 と 80 mM NaCl を含む培地で養液栽培し, ナトリウムの吸収・移行特性と耐塩性(葉あるいは地上部相対生長量で比較)の関係を検討した。

葉の Na 含有率と葉あるいは地上部相対生長量の間, メロン系 5 作物は有意な負の相関を示したが, 西瓜, 南瓜系では有意な相関を示さなかった。西瓜, 南瓜は Na を茎に多量に蓄積し, Na 添加処理による葉の Na 含有率の上昇はメロン系に比べ, 著しく抑えられたが, この特性が耐塩性を特に助長するとは判定できなかった。Cl は Na と異なり西瓜, 南瓜系においても茎に特に蓄積することはなかった。

Na 以外の塩基 (K, Ca, Mg) に対する吸収阻害は, Na 添加処理による生育阻害の原因ではなかった。

根系を高浸透圧条件下に置くと, 葉身の水分に状態変化が起こり, 容易に蒸散される水が減少することを, ヒマワリの切断葉の例で示した。これは, 葉の Na あるいは Cl 含有率とは直接関係はなかった。これらのことから, 根環境の高浸透圧条件下での, 葉身内の水の状態変化の重要性を指摘した。

文 献

- 1) Janardhan, K. V., and Murty, K. S. : Effect of sodium chloride treatment on leaf injury and chloride uptake by rice seedlings. *Indian J. plant Physiol.* **13**, 225~232 (1970)
- 2) Lett, J., : Response of plants to environmental stress. pp489~530 (1972) Academic Press New York San Francisco London.
- 3) 大沢孝也: 蔬菜の耐塩性に関する研究, とくに無機栄養に関して, 大阪府大紀要農学・生物学 **16**, 15~57 (1965)
- 4) 下瀬昇: 作物の塩害生理に関する研究(第 7 報) タマネギ, セルリー, ホウレン草, キウリ, インゲンの耐塩性について。日土肥誌 **39**, 548~553 (1968)
- 5) 下瀬昇: 作物の塩害生理に関する研究(第 8 報) トウモロコシ, ルーサン, イタリアンライグラスの耐塩性について, 日土肥誌 **39**, 554~557 (1968)
- 6) 但野利秋: 水稻の鉄過剰障害対策に関する作物栄養学的研究, 北大農邦文紀要 **10**, 22~64 (1976)
- 7) Takeda, H., : Ion accumulation and osmotic value of plants, with special reference to strand plants. *J. Inst. Polytec. Osaka, Univ.*, **5**, 81~96 (1954).
- 8) 山内益夫・長井武雄: 作物のナトリウム吸収あるいは分布特性と耐塩性の関係, 鳥大農研報 **38**, 29~34 (1985)
- 9) 山内益夫・長井武雄: 鉄高濃度培地における水稻の鉄吸収・移行に及ぼす塩素イオンと硫酸イオンの影響, 日土肥誌 **56**, 433~439 (1985)
- 10) 山内益夫・長井武雄: 作物の生育および無機養分吸収に及ぼす水ストレスの影響, 日土肥誌 **53**, 513~518 (1982)
- 11) 山内益夫・前田吉広・長井武雄: 耐塩性の品種間差とナトリウムの吸収・移行特性との関係(1)イネ, 日土肥誌投稿中。