

## 塩化ナトリウム由来塩素がダイズの初期生育と根粒着生に及ぼす影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	田村, 有希博
巻/号	63巻4号
掲載ページ	p. 411-414
発行年月	1992年8月

# 塩化ナトリウム由来塩素がダイズの初期生育と 根粒着生に及ぼす影響

田村 有希博\*

キーワード ダイズ根粒, 初期生育, 根粒着生, 塩類ストレス

## 1. はじめに

マメ科植物にとって、根粒の着生量は生育、収量に重要である。しかし、根粒の着生はさまざまな条件により影響される。そのなかで、塩類がダイズ等のマメ科植物の初期生育および根粒の着生を阻害することが報告されている<sup>1-7)</sup>。とくに、根粒の着生に対する影響については、感染の場である根毛の生育および感染糸形成が阻害されるとの報告がある<sup>7)</sup>。また、ごく初期にのみ塩化ナトリウムを作用させることで、その後の生育および根粒着生が阻害されることから、根粒着生の減少が地上部の生育遅延による根への光合成産物の転流量の減少という間接的なものではないとの報告もある<sup>7)</sup>。これらの報告は塩類として塩化ナトリウムを用いているが、ナトリウムと塩素の区別をしておらず、どちらの元素が影響しているかわからない。また、他のカチオンおよびアニオンについて検討した研究は少ない。そこで、ダイズの初期生育および根粒着生を阻害する塩類ストレスの真の原因物質を明らかにするため、本研究を行った。

## 2. 実験方法

### 1) 塩化ナトリウムの添加試験

肥料 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=0.1-0.5-0.5 g/ポット) および塩化ナトリウム (0, 1, 2, 4, 8 g/ポット) を添加した多湿黒ボク土壌を 1/5000 a ポットに充填し、ダイズ (ナンブシロメ) を播種し、出芽 1 カ月後に抜き取り、根粒を分離して、地上部および根粒の乾物重を調査した。

### 2) 塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加試験

肥料 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0.1-0.5 g/ポット) を施用し、塩化ナトリウムおよび塩化カリウムを第 1 表のごとく添加した多湿黒ボク土壌を 1/5000 a ポットに充填し、ナンブシロメを播種し、出芽 1 カ月後に抜き取り調査を行った。

### 3) 複数の塩化物および硫化物の添加試験

肥料 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0.1-0.5 g/ポット) を施用し、ナトリウム、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムの塩化物ならびに硫酸化合物を単品で 0~50 mmol/pot および、25 mmol/pot ずつの 2 化合物の混合の組合せで添加した多湿黒ボク土壌を 1/5000 a ポットに充填し、ナンブシロメを播種し、出芽 1 カ月後に抜き取り調査を行った。

以上の試験はすべて 2 連で行った。

## 3. 結果および考察

### 1) 塩化ナトリウムの影響

第 1 図に塩化ナトリウム添加量と地上部乾物重および根粒乾物重を対照区を 100 とした比率で示した。塩化ナトリウム添加量の増加に伴い地上部生育量の減少と葉色の退色が認められ、出芽 1 カ月後の地上部乾物重および根粒乾物重が減少した。とくに、根粒乾物重の減少が著しかった。図に示すとおり、塩化ナトリウムの添加量と地上部および根粒の乾物重とは負の直線相関が認められた。この結果は既報のとおりであり、塩化ナトリウムの添加によりダイズの初期生育および根粒着生が阻害されることが示されたが、添加した塩化ナトリウムのナトリウムと塩素のどちらが影響したかを判断することはできない。

### 2) 塩化ナトリウムと塩化カリウムの効果の比較

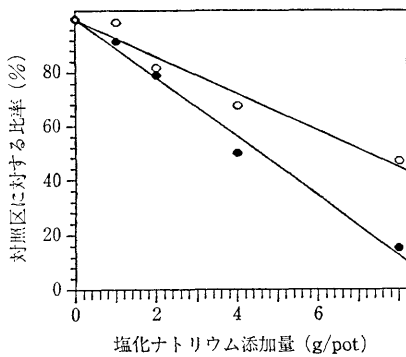
第 1 表に塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加量と根粒着生量との関係を示した。このとき、一で示した区では出芽後まもなく枯死してしまった。枯死をまぬかれた区においても塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加により著しく生育が抑制され、これに従い、出芽 1 カ月後の根粒着生量は著しく減少した。この結果を第 2 図に塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加量の合計と根粒着生量との関係として示した。この図では枯死した区の根粒着生量を 0 として示したが (■)、これらのデータを除いた根粒乾物重の対数と添加量の合計との間には負の直線相関が認められることから、添加量合計と

\* 東北農業試験場 (020-01 盛岡市下厩川赤平 4)  
1991 年 9 月 30 日 受理  
日本土壤肥料学雑誌 第 63 巻 第 4 号 p. 411~414 (1992)

第 1 表 塩化ナトリウムおよび塩化カリウムのダイズ根粒着生に対する影響

KCl	NaCl				
	0	15	30	60	120
0	357 ( 0)	245 ( 15)	160 ( 30)	78 ( 60)	11 (120)
15	262 ( 15)	155 ( 30)	91 ( 45)	59 ( 75)	10 (135)
30	203 ( 30)	101 ( 45)	68 ( 60)	23 ( 90)	— (150)
60	46 ( 60)	36 ( 75)	19 ( 90)	— (120)	— (180)
120	6 (120)	7 (135)	— (150)	— (180)	— (240)

添加量 (mmol/pot), 根粒重 (mg/pot), ( ) 内添加量合計.



第 1 図 発芽 1 カ月後の着生根粒重および地上部重と塩化ナトリウム添加量の関係

●, 根粒重 ( $r = -0.99^{**}$ ); ○, 地上部重 ( $r = -0.98^*$ ).

根粒乾物重との間には下式の関係が認められた.

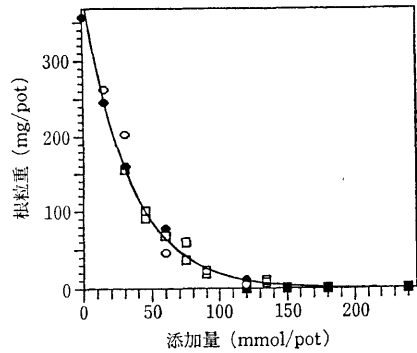
$$Wt = 392 \times \exp(-0.03 \times A)$$

$Wt$ : 根粒乾物重,  $A$ : 添加合計量.

上式は第 2 図の曲線で示され, 塩化ナトリウム単独添加区, 塩化カリウム単独添加区および両方の混合添加区は曲線上に並び, 塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの効果に差は認められず, 両者は同程度の効果を示した.

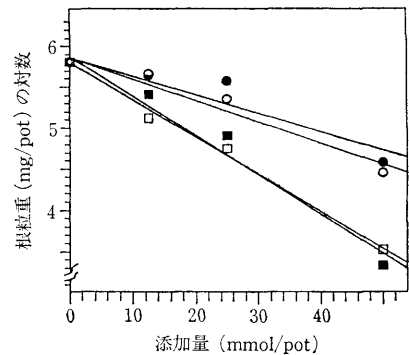
### 3) 真犯人の検討

塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの根粒着生に対する効果が同じ程度であると認められたので, 他のカチオンおよびアニオンの影響を検討した. このうち, 塩化物の単独添加区について添加量と根粒乾物重の対数の関係を第 3 図に示した. 図に示すとおり, 塩化ナトリウムおよび塩化カリウムと同様に塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムの添加により根粒着生は減少した. このとき, 根粒乾物重の対数と添加量とは負の直線相関が認められ, その傾きを比較すると塩化ナトリウム ( $-0.022$ ) と塩化カリウム ( $-0.026$ ) とが同じ程度であり, 塩化カ



第 2 図 発芽 1 カ月後の根粒着生量と塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加量との関係

●, 塩化ナトリウム添加区; ○, 塩化カリウム添加区; ■, 生育不能区; □, 混合添加区.



第 3 図 発芽 1 カ月後の根粒着生量の対数と塩化ナトリウム, 塩化カリウム, 塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムの添加量との関係

●, ナトリウム ( $r = -0.95^{**}$ ); ○, カリウム ( $r = -0.98^{**}$ ); ■, カルシウム ( $r = -0.98^{**}$ ); □, マグネシウム ( $r = -0.99^{**}$ ).

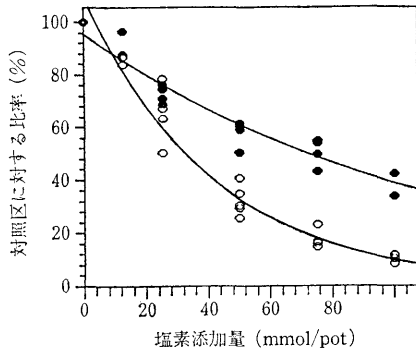
ルシウム ( $-0.048$ ) と塩化マグネシウム ( $-0.045$ ) とが同じ程度で, 塩化ナトリウムと塩化カリウムの傾きの 2 倍程度を示した. それぞれの添加量はカチオンのモル量であることから塩化カルシウムおよび塩化マグネシウム添加区の塩素の添加量は塩化ナトリウムおよび塩化カリウム添加区の 2 倍である. そこで, 塩素の量と地上部乾物重および根粒乾物重との関係について対照を 100 とした比率で第 4 図に示した. 塩素の添加量の増加に従って地上部乾物重および根粒着生量は著しく減少し, それぞれ下式により回帰できた.

$$Wt_{up} = 95.6 \times \exp(-0.009 \times C)$$

$$Wt_{nd} = 110 \times \exp(-0.024 \times C)$$

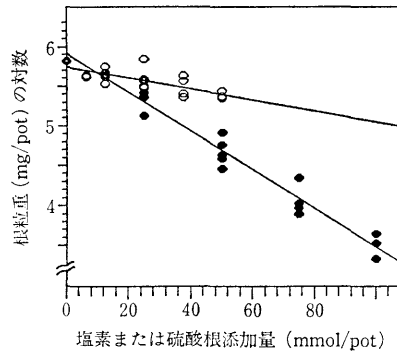
$Wt_{up}$ : 地上部重,  $Wt_{nd}$ : 根粒重,  $C$ : 塩素添加量.

同じ実験を硫酸根により行った. 硫酸根と塩化物の効果と比較するため, 塩素イオンおよび硫酸イオン添加量



第4図 発芽1カ月後の地上部重および根粒着生量と各種塩化物由来塩素添加量との関係

●, 地上部重; ○, 根粒重.



第5図 発芽1カ月後の根粒着生量の対数と塩素および硫酸根の添加量との関係

●, 塩素添加区 ( $r = -0.98^{**}$ ); ○, 硫酸根添加区 ( $r = -0.75^{*}$ ).

と根粒乾物重の対数との関係を第5図に示した。図に示すとおり、カチオンの種類に関係なく塩化物と硫酸根の効果には明らかに差が認められ、硫酸イオンの添加量の増加により若干の影響が認められるものの、塩素イオンの影響に比べるとはるかに少なかった。そこで、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムおよびそれらを合わせたカチオンならびに塩素イオンおよび硫酸イオンのそれぞれの添加量を説明変数とし、根粒乾物重の対数を目的変数として重回帰分析を行った。このとき、増減法による変数選択を行った結果、説明変数として塩素イオンおよび硫酸イオン添加量は選択されたものの、他の変数はまったく選択されなかった。塩素イオンおよび硫酸イオン添加量を説明変数とする重回帰分析の結果を以下に示す。

$$\log(Wt) = -0.023 \times C - 0.009 \times S + 5.83$$

Wt: 根粒乾物重, C: 塩素添加量, S: 硫酸根添加量.

分散分析による  $F$  値 =  $431 > F_{3,4}^2(0.01) = 5.2$

重相関係数 =  $0.981^{***}$

また、重回帰による予測値と実測値とはほぼ一致した。さらに、このときの残差と他の元素およびこれらを合わせたカチオンの添加量とは何の関係も認められなかった。

以上のことから、塩化ナトリウムの添加により認められたダイズの初期生育の低下と根粒着生の阻害に関しては、ナトリウムの影響はまったく認められず、塩素の影響が大きいことが認められた。このことから、塩類の影響を検討する場合はカチオンとアニオンを別個に評価する必要があると考えられた。また、ダイズに対する施肥においては塩化カリウム等の塩化物を含む肥料の施用はダイズの初期生育と根粒着生を阻害するおそれがあるため避けるべきであると考えられる。

#### 4. 要 約

- 1) ダイズの初期生育および根粒着生は塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムの添加により阻害された。
- 2) ダイズ初期生育および根粒着生に対する阻害効果は、塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムが、塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの約2倍大きかった。
- 3) 硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸カルシウムおよび硫酸マグネシウムによる阻害効果が認められたが、塩化物の効果に比べ非常に小さかった。
- 4) ダイズの初期生育および根粒着生に対する塩化ナトリウム阻害効果は塩素によるもので、ナトリウムによるものではなかった。
- 5) 塩類の植物に対する影響を論じる場合、カチオンのみでなく、アニオンの効果も検討する必要がある。
- 6) ダイズに対する施肥では塩化カリウム等の塩化物を含む肥料の施用は避けるべきである。

#### 文 献

- 1) BALASUBRAMANIAN, V. and SINHA, S. K.: Effects of salt stress on growth, nodulation and nitrogen fixation in cowpea and mung beans. *Physiol. Plant.*, **36**, 197~200 (1976)
- 2) 池田順一・小林達治・高橋英一: 共生窒素固定および土壤中でのアンモニア化・硝酸化に及ぼす塩類ストレスの影響, *土肥誌*, **58**, 53~57 (1987)
- 3) 池田順一・小林達治・高橋英一: アルファルファ根粒の窒素固定と呼吸に及ぼす塩類濃度の影響, 同上, **60**, 313~317 (1989)
- 4) 池田順一・小林達治・高橋英一: 塩類ストレスがシロクローバーの根粒着生に及ぼす影響, 同上, **61**, 302~303 (1990)
- 5) Tu, J. C.: Effect of salinity on rhizobium-root-hair interaction, nodulation and growth of soybean.

- Can. J. Plant Sci.*, 61, 231~239 (1981)
- 6) YOUSEF, A. N. and SPRENT, J. I.: Effects of NaCl on growth, nitrogen incorporation and chemical composition of inoculated and  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  fertilized *Vicia faba* (L.) plants. *J. Exp. Bot.*, 34, 941~950 (1983)
- 7) ZAHRAN, H. H. and SPRENT, J. I.: Effects of sodium chloride and polyethyleneglycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *Rhizobium leguminosarum*. *Planta*, 167, 303~309 (1986)

---

**Effect of Chlorine in Sodium Chloride on Initial Growth and  
Nodulation of Soybean**

Yukihiro TAMURA

(Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.)

Effects of NaCl and other salts on growth and nodulation of soybean were examined. Strong effect of NaCl on initial growth and nodulation was observed. And this effect was also observed with KCl,  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{MgCl}_2$ . Effects of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{MgCl}_2$  were stronger than those of KCl and NaCl. But this negative effect related with concentration of  $\text{Cl}^-$  without concentration of cation. And the effect of  $\text{SO}_4^{2-}$  on soybean was smaller than that of  $\text{Cl}^-$ .

It is suggested that this negative effect on initial growth and nodulation of soybean was caused by  $\text{Cl}^-$ . It is suggested that fertilizer containing chloric component should not be applied.

*Key words* initial growth, nodulation of soybean, salt stress, soybean nodule

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., 63, 411-414, 1992)