

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20580010

研究課題名(和文) ケイ酸施用による干ばつ条件下での子実・果実生産維持に関する研究

研究課題名(英文) Study on the effects of silica application for the maintenance of grain and fruit production under drought conditions

研究代表者

阿部 淳 (ABE JUN)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：60221727

研究成果の概要(和文)：

ケイ素は、植物の様々なストレスへの耐性に寄与する。本研究では、ケイ酸施肥が、干ばつ下での作物の収量保持に役立つ可能性を考え、ケイ酸吸収能を持つキュウリやダイズで検討した。キュウリでは、ケイ酸施肥により、土壌乾燥条件下での果実の生存率が保持され、収量に寄与することが示された。一方、ダイズにおいては、効果が認められなかった。キュウリでは果実表面のケイ素を多量に含むブルームという白い粉状の構造が関与していると考えられる。

研究成果の概要(英文)：

Silicon contributes to various stress tolerance of plants. In this study, effects of silica application to the maintenance of yield under drought condition were examined. In cucumber, which deposit silicon in bloom (white powder-like structure on fruit surface), silica application positively reduced the mortality rate of fruit under drought, and as the result, improved the yield. But in soybean, which is also accumulate silicon, did not respond to silica application under drought.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学 ・ 作物学・雑草学

キーワード：食用作物, 耐乾性, ケイ素

## 1. 研究開始当初の背景

高等植物の一部には、ケイ酸を多く吸収す

る種があり、農作物の中では、イネやソルガムをはじめとするイネ科作物、および、キュウリなどのウリ科の作物で、ケイ酸の吸収・

蓄積量の多いことが知られている (Ma and Takahashi 2002). こうした植物では、ケイ素が、環境の理化学的要因、あるいは病原菌などの生物学的要因によるさまざまなストレスへの耐性に寄与していると考えられている (Ma and Takahashi 2002).

このうち、ソルガムについては、乾燥ストレス条件下において、ケイ酸の施肥が根系の発達と水通導能力の保持に寄与し、結果として茎葉部の生育を保持することに顕著な効果を持つことが報告されており、乾燥地・半乾燥地や、モンスーン地域でも一時的に発生する干ばつ条件下での、作物生産の改善に、ケイ酸施肥が簡易で安価な現実的な対策として利用できるのではないかと期待されている (Hattori et al., 2001).

ただし、こうしたケイ素と乾燥耐性に関する研究は、主に、栄養生長の保持効果を検討したものである。

一方、野菜類の生育・収量への影響を検討した研究事例はいくつかあるが、その機構としてはリン酸吸収への影響など、ケイ酸の効果を植物栄養学的視点で想定したものが多く、乾燥ストレスへの耐性や、乾燥条件下での子実・果実の収量保持に、直接結びつくような視点からの研究は少なかった。

#### <引用文献>

Hattori, T., Lux, A., Tanimoto, E., Luxová, M., Sugimoto, Y. and Inanaga, S. 2001. The effects of silicon on the growth of sorghum under drought stress. *Root Res.* 10 (Extra issue 1): 348-349.

Ma, J. F. and Takahashi, E. 2002. *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*; Elsevier, Amsterdam. 281 p.

## 2. 研究の目的

本研究は、ケイ酸を吸収できる作物種を対象に、ケイ酸施肥が土壤乾燥ストレス下での収量性の保持に寄与する可能性を検討し、ケイ酸施用を干ばつに対する簡便な対策技術として確立するための基礎的知見を得ることを目的とする。

例えば、キュウリについては、幼果の表面に形成されるブルームが多くのケイ素を含む構造であるし、ダイズでは幼莢の毛にケイ素が蓄積されることから、ケイ酸施肥によるケイ素蓄積の増加が、乾燥条件下での果実や莢の枯死・落果の防止などに貢献している可能性を検討する。その成果は、国内の農業生産現場での干ばつ対策のほか、乾燥地・半乾燥地の農業生産向上にも寄与することが期待できる。

また、こうしたケイ酸の利用を広げるため

には、ケイ酸を吸収できる作物種をより多く見いだすことが重要で、ケイ酸吸収について知見を広げる必要がある。その一環として、キュウリ栽培用のブルーム台木、ブルームレス台木のカボチャ品種間でのケイ素蓄積の相違、ウリ科、マメ科をはじめとする各種作物におけるケイ素蓄積の有無についても調べた。

## 3. 研究の方法

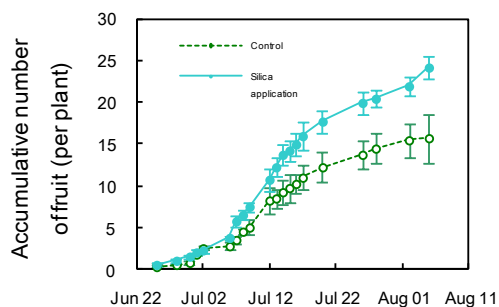
干ばつ条件下での、果実・子実収量に対するケイ酸施肥の効果を検討するために、圃場試験・ポット試験において、ケイ酸肥料の施用、またはケイ酸 500ppm を含んだ溶液の灌水により、開花期以降に土壤乾燥処理を施した区における果実の着生数（着果した雌花の数）や収穫に至った果実の割合（生存率）などを確認した。ポット試験の干ばつ処理（土壤乾燥処理）は、ビニールハウス内で灌水量を調整することによって行った。キュウリの場合には、着生したすべての幼果にラベルを付け、時間経過に伴う枯死・生存の様相を観察し、収穫に至ったものは収量（果実新鮮重）を測定した。

植物体のケイ酸蓄積の様相は、EDX 型の X 線マイクロアナライザー (EDAX) を装着した環境型走査電子顕微鏡 (ESEM) を用いた観察と定量分析によって行った。すなわち、果実、葉などの観察部位をカミソリで切り出して ESEM チェンバー内に設置し、走査電顕画像を観察するとともに、EDAX のマッピング機能でケイ素蓄積の多い部分を同定し、その部位におけるケイ素含有率を、主要構成元素である炭素、酸素、ケイ素の全体に占めるケイ素の重量（原子数 x 原子量）割合が、乾物中に占めるケイ素の重量割合にほぼ等しいと仮定して算出した。この定量分析の信頼性が高いことは、従前の研究で明らかにしている。

## 4. 研究成果

(1) 圃場栽培のキュウリを対象とした予備的試験で、開花初期のケイ酸施肥が、干ばつ条件下での収穫果実数の保持に大きく寄与する可能性を見出した。すなわち、ケイ酸肥料を施肥した区では、対照区（ケイ酸施肥無し・干ばつ）に比べて果実収量が大きかったが、その違いは、収穫果実数が大きく保持されたことに依っていた。そこで、ポット試験により、より詳細な解析を試みたところ、キュウリの着果数は、土壤乾燥が厳しくなると大きく減少したが、ケイ酸施肥の有無による差異はみられなかった。次に、着果した内の収穫に至った果実の数は、中程度の土壤乾燥

処理区ではケイ酸施肥した区のほうが大きかった。このことから、土壤乾燥条件下でのケイ酸の施肥は、雌花数や着果数の保持には寄与しないが、着果した幼果が収穫に至るまで生存することに寄与していると考えられる。ただし、きわめて強い土壤乾燥ストレス処理を施した区では、有意な効果がみられなかった。



干ばつ年におけるケイ酸肥料の施用がキュウリ果実数に及ぼす影響。縦軸は収穫果実数の累計。  
水色：ケイ酸施肥区。緑：対照区。

一方、ダイズにおいては、土壤乾燥条件下での莢の着生数と、収穫までの莢の生存率のいずれにも、ケイ酸施肥による有意な差異が認められなかった。EDAXを用いた解析で、ダイズの莢は、毛の乾物組成の約2%がケイ素であったが、これは、キュウリ果実のブルームにおける10-20%に比べて低い割合であり、こうした作物間のケイ素蓄積量の差異が、ケイ酸処理の効果の違いに反映された可能性がある。

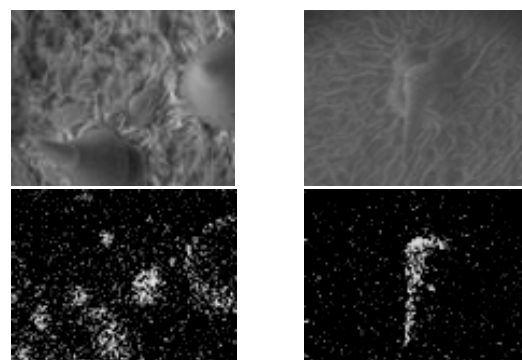
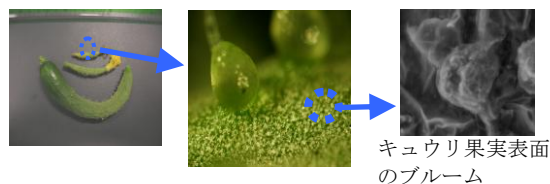
以上の結果は、キュウリのような果実表面にケイ素を高濃度に集積する構造を持つ作物では、ケイ酸施肥が果実表面のケイ素蓄積を促進し、結果として、果実表面からの無駄な蒸散を抑制するなど、発達途中の果実への水ストレスを軽減する作用を持つことを示唆するものである。

(2) ウリ科の作物について、EDAXで解析したところ、キュウリ以外にも、スイカ、カボチャ、ユウガオなどの葉では、葉毛(トリコーム)におけるケイ素蓄積が明瞭であったが、葉毛のどの部位に蓄積するかは、種によってそれぞれの特徴がみられた。

キュウリは、台木のカボチャ品種によって、果実のブルーム形成の程度が大きく異なる。近年では、ブルームのないキュウリが国内市場で好まれるため、ブルーム形成を抑制するカボチャ台木品種(通称、ブルームレス台木)が良く用いられている。こうした台木によるブルーム形成能の違いの原因を検討するため、カボチャでケイ酸が蓄積しやすい葉毛に着目して、ケイ素濃度をX線微量分析装置で

測定したところ、ブルームレス台木の品種では、ケイ素が蓄積してないことが明らかとなった。すなわち、ブルームレス台木のカボチャ品種は、根のケイ酸トランスポーターが欠損している可能性が高く、今後、ブルームレス台木品種と通常の品種との交配集団を用いることで、ウリ科のケイ酸トランスポーターについての遺伝学的な解明が容易になることが期待される。また今回調査した品種群では、ブルームレス台木のカボチャ品種は、いずれも、ブルームを形成する台木品種に較べて初期生育が遅かったことから、ウリ科作物においては、ケイ酸の吸収利用が、茎葉部の生育にも影響している可能性が示唆された。

(3) 各種作物のケイ素蓄積について、EDAXを用いて検索した結果、ウリ科作物、ダイズのほかに、キク科の油料作物であるヒマワリの葉で、キュウリなどウリ科作物の葉とよく似た蓄積の仕方をする事が明らかとなった。ウリ科の葉におけるケイ素蓄積は、うどんこ病への耐性に関わっているとされるが、ヒマワリもうどんこ病には感染しやすいことから、ウリ科と同じような耐性機構を備えている可能性が考えられる。



葉身の表面構造(上)とケイ素分布(下)  
メロン(左)では葉毛の基部と気孔に、ヘチマ(右)では葉毛の毛本体に、ケイ素が多い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

1. 阿部 淳. 土壤乾燥下でケイ酸施肥がキュウリの収穫果実数に及ぼす影響. 第227回日本作物学会講演会. 2009年3月28日, 茨城県つくば市.

2. Abe J., Tsuji W., Inoue T. Silicon deposition to bloom and its possible contribution for alleviation of drought damage in cucumber fruit. China-Japan Joint Open Seminar on Combating Desertification and Development in Inland China of Year 2009, 2009年9月14日-15日, 中国・楊梁市.

3. Abe J. Silicon deposition in Cucurbitaceae horticultural plants. 8th Solanaceae and 2nd Cucurbitaceae Genome Joint Conference (SOL & ICuGI 2011). 2011年11月28日~12月2日, 神戸国際会議場(兵庫県).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 淳 (ABE JUN)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号: 60221727

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし