

作物の塩水被害葉における Na, Cl (2)**

小合龍夫・堀江保博 (作物学研究室)

Tatsuo OGŌ and Yasuhiro HORIE

Sodium and Chloride Contents in "Saline" Leaves (2)

前報⁽¹⁾においては塩水被害にともなう内的代謝系の変動を色素系の代謝, 体内成分の消長を通じて考察し, Na, Cl イオンがその異常代謝系の活性化に関連をもつであろうことを推察し, 代謝面におけるこれらイオンの支配価を詳細に検討しなければならないことを述べた。しかし Na, Cl イオンの行動は前報⁽¹⁾にも述べたように各種生態要因に対して独立的に変動するようであり, その結果, 体内含有量の分布も不均一となる。このことはすでに Tukey⁽²⁾らも leachability について論じており, さらにこの現象は被害量に応じて含有量の分布の不均一をもきたす結果となるようである⁽³⁾。したがってこれらイオンの含有量を基礎として塩水被害の発現機構が解析される場合においては多くの難点を与える 因をなすようである。

本報では一葉身内の分布およびイオン相互の関連などを基礎として被害の出現を追跡し, 各種の生態要因に反応した Na, Cl イオンの変量について考察を加えた。

材料および方法

(i) 水稻: 材料の育成は前報⁽¹⁾に準じ, 葉身内分布に対しては処理後 55 日目, 抽出葉より数えて第 3 位葉を採取, 直ちに 80°C 熱風乾燥し, 葉身の基部より 3cm 毎の Na, Cl および P, K 含量を乾物量に対して求めた。また夫々の定量法は前報⁽¹⁾に記載した。葉位別調査については処理後 14, 21, 28 日目に採取, 葉身先端より 2/4~3/4 の部位で外観健全な部位を試料として分析に供した。

(ii) 裸麦: 材料の育成は既報⁽⁴⁾に準じ, 処理後 71 日目に採取, 水稻同様分析に供した。

結果および考察

(i) Na, Cl 絶対量の葉身内分布

Fig.1-1, Fig.2 に示したように処理濃度あるいは葉位を異にすることによって, 被害の程度を等しくしても Na, Cl イオンの絶対量の分布は著しく異なることが明らかとなった。すなわち塩水処理濃度をますますほど, また低位葉に至るほど, また外観的に被害の進んでいるほど含

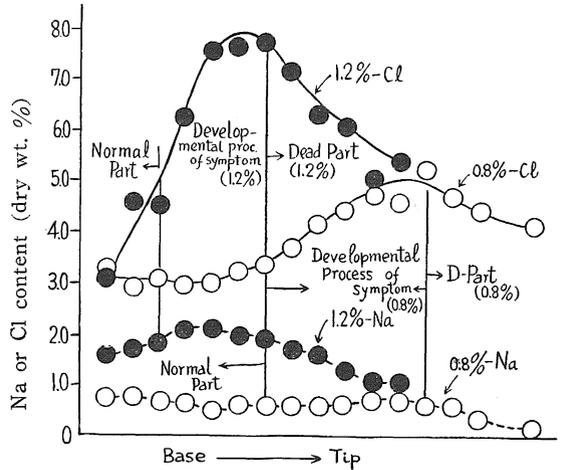


Fig. 1-1 Distribution of Na and Cl in a leaf blade (Rice; Different concentrations of saline solution; Content per 3cm)

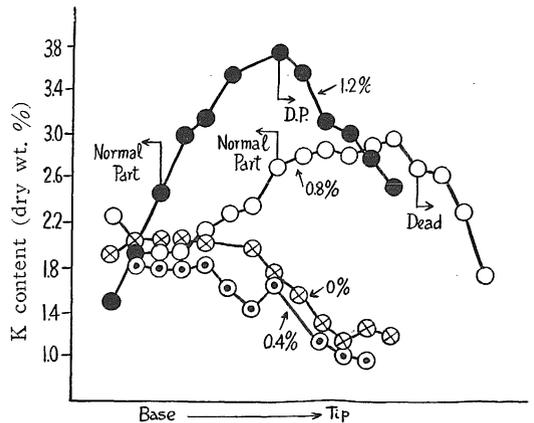


Fig. 1-2 Distribution of K in a leaf blade (Rice)

** 本報告の一部は昭和36年 4月 日本作物学会第131回講演会に於て発表

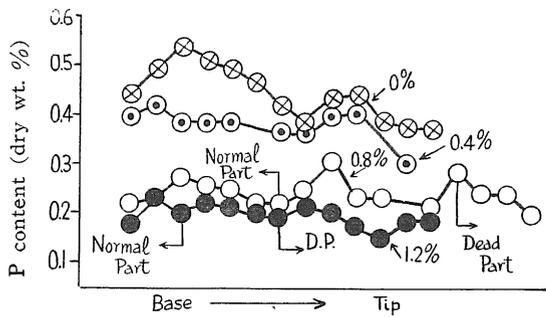


Fig. 1-3 Distribution of P in a leaf blade (Rice)

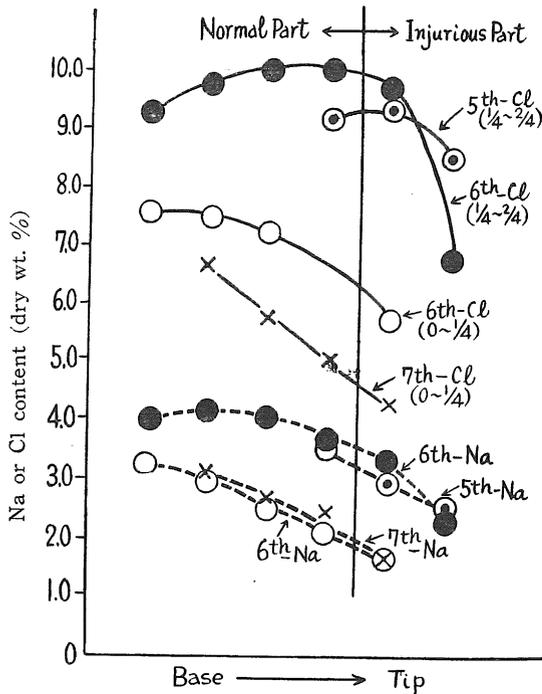


Fig. 2 Distribution of Na and Cl in a leaf blade (Barley; Different leaf-orders; Content per 3cm)

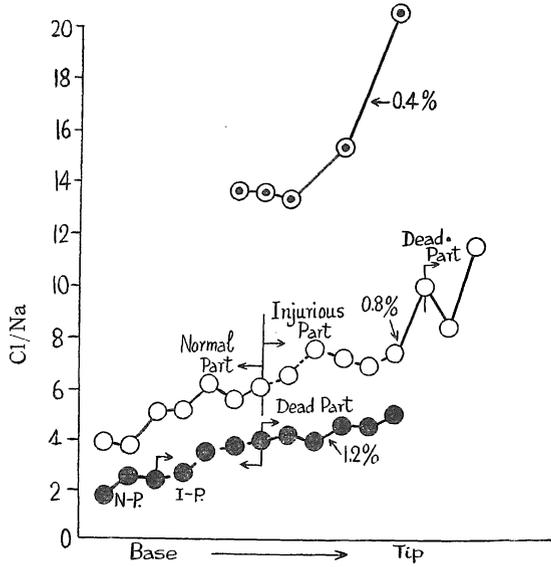
有量が高く、被害葉の被害を未だ示さない部位では上位葉あるいは低濃度処理の被害部位よりも含有量が高い場合もおこる。この結果は被害に対するイオンの支配価を不定にする大きな要素になっていることを示すであろう。又一般に葉身にあらわれる塩水障害は葉身の先端における塩類の異常集積、濃縮などによるものと考えられていたが、本結果においては先端部位に絶対量が増している場合はみられなかった。特に水稻の場合、枯死過程

にある部位では次第に増大し、完全な枯死状態に達すると逆に減じているようであった。この現象はKにおいても同様に明かで、この場合には処理濃度が高まって被害をますと、枯死過程にある部位では著しく増加し、低塩水濃度処理では先端部位ほど減じていた (Fig. 1-2)。またPにおいては葉身各部位によって殆んど変化することなく、枯死現象と直接関連がないようである (Fig. 1-3)。このことは塩水処理濃度が高まるとP濃度 level が低下して内的障害を構成する要因となり得たもので、前報⁽⁴⁾に述べたように異常代謝の結果を示すものと考えてよい。したがって塩水被害にはこれらイオンの直接の影響以外にP分布にみられたような nutritional unbalance にもとづく異常内的代謝系の活性化が含まれることは明かとなる。

葉身内各イオンの分布の特異性については夫々のイオンの体内における行動の特異性によるものであり、移動の難易、移動を規制する要因の差異などによっておこるものとする。すなわち Tukey⁽⁵⁾らは R. I. を用いて nutrient loss を考察し、葉面の leachability はイオンによって特異であって、夫々に難易があるとしている。すなわち Na では著しく leaching し易いものに属し、体内含有量に対して 25~40% の leaching を示すとした。ついで K は 1~10% の loss を示すといひ、P, Cl は最も leaching し難いものに属して 1% 以下であるとしている。しかして塩水被害に論究し、Na, Cl の leachability の差異から Cl を障害要因としている。ここで leachability の大なるものは当然体内移動も大なるべきであろうと考えると、Na, K の分布結果は枯死ともなう水分移動などによつたものとも考えることができるし、その結果、局部的に過剰に含有されて障害促進の因をなすとみることでもできよう。しかし Cl は Tukey らの場合と異つて Na とほぼ同様に行動していた。このことは Tukey らの処理濃度に比して著しく過剰である点の差異、あるいは継続吸収によって枯死限界部位に多量に含有された結果であるとも考えられるが明かでない。後者の場合にあつては、Na などにあつても同様であるが、部位によってはすでに枯死をきたさねばならない濃度に達しているにも拘わらず被害をみない。このことはまた外観被害の時差による場合も考えられ、既報⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾に示した被害の出現の様相が S 字を画くことなどに関連をもつものであるかもしれない。また Epstein⁽⁸⁾ 他述べる outer space の概念からするならば過剰吸収によって過剰に含有していても、過剰集積とは異なるので Cl の場合にも Na, K と同様、移動の結果を示すと考えてもよいことになる。しかし絶対量のみを追跡は被害との関連を不確定にして被害の発現機構の解析を阻んでいることは明か

であろうが、塩水被害の内的尺度が適確に把握された際にはこれらイオンの行動自体を被害に直結することも可能になるかもしれない。

A.



(ii) Cl/Na および Cl/(Na+K) -ratio

前項ののべたように Na, Cl の行動がなお不定であるので絶対量を基準としてイオン相互の関連を求めた。す

B.

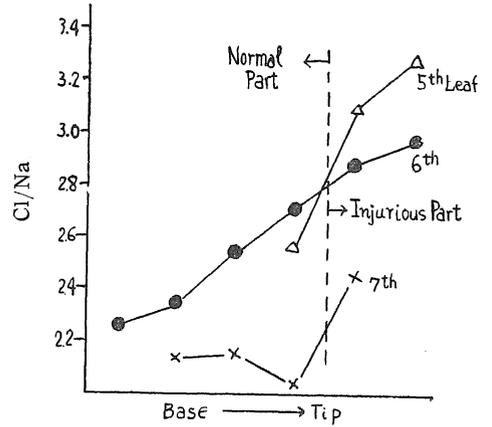


Fig. 3 Cl/Na-ratio (A : Rice, B : Barley)

で Cooper (2) らは Citrus-species の耐塩性について Cl/Na-ratio の大なるものほど抵抗性の低いことを認めた。Fig. 3 にこの値と被害および生態要因とを関連づけて、その一部を示した。この場合には同一処理濃度、同一葉位など、すなわち単一の要因に対しては被害と関連をもち、先端部位に至るほど、また被害をますほど増大するが、処理濃度または葉位が異なるなど二つ以上の要因に対しては夫々独立的に変動して前項同様被害のすべてとは直接関連づけ難い。つぎに K の変動を考慮して Cl/(Na+K)-ratio を求めると処理濃度 (Fig. 4-1, 4-2)、葉位 (Fig. 4-3) の要因間では夫々の独立変量が極めて近似し、また被害の割合とも平行しているようであった。またこの値は被害が枯死過程の段階においては増加し、前報 (2) に準じた葉緑素との相関においても -0.669 の相関値を示し、さらに完全枯死とともに概して安定す

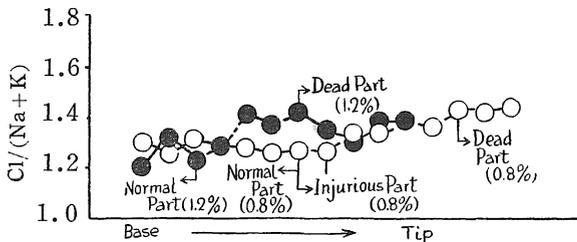


Fig. 4-1 Cl/(Na+K)-ratio (Rice)

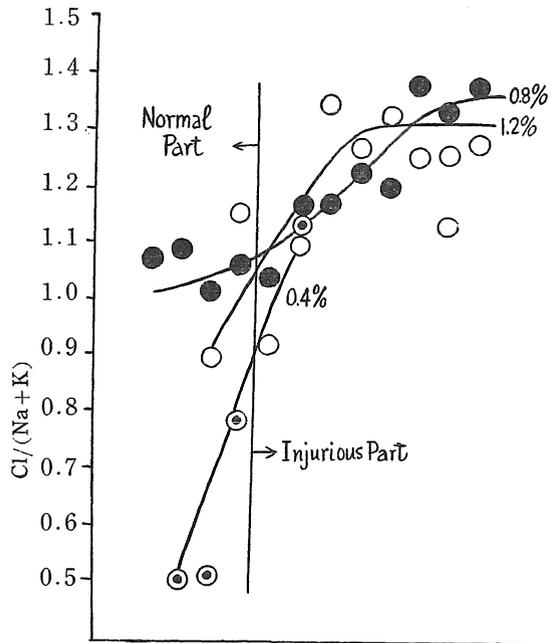


Fig. 4-2 Cl/(Na+K) -ratio (Rice; Different concentrations)

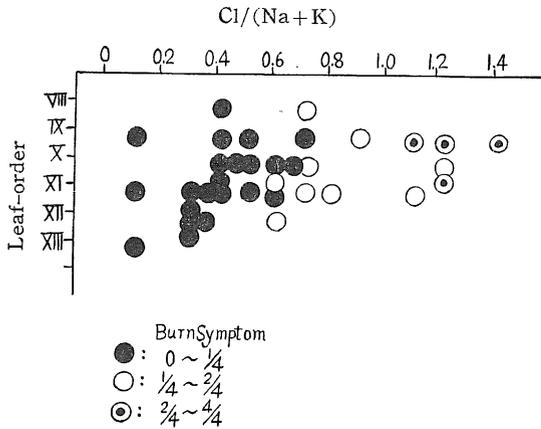


Fig. 4-3 Cl/(Na+K)-ratio
(Rice; Different leaf-orders)

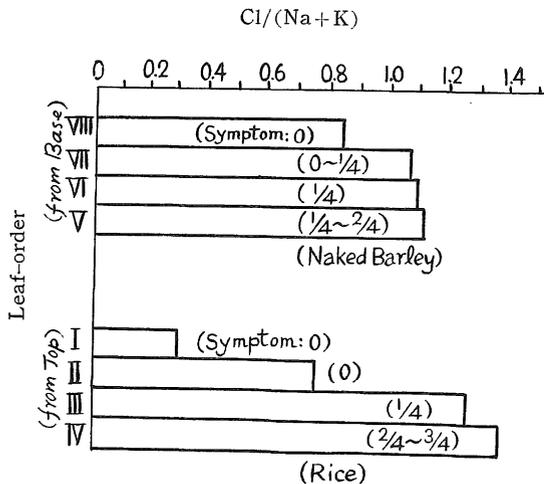


Fig. 4-4 Cl/(Na+K)-ratio
(Barley and Rice; Different leaf-orders)

ることもわかった (Fig. 4-2)。また水稻、裸麦の葉位別平均においても被害に応じて変動していることが明らかである (Fig. 4-4)。

以上塩水灌漑にともなう Na, Cl イオンの体内分布にあつては明かに被害の様相に直接的関連をもつて且つ特異であるが、これらイオンの絶対量のみでは被害を追跡し難い場合が多い。しかしこれらイオンの体内バランスの指数、特に本考察の範囲内では Cl/(Na+K)-ratio に対しては比較的小さな変異で被害を追跡することが可能なようである。したがって被害の発現に対して若干の指標を与えたこの指数の各種生態要因に対する変動については一層詳細に検討せられるべきであり、塩水被害の発現に直結できる Na, Cl イオンの支配価を決定することが望まれるわけである。

参 考 文 献

- 1 BERNSTEIN, L. *et al.* : Ann. Rev. Plant Physiol. 9, 25-46, 1958.
- 2 COOPER, W. C. *et al.* : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 59, 143-146, 1952.
- 3 EPSTEIN, E. : Ann. Rev. Plant Physiol. 7, 1-24, 1956.
- 4 HAYWARD, H. E. *et al.* : Bot. Rev. 24, 584-635, 1958.
- 5 小合龍夫・他 : 岡山農試臨報 51, 27-38, 1955.
- 6 志茂山貞二・小合龍夫 : 全 54, 21-28, 1956.
- 7 小合龍夫 : 島根農大研報 7, 1-6, 1959.
- 8 ———・他 : 日作紀 28, 211-212, 1960.
- 9 ———・他 : 島根農大研報 8, 1-8, 1960.
- 10 ———・堀江保博 : 日作紀 29, 213-215, 1961.
- 11 ——— : 島根農大研報 9, 1961.
- 12 REPP, I. *et al.* : Agronomy Jour. 51, 311-314, 1959.
- 13 TUKEY, H. B. *et al.* : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71, 496-506, 1958.

Summary

Although the excessive absorption of sodium and chloride ion appears to be related to any inhibition in growth or function, the levels of these contents at which symptoms develop are not too well defined and the causal relationship of ion accumulation to saline injury is still in the stage of mere presumption. In this paper, we attempted to make clear more precisely the behaviour of these ions associated with a specific burn symptom.

The distributions of sodium and chloride ions in a leaf blade were given in Fig. 1 and Fig. 2. The increase of the contents in developmental process of symptom was shown, while

the contents were inversely decreasing in dead part distinguished as a visible symptom. The same phenomenon was also found in the case of potassium content (Fig. 1-2), but phosphorus content was resulted to have no relation with symptom (Fig. 1-3). However, as reported before, the levels of Na and Cl contents related to injury changed with ecological factors, viz. different leaf-orders and different concentrations of saline solution, and indeed, uninjured part on a leaf in lower leaf-order or in same leaf-order on plant treated by saline solution with higher concentration might sometimes have higher content than injured part in higher or same leaf-order under lower concentration.

Cl/Na ratio—Cooper *et al.* used for salt-sensitive species in citrus—changed also with ecological factors, but this value was connected closely with injury (Fig. 3).

Cl/(Na+K) ratio related to injury was nearly equal at the same degree of symptom under two conditions (Fig. 4-1, 4-2, 4-3). Therefore, it seems that this value might be useful to standardize contents individualized by ecological factors and to make clear the mechanism of saline injury caused by ions toxicity.