

## 7. けい酸加里肥料

Q-1

けい酸加里肥料の製造方法と特長について教えてください。

A-1

### 1. 製造方法

けい酸加里肥料は、石炭火力発電所で発生する微粉炭燃焼灰（フライアッシュ）に水酸化カリウム、マグネシウム源を加えて混合造粒・篩分けしたあと、約900℃で焼成し製造されます。これは世界で初めて開発された緩効性加里質肥料で、加里と苦土のほか、ほう素、石灰、鉄などが、けい酸と結合したユニークな肥料です（図-1）。

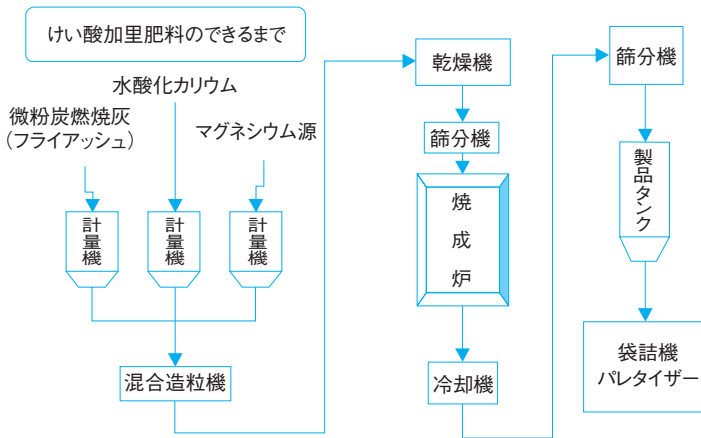


図-1 けい酸加里肥料の製造工程

表-1 けい酸加里肥料の保証成分 (%)

銘柄	< 溶性加里(全量)	可溶性けい酸	< 溶性苦土	< 溶性ほう素
けい酸加里 特号	20	30	4	0.1
けい酸加里 プレミア34	20	34	4	0.1

## 2. 特長

### ①むだなく、バランスよく作物に吸収されます

けい酸加里肥料の成分は、作物の根から出る根酸によって緩やかに溶ける「く溶性」なので、根にやさしく、加里のぜいたく吸収もなく、ほかの成分もバランスよく吸収されます。

また、けい酸加里肥料には、加里と苦土のほか、けい酸、ほう素、石灰、鉄など作物に有用な成分が含まれています。

### ②土を荒らさず、濃度障害も起こしません

けい酸加里肥料は、副成分の硫酸イオンや塩素イオンを含まないため、連用しても土壌の塩類濃度を高めたり、酸性化を進めることはありません。

### ③雨水や灌漑水による流亡の少ない肥料です

けい酸加里肥料の成分は、く溶性のため雨水や灌漑水による流亡が少なく、効率よく吸収されます。したがって河川や地下水を汚染することもなく、環境にやさしい肥料です。

### ④おいしい米づくりに役立ちます

けい酸加里肥料のけい酸は、根によく吸収されるので、作物を丈夫に育てます。特に、水稻はけい酸を多く必要とするので、これを吸収して茎が硬くなり、倒伏に強くなります。

けい酸を多く吸収した稲は直立し、受光態勢がよく光合成が盛んになるので、稔実がよく、粒厚が高まり、加里、苦土の効果と合わせて品質のよいおいしい米づくりに役立ちます。

### ⑤野菜や果実の商品価値（日持ちをよくする）を高めます

けい酸加里肥料の成分は、根にやさしく効率よく吸収されるため、作物は健全に生育し収量を高めるだけでなく、上物率を高め、野菜や果実の品質が向上します。

また、蒸散を抑制することから、収穫後の日持ちがよいなど商品性が高まります。

### ⑥ほかの土づくり肥料と混合することでいっそう効果が期待できます

けい酸加里肥料は、りん酸質肥料などと混合することにより、けい酸加里肥料の特性を生かした土づくりにいっそう適した肥料ができます。



けい酸加里肥料は  
じわじわ溶けていきます



けい酸加里肥料の加里は「く溶性」ですが、「水溶性」とどう違うのですか。また溶け方、作物への吸われ方の違いは？



く溶性加里, 水溶性加里は肥料取締法による加里質肥料の区分です。前者は水には溶けず, 2%クエン酸に溶ける加里で「く溶性」と呼び, 後者は水に溶ける加里です (表-2)。

表-2 く溶性加里と水溶性加里の相違点

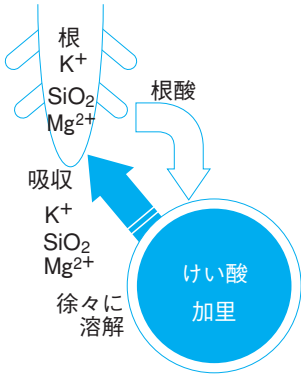
項目	く溶性加里(C-K <sub>2</sub> O)	水溶性加里(W-K <sub>2</sub> O)
肥料名	けい酸加里肥料	塩化加里, 硫酸加里
溶け方	2%クエン酸(酸性水)に溶け, 水に溶けない	水に溶ける
効き方	緩効性	速効性
作物の利用率	高い 作物の根酸や土壤中の酸で溶け, 無駄なく吸収される	く溶性よりも低い 水にすぐ溶けるので吸収も早い, 肥切れも早い
濃度障害	起りにくい	起こりやすい
土壌からの溶脱・流亡	少ない (環境にやさしい肥料)	しやすい
施肥法	基肥1回施用で, 追肥を省力できる	栽培期間の長い作物では, 追肥が必要
土壌酸性化	しない (アルカリ性肥料)	しやすい (塩素根・硫酸根を含むため)

土壌に施されたけい酸加里肥料は, 根から分泌される酸や土壌中の酸によって, ゆっくりと加里, けい酸, 苦土が溶け出し作物に吸収されます。その吸収のされ方を水溶性加里と比較したイメージを図-2に示します。

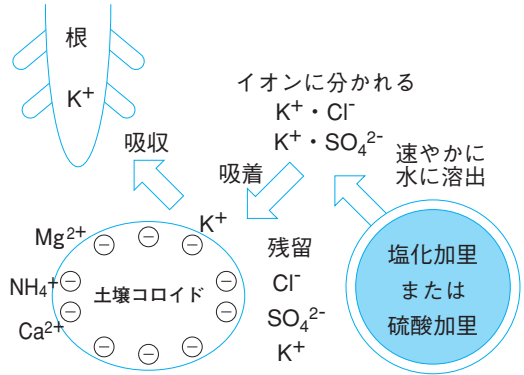
水溶性加里(塩化加里・硫酸加里)は, 灌水や雨水にすぐに溶けて, K<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に分かれます。K<sup>+</sup>の一部は土壌粒子に吸着して交換性加里となりますが, 土壌溶液中にはK<sup>+</sup>と副成分のCl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が多く存在しています(図-2右)。このため, 水溶性加里はすぐに作物に吸収されます。

一方, けい酸加里肥料は水には溶けず根酸や土壌中の酸により徐々に溶け出し, 根に吸収されます(図-2左)。

けい酸加里肥料の場合



水溶性加里(塩化加里, 硫酸加里)の場合



図一 水溶性加里とけい酸加里肥料の肥料分が作物に吸収されるイメージ図

Q-3

けい酸加里肥料はどんな溶け方をしますか？

A-3

けい酸加里肥料を水稻の中間追肥（出穂45日～35日前）に施用すると、図-3に示すように緩効性肥料の特性を発揮し、施用時から収穫期まで肥効が持続します。また、けい酸加里肥料はけい酸と加里がほぼ同時に溶け出しています。このため、稲がけい酸と加里を同時に吸収することで、けい酸と加里が互いに稲に対する働きを助け合うことにより、相乗効果が生まれます。これは、けい酸加里肥料の大きな特長のひとつです。ただし、けい酸加里肥料の加里溶出には、田面水や施用圃場の水温、地温、pH、アンモニア性窒素が複雑に関与します。温度が高まったり、土壌のpHが低下したり、硫酸などと併用すると共存イオンの影響が出たりして、加里の溶出が早まることもあります。

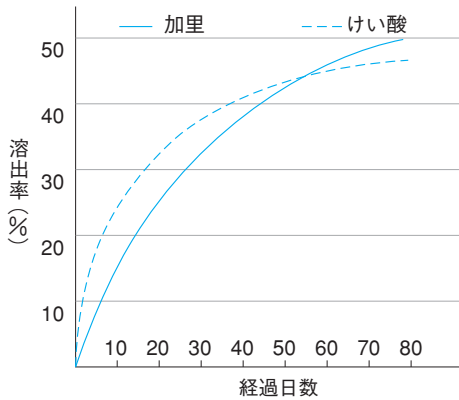


図-3 水田におけるけい酸加里のけい酸と加里の溶出推移 (珪酸カリ肥料研究会)

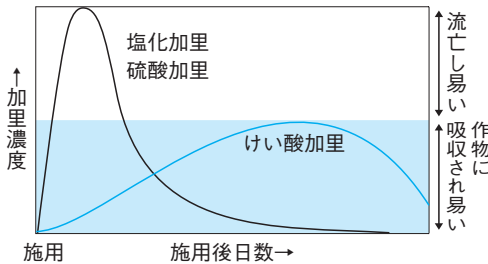


図-4 けい酸加里と塩化加里・硫酸加里の効き方 (イメージ図)

Q-4

けい酸加里肥料の水稻に対する効果をまとめてください。

A-4

1. でけい酸と加里の効果について、2. でおいしい米づくりについて説明します。

1. けい酸と加里はお互いに稲に対する働きを助け合い、より大きな効果が生まれます。

**けい酸の効果**

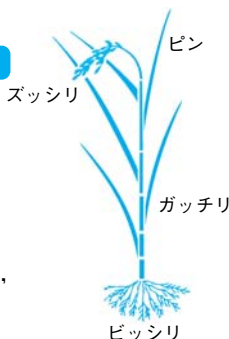
不稔実米を減少させる。

粒張りを良くする。

葉をピンと立たせ光環境を良くし  
光合成を促進させる。

ケイ化細胞を強化し茎葉を硬化させ、  
倒伏・病害を軽減する。

根の活力を高める。



**加里の効果**

光合成産物（デンプン）の  
籾への移行を促進する。

日照不足時の光合成を助ける。

籾の強度を高め倒伏を軽減する。

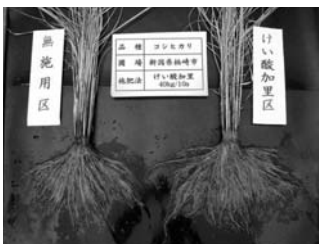
根毛の発育を促進する。

- ①活力ある根が張り、体質を強化し倒伏を軽減します。
- ②登熟が高まるとともに粒張りが良くなり、食味向上に役立ちます。また、デンプンの転流を良くし、乳白粒の発生を軽減します。
- ③ケイ化細胞が強化され茎葉が硬くなり、いもち病やごま葉枯れ病を軽減します。また、異常気象による障害を軽減します。

2. けい酸加里肥料の施用は、おいしい米・売れる米づくりにお役に立ちます。



- 根の活力を高める。
- 稲体を丈夫にする。
- 受光態勢を良くする。
- 粒張りが良くなり、タンパク含量が減少する。



根量調査の写真例

Q<sub>-5</sub>

けい酸加里肥料は、水稻の基肥時や中間追肥に使われていますが、その施肥法と肥効は？

A<sub>-5</sub>

けい酸加里肥料の施肥基準量は、土壤条件、水稻品種、気象条件などによって異なりますが、目安としては表-3のとおりです。基肥、中間追肥とも登熟歩合、食味の向上効果が期待できます（図-5、図-8）。

表-3 けい酸加里肥料の施肥基準

施肥法	施用量（10a当たり）	施用時期・方法
基肥施用の場合	40～60kg（2～3袋）	耕起前に全面散布する
中間追肥の場合	30～40kg（1.5～2袋）	出穂45～35日前に全面散布する

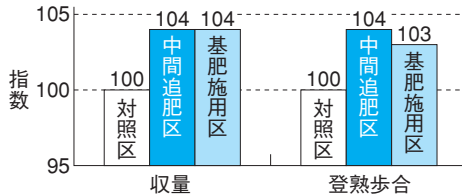


図-5 けい酸加里肥料施用による収量と登熟歩合

（1989～1994年 25試験の平均 指数は対照区を100とした場合）

施肥法の違いによる効果を強いてあげれば、基肥は穂数増加に、中間追肥は登熟歩合向上に特に効果があります。

1. 基肥と中間追肥施用量の差

中間追肥は上根の張る表層施肥のため根との接触がよくなり、また施用時期が生育後期に当たり栽培期間が短くなるので、施用量は少なくなります。

2. 中間追肥の注意点

けい酸加里肥料はく溶性のため、根と接触させるか近い場所に置くことが望ましく、肥効を十分に引き出すためには、土が固くなる前（中干し前）の施用が効果的です。

Q-6

最近、けい酸加里肥料が土づくり肥料としても各県で使われていますが、その土づくり肥料について教えてください。

A-6

けい酸加里肥料の特長を生かし、りん酸質肥料などと混合した新しいタイプの土づくり肥料が急速に増えています。これまでの土づくり資材といえば、その主体は1970年代（昭和40年代後期）から全農などによって推進されたケイカル・ようりん混合施肥でした。しかし、それは10a当たり160～200kgもの多施肥量が必要でしたので、労力がともなわず減少傾向となっています。

こうした中、けい酸加里肥料とりん酸質肥料などを混合すれば、吸収効率の高いけい酸と、く溶性加里、それにりん酸の相乗効果も加わり60～80kg/10aの少量でも、根の発達や良質米づくりにつながるようになりました。この新しい土づくり肥料は、県別の土壤実態に応じて組み合わせられるりん酸質肥料等の種類・配合割合が異なり、県独自銘柄として設定されています（表-4）。

そのキーワードとなったのは「軽量散布」「食味向上」「環境保全」で、現在の農家ニーズを満たすものとして、広く普及しています。

表-4 けい酸加里肥料入り土づくり肥料の主な銘柄一覧

けい酸加里と混合する肥料	銘柄名	取扱県
リンスター	ケイカリン ケイカリンプラス 阿波カリン	宮城、福島、長崎 茨城 徳島
苦土重焼燐	ニューソイル元気 地カアップPSK	新潟 栃木
ようりん	ヒムカリン	宮崎
ダブリン	シリカリン	青森、宮城、秋田
ようりん アヅミン	パワフル大地	石川
リンスター アイアンサポート	テツカリン 鉄入り大地	長崎 鹿児島
リンスター ケイカル	味カアップM	岐阜、三重
アイアンサポート ケイカル	味カアップF	岐阜、愛知
アイアンサポート ミネテツエース	土楽園	広島



けい酸加里入り  
土づくり肥料

従来の  
土づくり肥料



Q-7

けい酸加里肥料の秋施用の肥効について教えてください。

A-7

施肥の労力を分散するため、けい酸加里肥料を水稲収穫後に年内（秋）施用しても、けい酸加里肥料の効果は春施用と同じようにはあられません。

長野県の結果では、けい酸加里肥料を秋に施用しても耐倒伏性、登熟、千粒重などの向上効果は、春（基肥）施用の場合とほぼ同じでした（表-5）。

宮城県の結果でも、籾数が増加することによる増収効果（表-6）が認められ、また茎葉部のけい酸含量が高まることから、倒伏に強い丈夫な稲になっています。宮城県では、けい酸加里肥料の秋施用が土づくりの奨励事項となっています。

なお、暖かい地方では、地温上昇によりけい酸加里肥料の溶出が多くなることが予想されますので、春施用をおすすめします。

けい酸加里肥料 秋散布 試験成績

表-5 長野県農事試験場（コシヒカリ）（1993年）

区	精玄米重		籾数 (粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
	(kg/10a)	指数			
対 照	608	100	41,100	66.1	20.7
秋 施肥 けい酸加里60kg/10a	646	106	40,000	69.8	21.5
春 施肥 けい酸加里60kg/10a	675	111	39,500	74.3	21.5

※指数は対照区を100とした場合

表-6 宮城県農業センター（ひとめぼれ）（1994年）

区	精玄米重		籾数 (粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	けい酸含量 (%)
	(kg/10a)	指数				
対 照	573	100	32,000	79.8	22.2	10.2
秋 施肥（12月） けい酸加里40kg/10a	603	105	35,100	76.6	22.5	13.8

※指数は対照区を100とした場合

※けい酸含量は収穫時(9/20)の茎葉の値

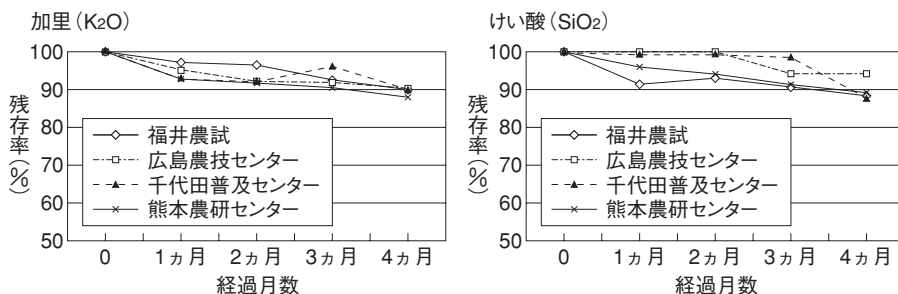
(参考)

冬期に施用したけい酸加里肥料の残存加里およびけい酸の経時変化を福井県農業試験場，広島県農業技術センター，熊本県農業研究センター，広島県千代田農業改良普及センターでおこないました。

試験条件：冬期・裸地・畑状態・深さ3cmの土中にけい酸加里をナイロンメッシュ袋に詰め12月に施用。

その後，定期的に取り出し，けい酸と加里を測定。

試験結果では，冬期間は植物の根酸や土壌中の有機酸などの影響が少ないため，12月～3月までの4カ月間で約90%の加里とけい酸が残存していました。



図－6 冬施用 けい酸加里肥料の残存率経時変化 (1996 年)



けい酸加里肥料を使った水稻は、受光態勢がよくなり、登熟、食味も向上するといわれますが、どうしてですか？



水稻に対するけい酸加里肥料の施用は根の張りがよくなり、けい酸の吸収量が増加し上位葉が直立するため受光態勢がよくなります。また、ほかの養分の吸収が促進されて乾物重（デンプン）が増加し、生育がよくなることがわかりました。これが登熟歩合の向上、タンパク質含有率の低下につながります。

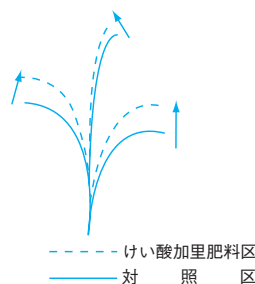
### 1. 根が活性化して葉がピンと立ちます

けい酸は、イネの葉をピンと立たせ、光環境を良くし、光合成を促進させます。けい酸加里肥料施肥により、葉がガッチリしてピンと立っている試験事例を表-7に示します。

表-7 葉身直立度 (cm) 埼玉県農林総合研究センター (2004年)  
品種：キヌヒカリ 移植：6月30日 測定：9月5日

対 照 区	7.7±0.7(100)
けい酸加里基肥区	5.9±0.5(77)
けい酸加里中間追肥区	6.3±0.6(82)
けい酸加里基肥半量区	5.4±0.3(70)

※ 数字が小さいほど葉はピンと立つ  
※ ( )は対照区を100とした場合の指数



また、けい酸加里肥料を施用すると根の活性が増します。

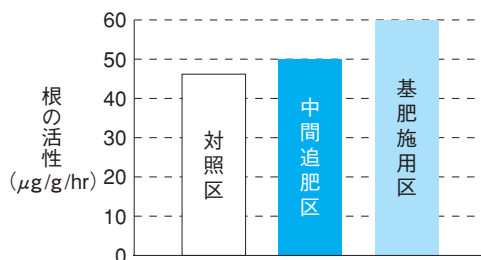


図-7 けい酸加里肥料が根の活性に及ぼす効果 (αナフチルアミン法による)  
埼玉県農林総合研究センター (2004年)

注：根の活性は，表層から深さ15cmにあるイネの根部を採取後，均一に混和してから測定したものです。図-7は表-7と同じけい酸加里肥料の肥効試験で得られた成績です。

## 2. 登熟，食味が向上します

1990年から1995年に実施した水稻に対するけい酸加里肥料の肥効試験で，食味評価の出来るデータ（5品種，15試験成績）について集計した結果，

- ① 登熟歩合の向上，タンパク質含有率の低下の傾向が認められました。
- ② 食味値が1ポイント以上アップした区は，全体の91.7%を占めました（図-8）。

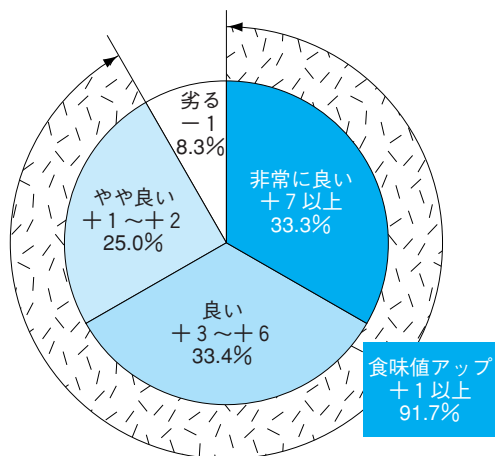


図-8 けい酸加里肥料施用区の食味値への影響（24例）



けい酸加里肥料は、異常気象の時、どんな効果を発揮しますか？



けい酸加里肥料は、異常気象下で、つぎのような効果を発揮し、収量および品質の低下を軽減します。

#### ①根の活性を強める

けい酸加里肥料のけい酸は、根の酸化力を高め、保護し生育を助けます。加里は根の生長を促し、根域を広げます。このことにより、根の活性度を高め根張りをよくします（図-7）。

#### ②倒伏軽減に役立つ

けい酸は、稲の茎葉のケイ化細胞を強化し、加里は、セルロース、リグニンの集積を多くして、稈を太く丈夫にし、稈の強度を高めます。  
このため、けい酸と加里の相乗効果で倒伏軽減に役立ちます。

#### ③いもち病の軽減

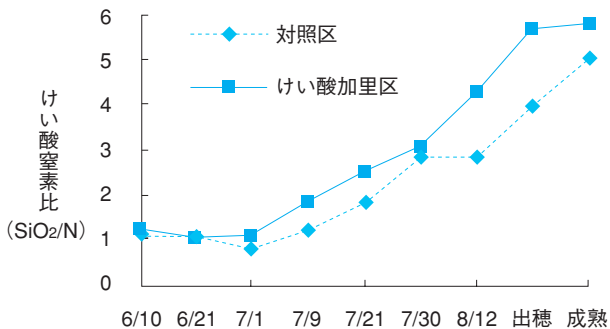
②で述べたように、けい酸は稲体を丈夫にし、稲体中のけい酸／窒素比の値が高まることにより、いもち病を軽減します（図-9, 10）。

#### ④細胞内の水分調節機能を増す

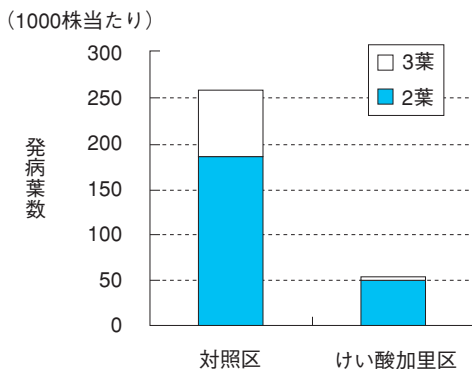
加里は細胞の膨圧を適度に保ち、低温や干ばつの害に抵抗を強めることはよく知られています。また、けい酸は茎葉表皮のクチクラ・シリカ2重層を厚くし蒸散を抑制します。このことが低温時の体温保持、強風、干ばつ時の脱水防止に役立ちます。

#### ⑤弱勢穎花の登熟良化

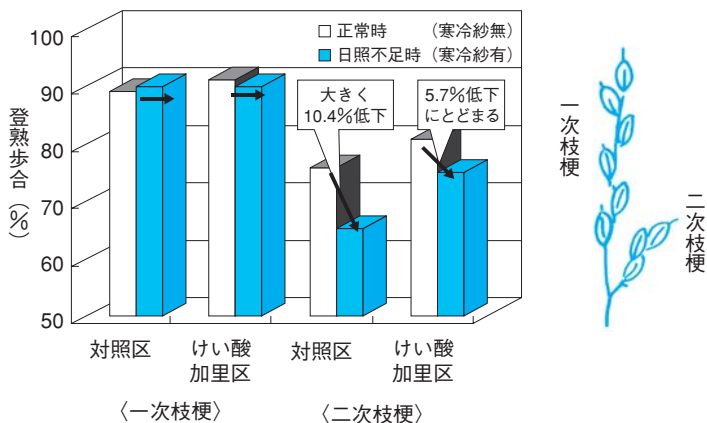
二次枝梗などの弱勢穎花の退化を防止し登熟をよくします。これは籾がらの加里とけい酸の働きによるものです（図-11）。



図一〇 稲体のけい酸窒素比の推移 (岩手県農試 1993年)



図一〇 葉いもちの発生程度 (岩手県農試 1993年)



図一〇 日照不足時の登熟低下 (佐賀県農試 1985年)

Q-10

けい酸加里肥料の畑作物に対する肥効について教えてください。

A-10

けい酸加里肥料は「く溶性」なので、肥効が持続し、吸収利用率が高くなり、つぎのような効果があります。

### 1. 濃度障害回避ができて、追肥の省力が可能

畑作物の加里肥料としては、硫酸加里が主に使われ一部塩化加里が使われています。ともに水溶性で、速効性肥料ですから多肥すれば濃度障害を起こし易く、また流亡・溶脱も多くなるため、追肥回数が多くなります。

これに対して、けい酸加里肥料のく溶性加里は、肥効が緩やかなので多肥しても濃度障害を起こしません。また流亡・溶脱が少ないので、施肥基準量より減肥が可能で、追肥回数を減らすこともできます。効果の出方は、作物の種類や土壌条件によりそれぞれ異なります。

### 2. 上物率が多くなる

畑作物の栽培において収量増はもちろんですが、それ以上により品質と豊富な栄養価をもった野菜の生産が重要です。けい酸加里肥料を施用して上物率が向上した例を図-12に示しました。

この試験は1978年から1980年に全国各地の農業試験場でおこなわれました。

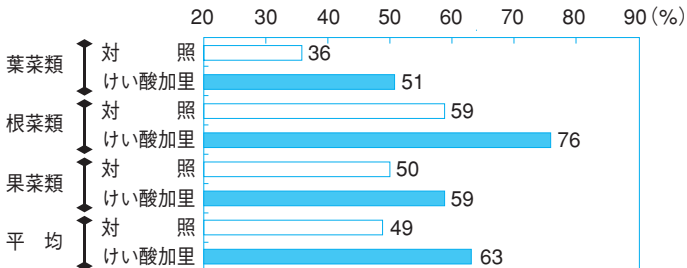


図-12 けい酸加里肥料施用による上物率の向上

葉菜類：11点，根菜類：13点，果菜類：6点  
(全農肥料農業部・珪酸カリ研究会，1981年)

### 3. 鮮度保持効果がある

けい酸加里肥料は作物の根の活性を高め、光合成を高く維持し、無駄な蒸散と呼吸を抑えます。その結果、野菜の糖度が高まり、鮮度も長く維持されます（図-13）。

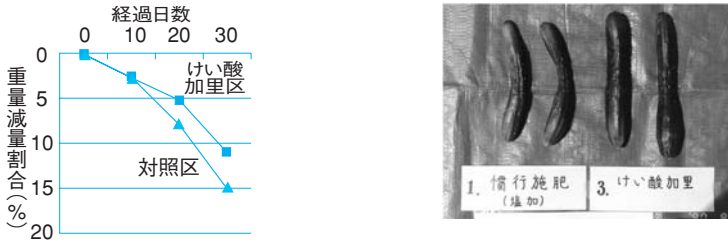


図-13 鮮度保持比較（岩手県園芸試験場 南部分場 1980年）  
調査法 有孔ポリ袋に良果を入れ室温で放置し、重量減量割合を経時的に測定

### 4. 苦土、石灰などミネラル成分をバランスよく吸収

けい酸加里肥料の加里はく溶性であり、作物の加里の過剰吸収、いわゆるぜいたく吸収がないので、作物体中の加里濃度を必要以上に高めません。

このため石灰、苦土などをバランスよく吸収し、生理障害を起こしません（図-14）。

硫酸加里区	38	48	14
	石灰	加里	苦土
けい酸加里区	43	41	16

図-14 作物体の塩基構成比

（島根県農試など7試験場でおこなったキャベツ、レタス、ダイコン、キュウリ、イチゴ、牧草の6作物試験の平均）

### 5. 機能性成分の向上

機能性成分（糖、ビタミン類、ミネラル）を高めます。また、食用部分に硝酸態窒素の集積を抑制する効果があります（表-8）。

表-8 ホウレンソウに対するけい酸加里肥料の糖度、ビタミンC、硝酸態窒素への効果  
（福島県施肥合理化協会 2002年）

区	生体重 (g/10株)	同比 (%)	糖度 (度)	同比 (%)	ビタミンC (mg/100g)	同比 (%)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	同比 (%)
対照	468.5	100	8.3	100	65.0	100	6,235	100
けい酸加里全量基肥	478.2	102	8.9	107	71.0	109	5,320	85
けい酸加里上乘せ	508.3	108	9.6	111	72.0	111	5,299	85





けい酸加里肥料の畑作物に対する使い方と施用量を教えてください。



基肥施用が効果的です。また、配合肥料の原料としても使えます。施用量は表-9、10を目安にしてください。

表-9 けい酸加里肥料の畑作物に対する施用量の目安

作物の種類	施用量	作物の種類	施用量
葉菜類	40～80kg/10a	花き	60～100kg/10a
根菜類	40～80kg/10a	果樹	40～80kg/10a
果菜類	60～80kg/10a		

表-10 けい酸加里肥料が使われている代表作物

葉菜類	レタス、ハクサイ、ホウレンソウ、キャベツ、シュンギク
葉茎菜類	タマネギ、ニラ、ネギ、ショウガ、アスパラガス
果菜類	トマト、キュウリ、イチゴ、メロン、ピーマン、ナス、スイカ
根菜類	サツマイモ、レンコン、ダイコン、サトイモ、ニンジン、ヤマイモ
花き	キク、カーネーション、トルコギキョウ、バラ、チューリップ
果樹	ミカン、モモ、リンゴ、ナシ、ブドウ
特用作物	チャ、コンニャク、イグサ、ラッカセイ