

塩安系肥料のおはなし

塩安（正式名称は塩化アンモニウム）は 1950 年から生産が始まり、硫安・尿素とともに日本の窒素肥料の主役となっています。また、「古くて新しい肥料」ともいわれ、多くの作物で窒素の肥効を助けることも明らかになっています。そこで、塩安の特性を再認識し、今後の作物生産に役立てていただくため、今回から数回に分けて、塩安肥料協会発行の「塩安系肥料のおはなし」を一部編集して紹介していきます。

1. 塩安系肥料の優れた特長と種類

塩安には、作物の生育に欠かせない必須元素である塩素を含んでいるという、ほかの窒素肥料にはない大きな特長を持っています。その

肥効は、多くの研究機関によって検討されてきましたが、それらの結果は次のように要約できます。

表-1 塩安系肥料の種類

種類	成分の形態	特長
塩加磷安	窒素：塩安、磷安 りん酸：磷安 カリ：塩加	塩安はじめ、磷安、塩加が成分の代表的な塩安系高度化成肥料
尿素入り塩加磷安	窒素：塩安、磷安、尿素塩安 りん酸：磷安 カリ：塩加	尿素単体よりも肥効が持続する尿素塩安を含む塩加磷安
苦土塩加磷安	窒素：塩安、磷安、苦土磷安 りん酸：磷安、苦土磷安 カリ：塩加	肥効の持続と苦土の効果が加味される苦土磷安を含む塩加磷安
NK化成C号	窒素：塩安 カリ：塩加	塩安の特性を十分発揮する追肥用高度化成肥料の代表
塩安	窒素：塩安	窒素成分 25%保証の窒素質肥料
被覆肥料入り複合	窒素：塩安、磷安、被覆窒素 りん酸：磷安 カリ：塩加	溶出コントロールされた被覆窒素と塩加磷安などとの複合肥料。全量基肥栽培などに最適

※このほかに、けい酸加里入り塩加磷安、UF入り塩加磷安、有機入り塩加磷安など、特色ある銘柄も用意されている。

- ①無硫酸根肥料なので、作物の根腐れの原因となる硫化水素を発生させません。
- ②けい酸、マグネシウム、カルシウムなどの吸収を促進するため、土壌改良資材の効果を高めます。
- ③塩安のアンモニア性窒素は、硝酸化成速度が緩やかなので、高い肥効が続きます。
- ④土壌中の光合成細菌の増殖を促進するので、施肥窒素の一部が緩効化された後、ゆっくり溶け、地力窒素のような効果を徐々に表し、肥効が持続します。
- ⑤光合成作用を促進するので、実りを向上させます。
- ⑥倒伏しにくくなるので、栽培を安定させます。

⑦食味向上効果が高く、「うまい米づくり」に利用できます。

⑧石灰を好む作物である、レタスやトマトなどではカルシウム含有率が増加するので、栄養価を高めます。

このような塩安の優れた特長を生かした多くの塩安系肥料が販売されており、農家の皆さまから好評をいただいています（表-1）。

2. 水稻栽培で塩安系肥料が発揮する効果

「明日の米づくり」への課題には、①安定生産・多収、②食味の向上、③省力・低コスト栽培があります。これらの課題を解決するために、塩安系肥料は大いに役立ちますが、どのような効果を発揮しているのか、そのポイントを順に見てみましょう。

収量の安定と向上には、適切な土づくりや栽培管理、水管理、雑草・病害虫防除が大切です。それに加えて、適切な肥料を選択することも重要です。

塩安系肥料が安定・多収をもたらす要因として、次ページ以降の **4** つの効果が挙げられます。

POINT 安定多収

塩安系肥料は、米づくりを安定させ、多収をもたらす。その効果は次の4つ。

- ① 硫酸根を含まないので、「秋落ち現象」を防ぐことができる。**
- ② 塩素イオンが、カリウム、マグネシウム、カルシウムなどのミネラル吸収を促進する。**
- ③ 塩安の施用で、稲の下位節間長が短くなる。**
その結果、倒伏が軽減し、「倒さない米づくり」を実現する。
- ④ 塩素イオンは、作物の光合成作用を促進する。**
この働きは、塩安に登熟促進効果のあることを裏付けている。

1 「秋落ち現象」の防止

水田土壌中では、温度が高くなると、嫌気性菌類が有機物と窒素、りん酸などを餌とし繁殖が旺盛となります。そのため、土壌中の酸素が消費され、不足すると土壌中の酸化物から酸素が奪われ、土壌は酸素不足の状態（還元状態）となります。

硫酸根を多く含む肥料を多用した場合には、有害な硫化水素ガスが発生します。すなわち、硫黄1分子と酸素4分子からできている硫酸イオンの酸素が奪われ還元されると、硫黄はそのままで存在することができないので、水素と結合して硫化水素となります。

そのため、根を傷め、養分吸収を妨げ、やがて根腐れを起こし、収量も上がらない、いわゆる

「秋落ち現象」が起こります（表-2、図-1、2）。

この「秋落ち現象」は、硫酸根を含まない塩安系肥料の施用と土壌改良、基盤整備などによって、一時期に比べると大幅に減少してきました。しかし、生わらのは場還元が一般的になった結果、「秋落ち現象」の発生が報告されるようになり、塩安系肥料の施用の意義が再確認されています。

塩安や塩安系肥料を使った水稻は、根腐れ（黒変根、弱黒変根）の発生が少なく（図-3、写真-1）、りん酸、けい酸、アンモニア、水がよく吸収されます（図-4）。

表-2 土壌が還元状態になる条件

条件	理由
未分解の有機物が多くある	わらすき込み、雑草根、刈り株がある
硫酸分が多くある	硫酸、塩安系複合肥料、過石、硫加などの施用
湛水状態にある	排水、透水が悪く、湛水状態にある
土に鉄分が少ない	作土中に鉄分が少なく、約1%以下のところ
地温が高い	地温が高まると微生物の活動が旺盛となる。 一般には7~8月にかけて地温が高まり還元がすすむ

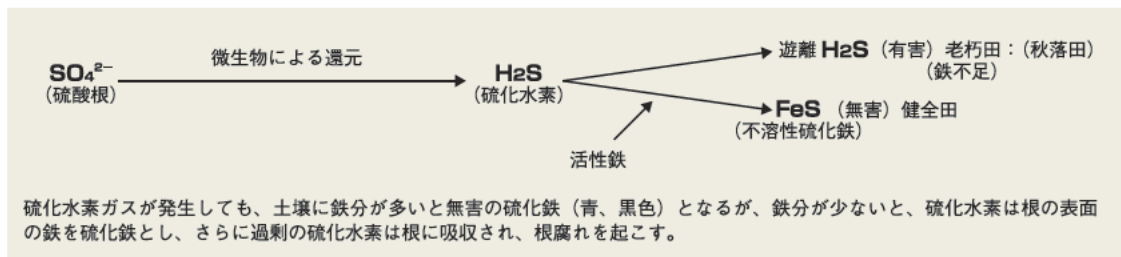
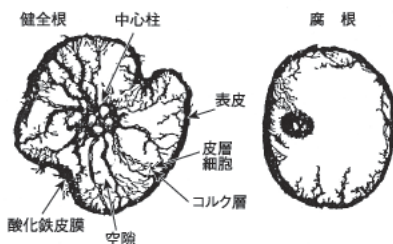


図-1 硫化水素発生メカニズム



根腐れを起こした組織が破壊され、表層のコルク層のみが残る。

図-2 健全な根と腐った根（三井）

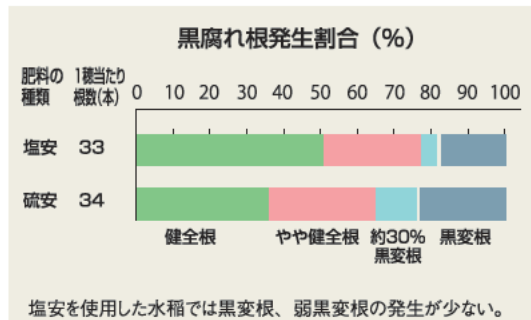


図-3 塩安施用と根腐れ状況（千葉農試・1984）

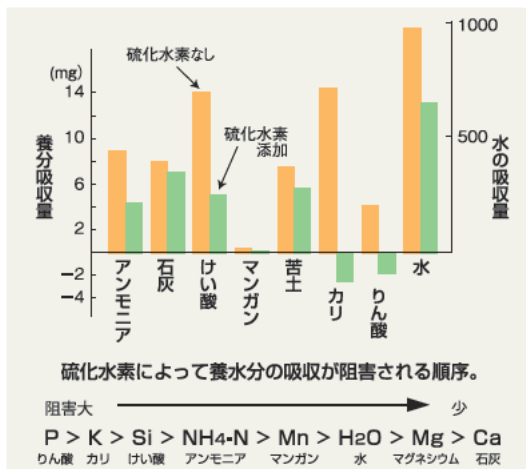


図-4 水稻の硫化水素添加による養水分の吸収阻害 (三井)



(注) 1. 東京農工大学農学部、根箱試験
 2. 塩安肥料協会
 3. 水稻「日本晴」、山形県庄内土壌を供試、排水処理
 4. 6月15日移植、8月29日撮影
 5. 生わらを施用した場合でも、塩安区は根傷みしない

写真-1 根箱から取り出した根の状態

2 ミネラル吸収の促進

塩素イオンと硫酸イオンのカリウム、マグネシウム、カルシウムなどのミネラル吸収に及ぼす効果を比較しました。その結果、いずれの場合にも塩素イオンによる吸収促進効果が認められ、ミネラル吸収に対する塩安系肥料の優位性が示されています (図-5)。

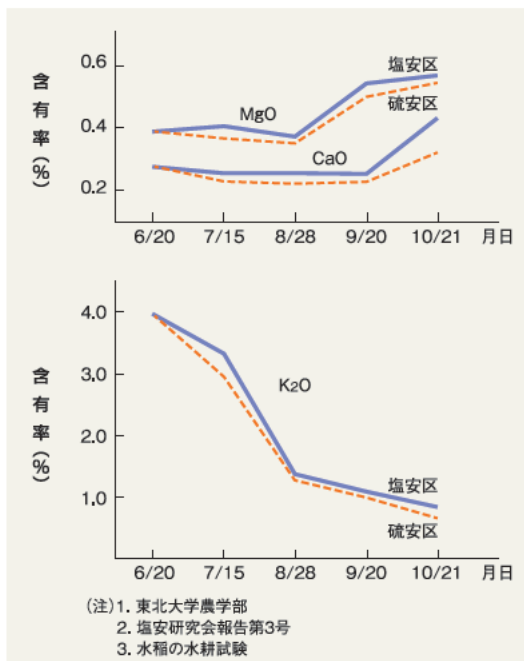
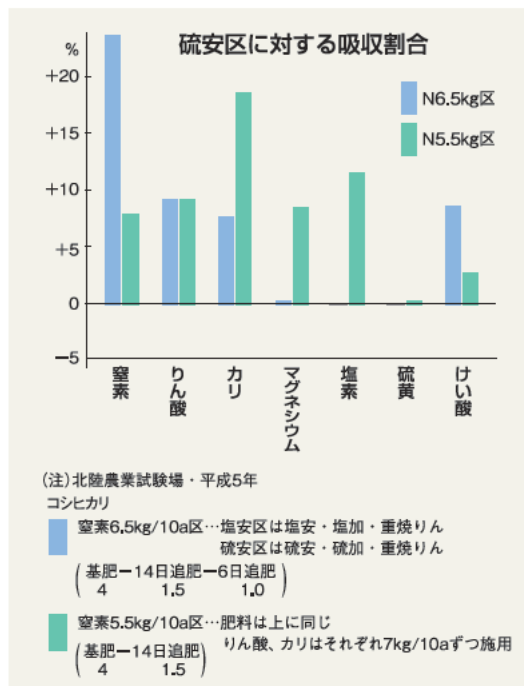


図-5 塩安施用による水稻のカリ、マグネシウム、カルシウムの時期別含有率の変化



(注) 北陸農業試験場・平成5年
 コシヒカリ
 ■ 窒素6.5kg/10a区…塩安区は塩安・塩加・重焼りん 硫安区は硫安・硫加・重焼りん
 (基肥-14日追肥-6日追肥)
 4 1.5 1.0
 ■ 窒素5.5kg/10a区…肥料は上に同じ
 (基肥-14日追肥) りん酸、カリはそれぞれ7kg/10aずつ施用
 4 1.5

図-6 塩安施用による稲の無機成分吸収への影響

3 倒伏の軽減

倒伏を防ぐには、下位節間を太く、短く育てることが大事なポイントで、追肥の時期や量などに適切な管理が求められています。また、倒伏に対する抵抗性が、肥料の種類によって変化するという点をうまく利用するのも、「倒さない米づくり」に欠かせない要素といえます。

塩安系肥料の倒伏軽減効果に関する試験例をいくつか紹介します。

図-7のように、塩安を使用した稲は下位節

間長（第4節間と第5節間長）が短く、下位節間長の短い稲は、挫折重が大きいので倒伏しにくくなります。

さらに、塩安系肥料は、稈中のホロセルローズ密度を高め（図-8）、維管束や厚膜組織など下位節間の組織構造を充実させることなどにより、倒伏軽減効果を発揮することが明らかにされています（図-9）。

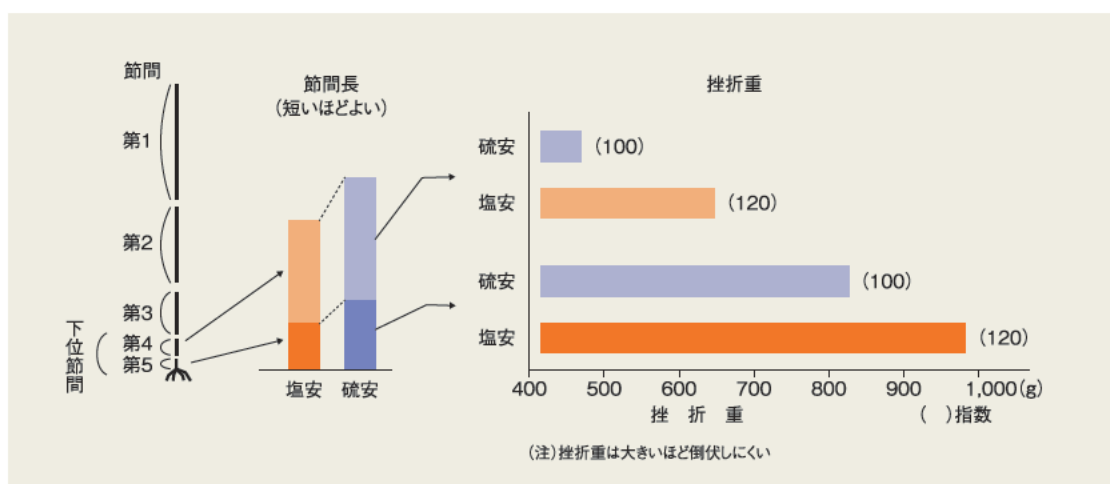


図-7 下位節間長と挫折重との関係

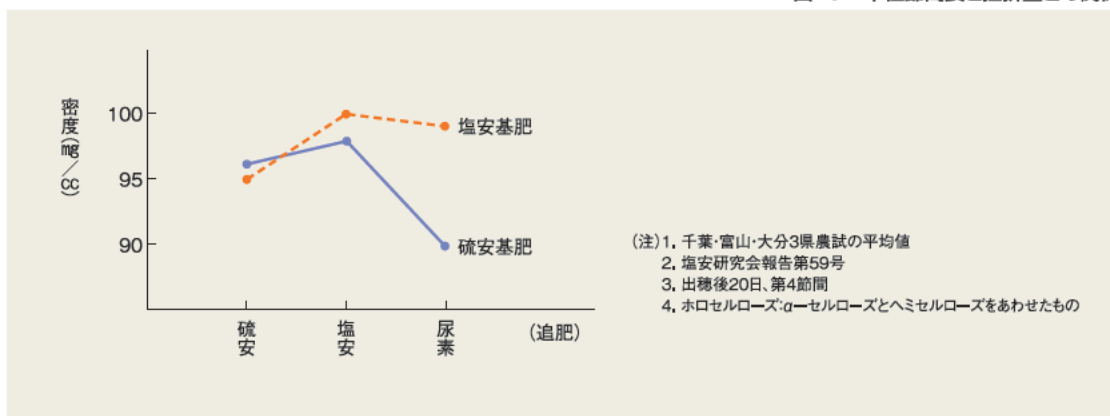


図-8 肥料の種類とホロセルローズ密度

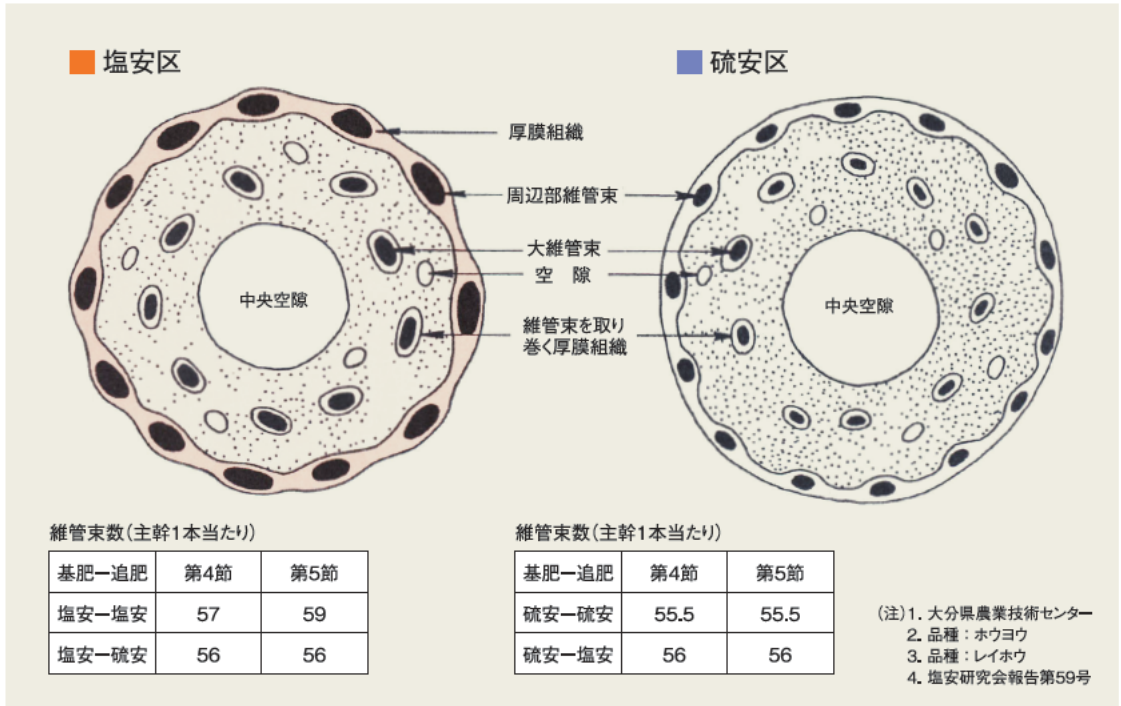


図-9 水稲稈の構造模式図と下位節の維管束数

4 光合成作用の促進

塩素イオンが、作物の光合成作用（炭酸同化作用）を促進することは、多くの研究によって証明されており、塩安系肥料の登熟促進効果を理論的に裏付けています。

塩素イオンは、葉緑体中で明反応を起こし、酸素を発生するときの助酵素として働いています。塩素イオンがないと、酸素の発生が悪くな

ります（図-10）。

また、葉緑体が炭酸ガスを取り込む量は、塩素濃度が高いと増大することが、放射性同位元素¹⁴Cを用いて明らかにされています（図-11）。

さらに、塩安は光合成菌の光合成や大麦の光合成にも効果があります（図-12、13）。

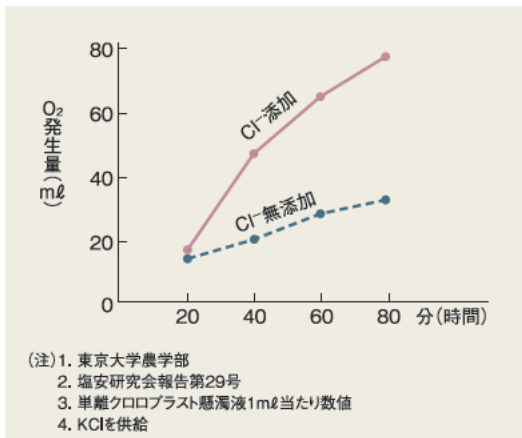


図-10 葉緑体の酸素発生におよぼす塩素イオンの影響

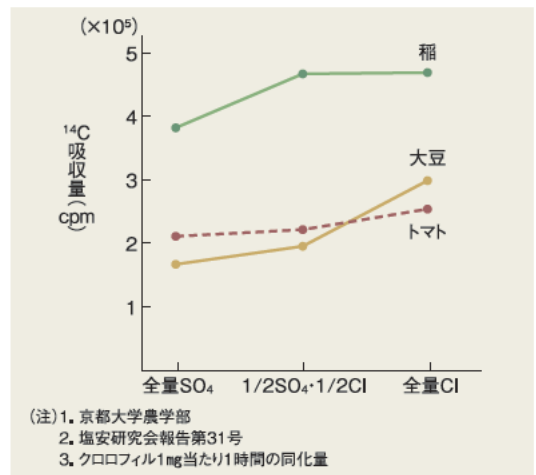


図-11 各作物の光合成能におよぼすCl⁻、SO₄²⁻の影響

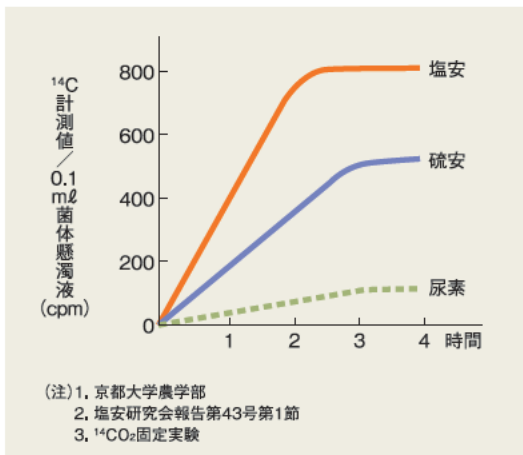


図-12 塩安の炭酸固定にあたる効果(光合成菌)

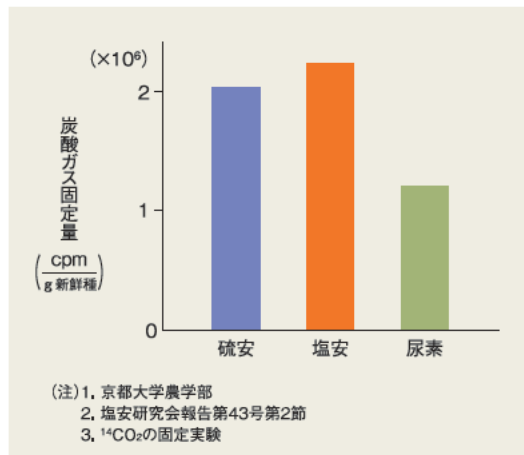


図-13 塩安の炭酸固定にあたる効果(大麦幼植物)

POINT 2 良食味米生産

塩安は、うまい米（良食味米）をつくるのを助ける。

米の食味にかかわりがある要素は、①タンパク含量、②炊飯米の表面構造、③炊飯特性であるが、どの要素にも、塩安の施用は食味がよくなる方向に働き、食味の総合評価は、豊凶、品種にかかわらず、すぐれている。

近年、「おいしい米」を求める消費者の声は高く、生産者は、食味に重点をおいた施肥管理がますます重要になっています。

塩安系肥料が米の食味向上にすぐれた効果を発揮することは、従来より農林省食糧研究所（現独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・

食品総合研究所）の研究によって知られていました（図-14、15）。また、都市部の若い世代を対象とした最近の試験によっても、塩安系肥料で栽培した産米の評価が高いことが確認されています（表-3）。

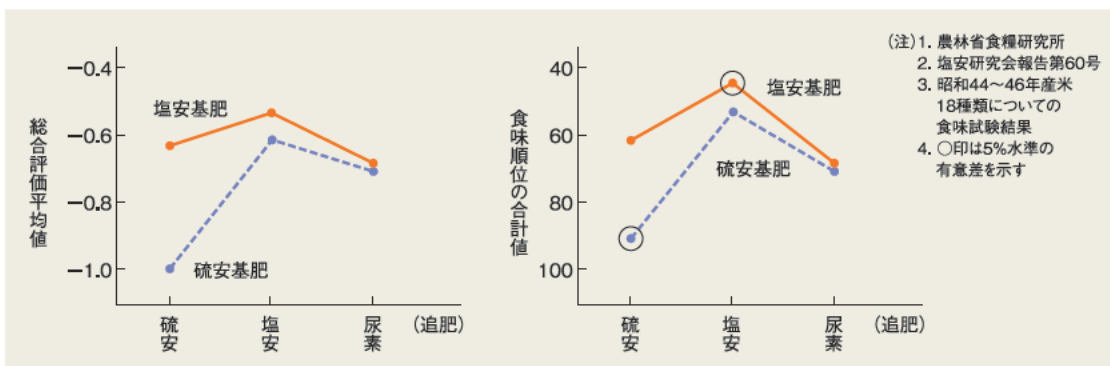


図-14 米の食味と施肥の効果

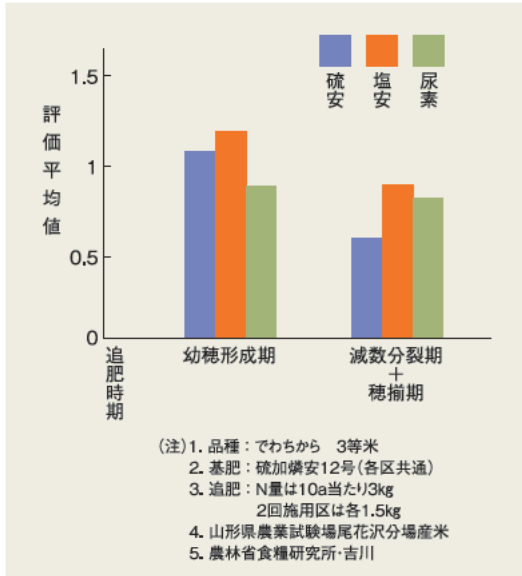


図-15 追肥時期による米の食味(総合評価)の相違

1 食味とタンパクとの関係

米の食味は、タンパクとの関係で評価されることが多く、一般的にはタンパク質含量の増加とともに、食味は低下するといわれています(図-16)。

一方、同じタンパク質含量でも食味評価にはバラツキがあることも知られており、近年タンパクの種類や構成比率が注目されています。

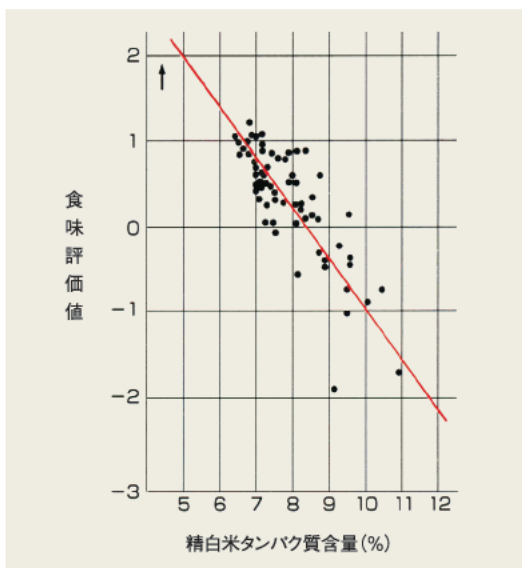


図-16 精白米のタンパク質含量と食味評価

表-3 嗜好型官能検査における総合評価順位

(平成5年産コシヒカリ)

順位	試験区	※平均評点
1	塩安多肥区	1.25 ± 1.65
2	塩安少肥区	1.05 ± 1.54
3	硫安多肥区	0.50 ± 1.70
4	硫安少肥区	0.55 ± 1.50

※試料間に危険率5%で有意差あり

(平成6年産コシヒカリ、越路早生)

順位	試験区	※平均評点	
		コシヒカリ	※越路早生
1	塩安少肥区	1.20 ± 1.7	1.55 ± 0.32
2	塩安多肥区	0.75 ± 2.0	1.30 ± 1.42
3	硫安少肥区	0.65 ± 1.6	0.55 ± 1.82
4	硫安多肥区	0.30 ± 2.3	0.10 ± 2.47

※越路早生では試料間に危険率5%で有意差あり

(東京農産大学・川端晶子)

2 タンパクの種類と構成比率

精米中のタンパクには、図-17に示すように、強く網目状に結合して層状のパウムクーヘンに似た構造のプロテインボディーIと、ランダム結合のために層状の構造をとらないプロテインボディーIIがあります。

プロテインボディーIは、溶解性が悪く、炊飯にともなう加熱分解に対して強い抵抗性があり、消化されにくいタンパクといわれています。

これに対して、プロテインボディーIIは、消化されやすく、炊飯特性も良好なタンパクであるとされています。

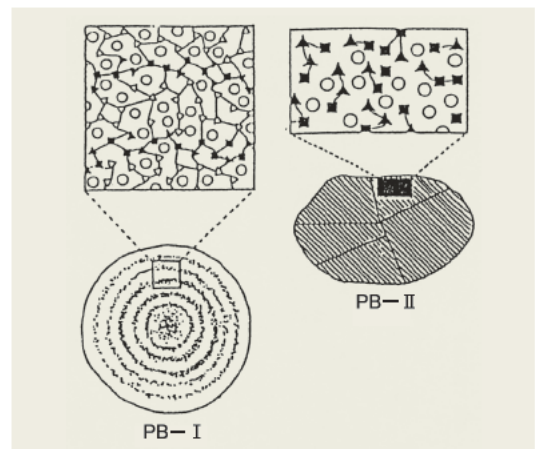


図-17 プロテインボディ(PB)-I、IIの模式図

2 タンパクの種類と構成比率

精米中のタンパクには、図-17に示すように、強く網目状に結合して層状のパウムクーヘンに似た構造のプロテインボディーIと、ランダム結合のために層状の構造をとらないプロテインボディーIIがあります。

プロテインボディーIは、溶解性が悪く、炊飯にともなう加熱分解に対して強い抵抗性があり、消化されにくいタンパクといわれています。

これに対して、プロテインボディーIIは、消化されやすく、炊飯特性も良好なタンパクであるとされています。

これまでの研究から、食味に影響するのは精米中の総タンパク量ばかりではなく、その種類や構成比率が大きいことが明らかになってきました。それによれば、総プロテインボディーに対するプロテインボディーIの割合が小さくなるほど（プロテインボディーIIの割合が大きくなるほど）粘りが増えて食味が向上することが示されています（図-18、19）

白米のプロテインボディーI含有率は、低温年次に高く、高温（豊作）年次に低い傾向がみられます（図-20）

また、プロテインボディーの構成比率は肥料の種類によっても変化し、塩安系肥料の施用がプロテインボディーI含有率を低下させることが明らかになりました（図-21、22、表-4）。

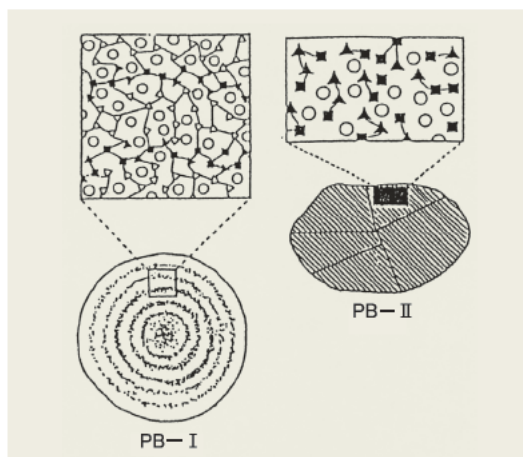


図-17 プロテインボディー(PB)-I、IIの模式図

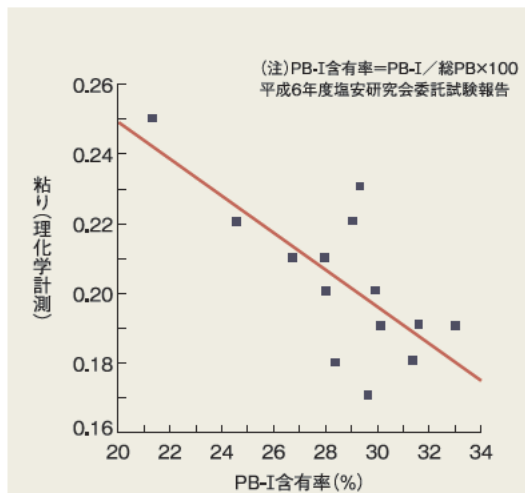


図-18 粘りとPB-I含有率との関係

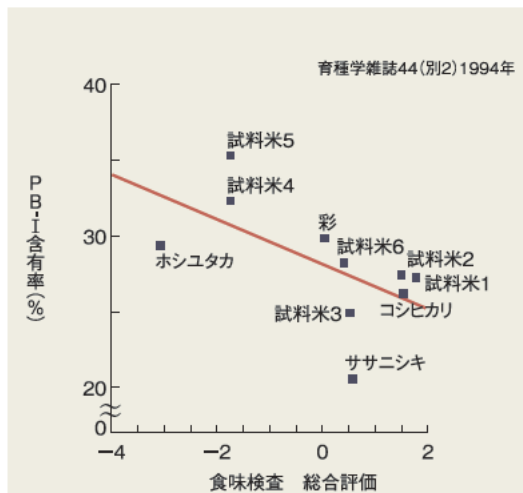


図-19 食味とPB-I含有率との関係

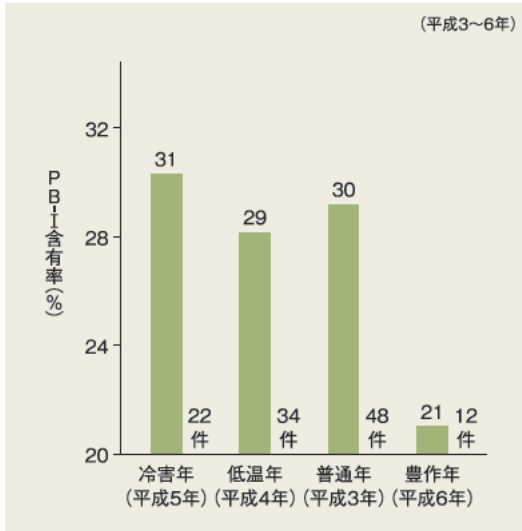


図-20 稲作気象と白米のPB-I含有率との関係

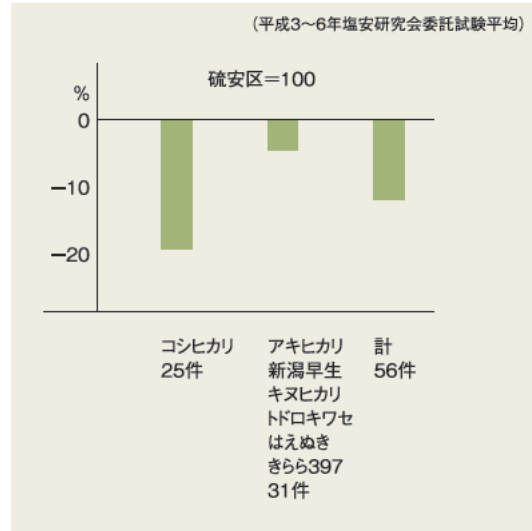


図-21 塩安施用によるPB-I含有率の低下

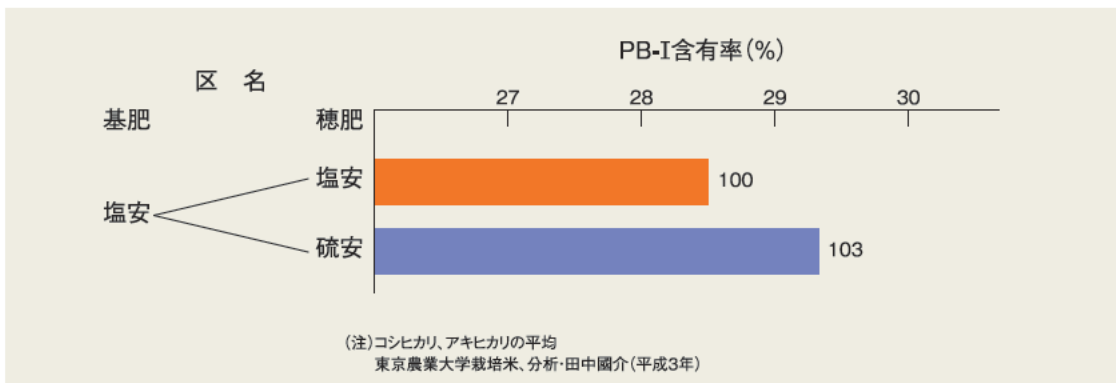


図-22 穂肥のN形態を変えた場合のPB-I含有率の変動

表-4 塩安系肥料施用によるPB-I含有率

(福井県農業試験場・N-kg/10a)(平成3年)

試験区名	基肥	穂肥		合計	供試肥料	PB-I(mg/米1g)	PB-I含有率(%) (PB-I/総PB×100)
		-18日	-11日				
塩安区	4.0	2.5	2.5	9.0	基肥 塩加磷安 086号	18.8	24.5
						15.6	25.6
塩安減肥区	4.0	2.0	1.0	7.0	穂肥 NK化成C6号	17.3	25.1
						16.8	25.2
硫安区	4.0	2.5	2.5	9.0	基肥 磷加安 086号	26.0	29.9
						35.5	30.2
硫安減肥区	4.0	2.0	1.0	7.0	穂肥 尿素入りNK化成2号	24.5	30.6
						19.7	30.8

3 炊飯米の表面構造

ご飯の表面を SEM 観察法で見ると、写真のように網目状の構造と細く長い糊の糸ができています。網目状構造の発達がよいと写真の明るい部分が多く、ご飯は軟らかく、弾力があり、食味がよくなります。糊の糸が多いと、ご飯の

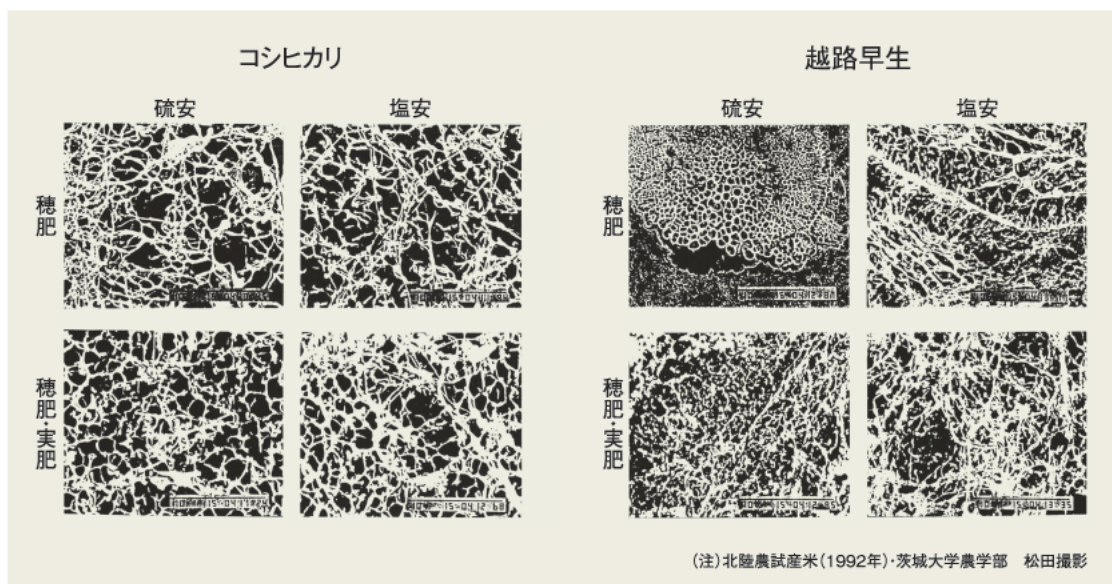
表面の粘りがよく、歯ざわり、舌ざわりがよく、うま味を感じます（表-5、写真-2）。

写真のように、塩安は構造、糊の糸の発達がよく、食味はよくなります。

表-5 硫安・塩安の施用とSEM観察による明部の割合

(平成4年・農水省北陸農業試験場産米、松田智明分析)

品 種	肥料の種類	明部の割合 (%)	糊の糸の発達状況	その他
コシヒカリ	硫 安	20 ~ 40	穂肥区は発達	微細構造発達
	塩 安	60 ~ 70	発 達	
越路早生	硫 安	5 以下	—	浅い網目構造あり
	塩 安	30 ~ 80	発 達	微細構造発達



(注)北陸農試産米(1992年)・茨城大学農学部 松田撮影

写真-2 炊飯米のSEM観察

3. 塩安系肥料は畑作物にどんな効果をあらわすか

POINT 1 品質向上

塩安系肥料は、麦、牧草、飼料作物、野菜類の収量と品質を高める。

- ① 麦類 稔りをよくし、増収効果がある。粒張・整粒歩合が向上する。倒伏を軽減する。
- ② 牧草・飼料作物 牧草中の炭水化物、タンパク、ミネラルの含有率を高める。家畜の栄養になる「良質な草づくり」に貢献する。硝酸態窒素含有率を低く抑えるので、安心して家畜にあたえられる牧草をつくる。
- ③ 野菜類 塩安は、ミネラル吸収を促すので、「栄養価の高い野菜づくり」に好適である。

世界最古の農事試験場として有名なイギリスのロザムステッド農業試験場では、すでに 1933 年に塩安の肥効について、「すべての穀類作物に対して塩安は硫安よりも収量増加が大きく安定している」と報告しています。

その後、多種多様な作物について数多くの肥効試験が行われ、牧草・飼料作物、豆類、工芸作物、野菜類などに対しても塩安系肥料のすぐれた効果を実証されています（図-23）。

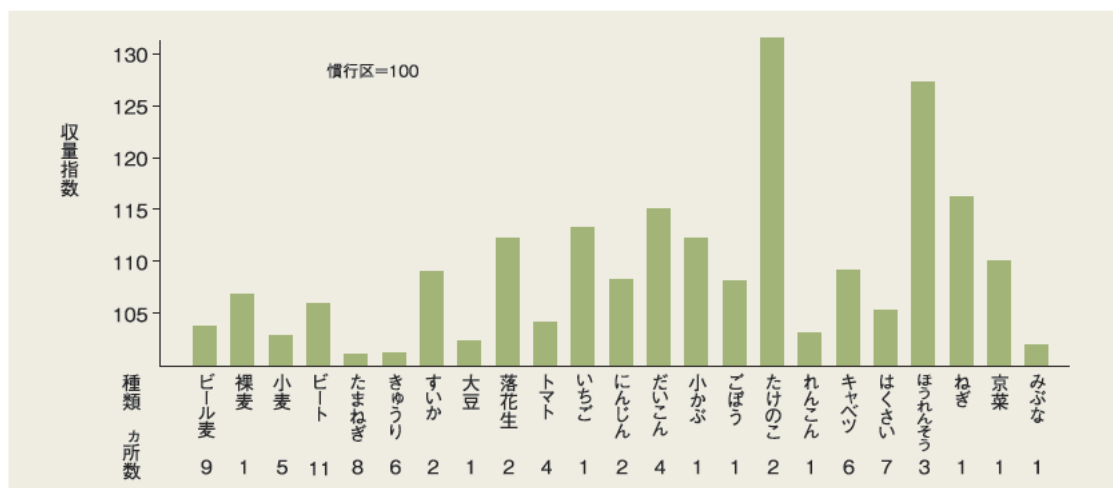


図-23 野菜・畑作物に対する塩安・塩安系肥料の肥効(展示圃成績)

1 麦類

麦類に対する塩安系肥料の特徴は、水稻に対してと同様で、稔りをよくし、収量増を図るほか、倒伏抵抗性の向上、粒張・整粒歩合の向上などがあげられます。

特に、ビール麦では規格品の割合を高めるなど、品質的にも塩安系肥料の効果が発揮されます(図-24)。

水田裏作に小麦をつくり、そのあとに水稻が入る作付けが普及しています。その際、塩安、塩加燐安を両作に施したものがよく、特に麦で著しく増収します(図-25)。

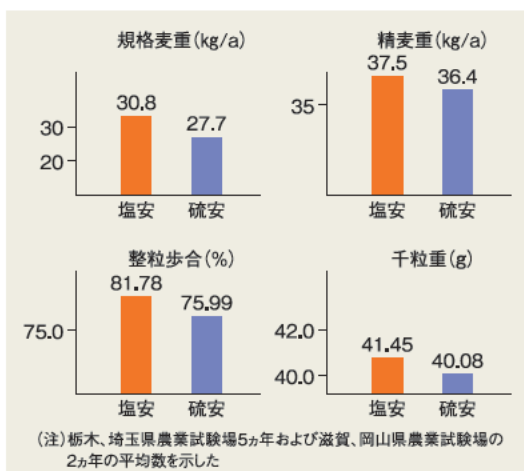


図-24 ビール麦の硫安区と塩安区の千粒重、整粒歩合、精麦重、規格麦重比較

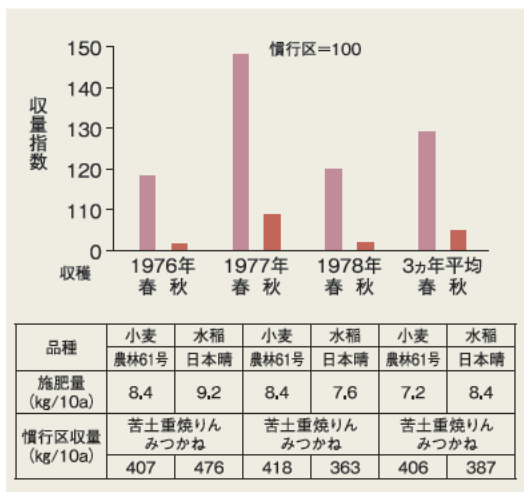


図-25 小麦・水稻の一貫施肥と収量 (群馬県玉村町、担当:伊勢崎農改)

2 牧草・飼料作物

牧草・飼料作物に対する施肥管理は収量はもちろん、家畜に対する栄養面への配慮が必要になるが、塩安系肥料が「良質な草づくり」にも貢献することは、多くの試験によって確かめられています。

家畜栄養の点から見た場合、塩安系肥料には、家畜のカロリー源となる炭水化物やタンパク含有率が高い牧草が生産できるという特徴があります(図-26、27)。

また、塩安系肥料には土壌中のカルシウム、マグネシウムなどの有効成分を牧草が吸収しやすい形態にするので、ミネラルバランスにすぐれた牧草をつくることができます(表-6)。

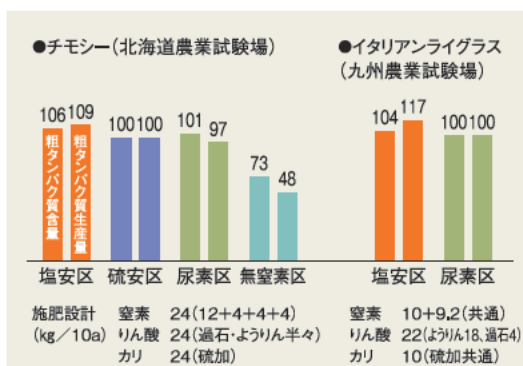


図-26 各種窒素肥料と粗タンパク質含量・生産量(指数)

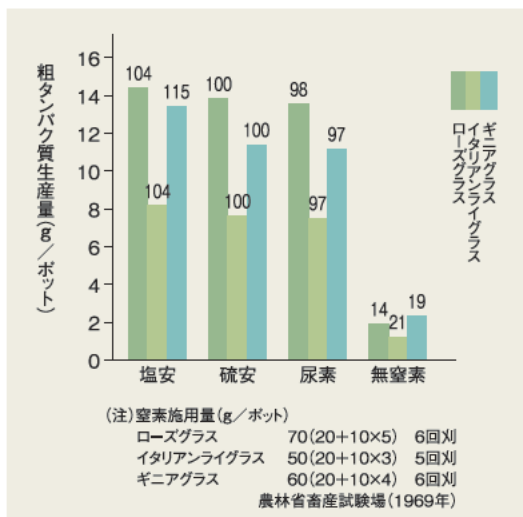


図-27 牧草の種類と粗タンパク質生産量

一方、硝酸態窒素を多量に含む牧草を家畜にあたえることによって、家畜の健康を害することが知られています。

さらに後で詳しく述べるように、塩安系肥料には土壤中アンモニウムイオンが硝酸イオンに変化する硝酸化成の速度が遅いという性質があるので、ほかの窒素質肥料を施用した場合よりも硝酸態窒素含有率を低く抑えることができ、安心して家畜に給餌できる牧草を生産できるといった利点もあります(表-7、図-28、29)。

表-6 青刈トウモロコシの収量と収穫物の無機成分含有率

試験区	生草重(kg/a)							
	葉身	葉鞘	枯葉	茎	雄穂	雌穂	全生草重	同指数
尿素	67	51	8	221	4	44	395	100
塩安	77	65	4	237	9	39	431	109

(乾物%)

試験区	窒素(N)	りん酸(P ₂ O ₅)	カリ(K ₂ O)	カルシウム(CaO)	マグネシウム(MgO)	けい酸(SiO ₂)
尿素	1.46	0.50	2.26	0.49	0.48	2.34
塩安	1.65	0.53	2.59	0.57	0.45	2.18

(注)1.九州農業試験場(熊本) 2.塩安研究会報告特14号

表-7 イタリアンライグラスに対する収量と硝酸態窒素含量(九州農業試験場)

肥料	生草重(kg/a)					硝酸態窒素含量(乾物中%)				
	1番草	2番草	3番草	合計	同指数	1番草	2番草	3番草	合計	同指数
尿素	252 (40.6)	245 (31.9)	248 (49.8)	745 (122.3)	100 (100)	0.23	0.18	0.16	0.19	100
塩安	281 (45.8)	253 (28.3)	257 (56.3)	791 (130.4)	106 (107)	0.18	0.20	0.01	0.13	68

()内乾物重kg/a

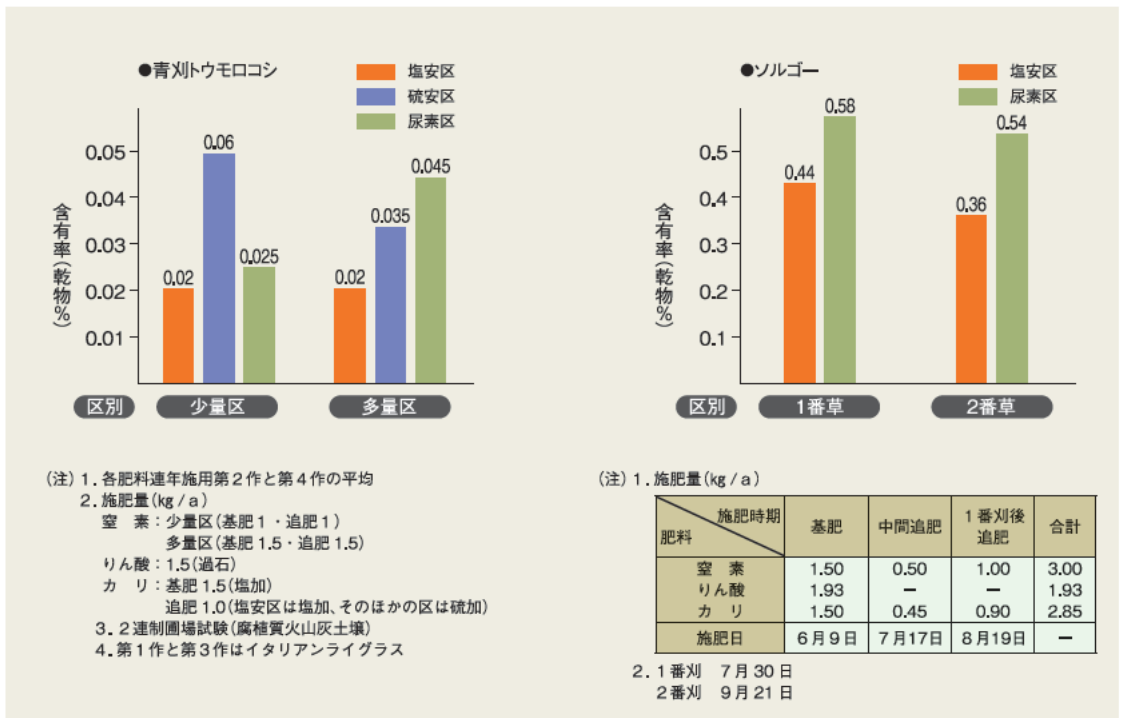


図-28 塩安施用と青刈トウモロコシ、ソルゴーの硝酸態窒素含有率(九州農業試験場)

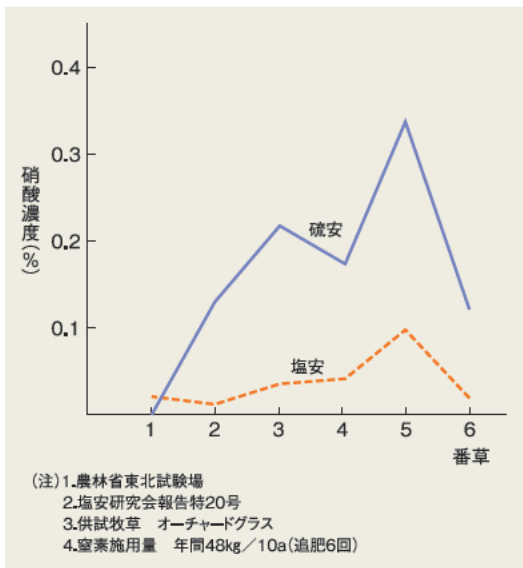


図-29 牧草(オーチャードグラス)の硝酸濃度

3 野菜類

近年、健康志向の高まりとともにミネラル分をはじめとする食品中の栄養素含有率に関心が集まっています。今後の野菜づくりは、収量確保はもちろん、栄養価を高めるという観点があります重要になっていくものと想定されます。

牧草・飼料作物の項でも述べましたが、塩安系肥料にはミネラルの吸収を促進する効果があるので、土壌改良資材との併用効果も高く、収量面のみでなく「栄養価の高い野菜づくり」にも好適な肥料といえます。以下にいくつかの例を紹介します(表-8、図-30、31、32、33)。

以上のほか、はくさいの石灰欠乏による芯腐れ病にも、塩安は効果のあることが示唆されています(表-9)。

表-8 カンランの肥料の違いによる石灰吸収量(長野県農業試験場)

試験区	項目	個体乾物重 (g)	石灰濃度 (%)	石灰吸収量 (個体当たりg)
塩安		62.5	1.24	0.78
硫安		60.3	1.08	0.65
尿素		66.7	1.12	0.75

(注) 1.供試品種:SE甘藍 2.塩安研究会報告特16号

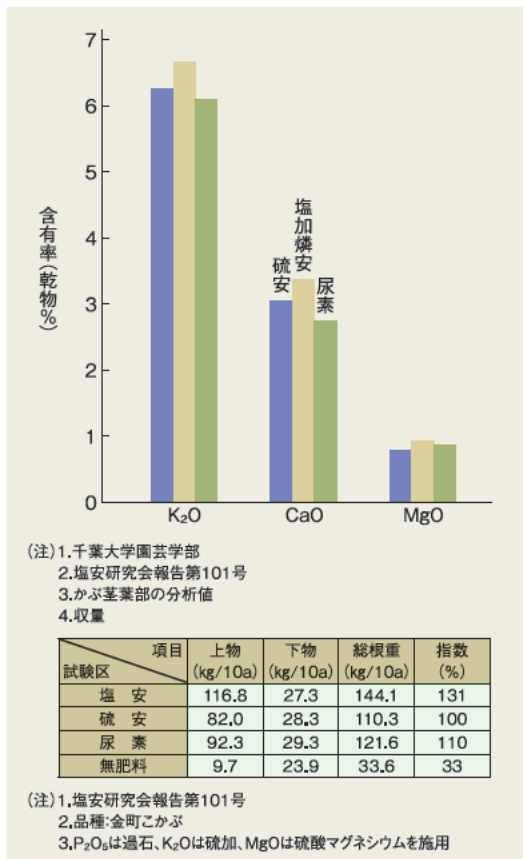


図-30 かぶの無機成分含有率

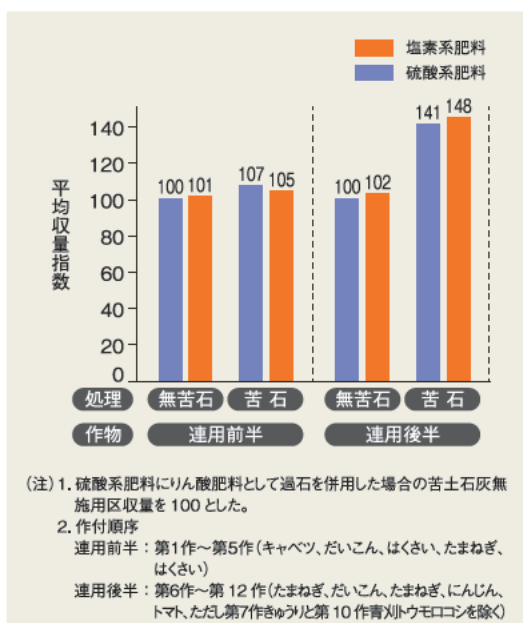


図-31 野菜に対する塩安系肥料と苦土石灰の併用の効果(岐阜県農業試験場)

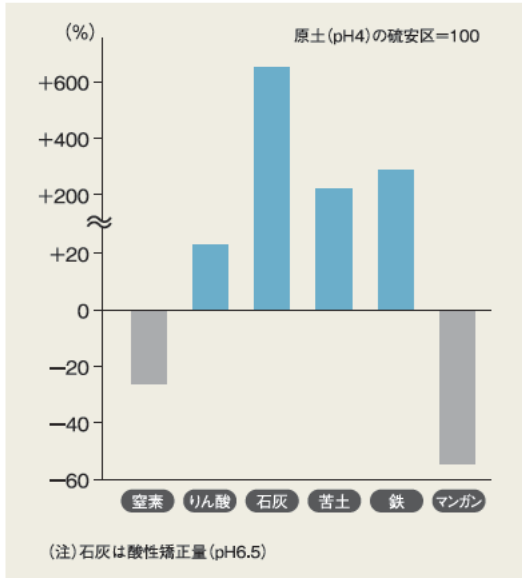


図-32 はくさいの石灰施用によるミネラル含有率の増加 (北大農)

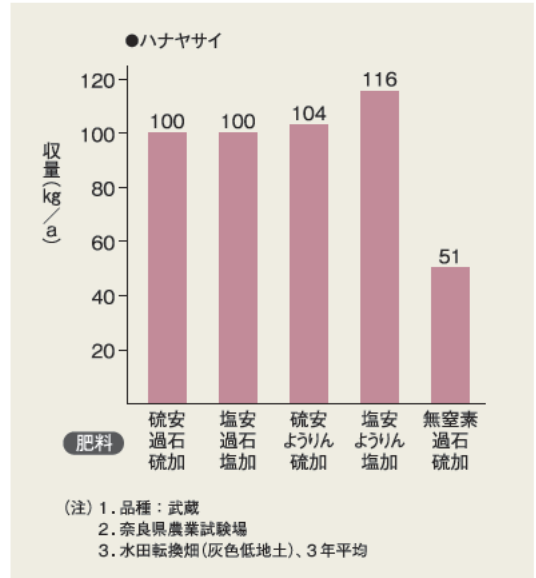


図-33 ハナヤサイに対する塩安とりん酸肥料との関係

表-9 はくさいの芯腐れ発生状況 (品種:ほまれ)

試験区	発生葉率 (%)	発生程度 (%)
塩安 (標準)	35.0	31.3
硫安 (標準)	47.5	55.8
硝安 (標準)	46.5	47.6
塩安 (減肥)	27.0	30.7
硫安 (減肥)	37.5	36.5
硝安 (減肥)	37.0	31.2

(注) 芯腐れ症状は程度0~10で調査。
 発生葉率=発生葉数/結球葉数×100
 発生程度=Σ(発生葉数×発生度)/(結球葉数×10)×100

4. 塩安系肥料を有効にお使いいただくために

塩安系肥料の施用にあたって、むずかしい制約はないが、その特徴を十分に活かすため、次のことに留意してください。

- ①作物ごとの施肥時期、施肥量、施肥方法などは地域の施肥設計、施肥基準にしたがってください。疑問点があれば、J A、農業改良普及センターに相談して適切にご使用ください。
- ②良質多取の手始めは、まず土づくりからです。塩安系肥料とあわせて、堆きゅう肥などの有機物と土壤改良に役立つ無機質資材を適正に施し、調和のとれた土づくりに心がけましょう。
- ③機械施肥の場合は施肥機の取扱説明書をよく見て、ご使用ください。
- ④強いアルカリ資材や農薬とは混用しないでください。

- ⑤直射日光を避け、乾燥したところに保管してください。
- ⑥施肥作業後は洗顔やうがいをし、皮膚に付着した肥料は洗い流してください。
- ⑦NK化成C号の水口施肥は、漏水田、かけ流し田では行わないでください。水漏れがある畦畔は、あらかじめ補修しておくなど肥料成分が流出しないように注意してください。
- ⑧被覆複合肥料は、強い衝撃や摩擦によって被膜の一部が破損し、溶出が早まるおそれがあるので注意してください。また、開封後は短期間に使い切ってください。やむを得ず保管する場合は、袋の口を強く閉じ、密封してください。

(終)