

苗いもちのケイ酸資材シリカゲル育苗土混和による発病抑制

山形県立農業試験場庄内支場 ^{はや}早 ^{さか}坂 ^{つよし}剛・^{ふじ}藤 ^い井 ^{ひろ}弘 ^し志

はじめに

イネの重要病害であるいもち病の防除は、化学薬剤による寄主への直接的防除が不可欠であるが、一方で、土壌改良資材の施用が発病を抑制することが古くから知られており、宿主側の防御策として利用されてきた。しかし、近年、ケイ酸資材の施用量減少や農薬用水からの供給低下によるイネ体のケイ酸含有率の低下が指摘され(熊谷ら, 1998), ケイ酸の有効性が再び認識されようとしている。このようななか、環境保全型農業におけるいもち病発病抑制技術の一つとして、これまでとは別の視点から、ケイ酸資材の活用方法を考えた。

いもち病は種子伝染性の病害であり、本病の防除には育苗箱中での保菌剤からの苗いもち発病抑制が一つの重要なポイントとなる。現在、苗いもち発病抑制のための主要な手段として化学薬剤による種子消毒が一般的に行われているが、近年の地域環境保全意識の高まりから種子消毒剤の使用済廃液処理が問題になっており、新たな減農薬技術の開発が望まれている。そこで、ケイ酸資材を育苗土中に混和し、苗いもちの発病抑制効果を検討した(早坂ら, 2000)。

I シリカゲル施用が苗いもち発病に及ぼす影響

これまで、葉いもちや穂いもちでは、各種ケイ酸資材を本田に施用すると発病が抑制されることが明らかにされている。このことはイネではケイ酸の施用が基本的にいもち病の発病を抑制する効果を持つことを示している。しかし、これまで苗いもちに対しケイ酸資材の施用で発病を抑制しようとする試みはなかった。その理由は、現在流通しているケイ酸資材の副成分が土壌 pH を高めるため、イネの育苗土壌として許容できる pH の範囲(4.5~5.5)を越えてしまうこと、それによって各種の生理的障害や病害の発生を促すことであった(柚木, 1973)。そのため、施用しても土壌の pH を高めずに、しかも効率的にイネ体内に吸収されるケイ酸資材を探索した。本研究では、このような条件を十分に満たすケイ酸資材としてシリカゲル(Aタイプ, 99.8%SiO₂, pH 5.0:富士シリシア化学)を供試し、育苗土中に混和した場合の苗いもちの発病抑制効果を検討した。

苗いもちでは、前年、重度に感染した種子を用いた場合には枯死あるいは立ち枯れる等、種子のいもち病菌に

表-1 育苗箱へのシリカゲル施用量と育苗時のいもち病発生率の推移

は種 年月日	調査 月/日	調査項目	シリカゲル施用量 (g/箱)				F 検定 ^{c)}
			0 g	250 g	500 g	1,000 g	
1997 4/18	5/12	立枯苗率 (%) ^{a)}	1.2	1.3	1.7	1.5	ns
		病斑苗率 (%) ^{b)}	1.4	0.5	0.4	0.2	ns
	5/20	立枯苗率 (%)	4.3	3.7	5.8	3.4	ns
		病斑苗率 (%)	17.2 a ^{d)}	2.1 b	0.5 b	0.0 b	**
		葉いもち苗率 (%) ^{e)}	4.9	0.9	1.1	1.1	ns
		5/26	葉いもち苗率 (%)	94.7 a	25.0 b	23.8 b	18.8 b
1998 5/11	5/28	立枯苗率 (%)	0.5	0.3	0.5	0.4	ns
		病斑苗率 (%)	6.7 a	0.7 b	0.9 b	2.5 a	*

^{a)} 立枯苗: 立枯れ枯死した苗, ^{b)} 病斑苗: 鞘葉, 第1葉, 第2葉の葉鞘および葉身に病斑を形成した苗, ^{c)} 葉いもち苗: 第3葉以上に病斑がある苗, ^{d)} 同一英文字を付した数値間には TUKEY の多重比較法による有意差 (5%) が無いことを示す, ^{e)} **, * はそれぞれ 1%, 5%水準で有意であること, ns は有意でないことを示す。

Suppression of Rice Seedling Blast by Application of Silica Gel as a Silicon Source to Nursery Soil. By Tsuyoshi HAYASAKA and Hiroshi FUJII

(キーワード: シリカゲル, ケイ酸, イネ, 苗いもち, 健苗)

よる侵害程度や発病時期によって発病症状が異なると考えられるので、症状を区別して、立枯れ枯死した苗を立枯苗、鞘葉、第1葉（不完全葉）、第2葉の葉鞘および葉身に病斑を形成した苗を病斑苗とし、これらを苗いもちとした。また、第3葉以上の上位葉に病斑を形成した苗は葉いもち苗として苗いもちとは分けて調査した。

その結果、1997年の播種24日後の発病調査では、立枯苗率に対するシリカゲル施用の効果は見られなかったが、鞘葉、第1葉、第2葉の葉鞘および葉身に病斑が形成された病斑苗率は、シリカゲル施用により低下する傾向が認められた（表-1）。

播種32日後の立枯苗率は処理区間に有意な差がなく、シリカゲル施用の効果は認められなかった。これに対して、病斑苗率はシリカゲル施用により著しく低下した。また、葉いもち苗率もシリカゲル施用区で低下した。播種38日後の葉いもち苗率はシリカゲル施用区で無施用区の1/4以下まで低下し、明らかに苗いもちから葉いもちへの二次感染拡大抑制効果が認められた。1998年の実験でも前年の結果と同じく、立枯苗では効果は認められなかったが、病斑苗率はシリカゲル施用区で有意に低かった。

このことは、育苗中という極めて初期の生育段階でも、シリカゲル施用によりいもち病に対する抵抗力がイネ体に付与され、種子に形成された分生胞子による感染が抑制されたことを示している。

II シリカゲル施用苗のケイ酸と窒素吸収の推移

苗の生育に伴うイネ体におけるケイ酸蓄積量の推移を検討するため、シリカゲルを混和した育苗土に品種「はえぬき」を播種し、播種後3～5日ごとに苗を採取し、茎葉部のケイ酸および窒素含有率を調査した。

ケイ酸含有率は、播種5日後の調査で明らかに処理間差が見られ、100g区、500g区とも育苗日数を経るにつれて高くなり、施用量が多いほど顕著で、育苗時から急激なケイ酸吸収が行われていることが明らかであった（図-1）。一方、窒素含有率はシリカゲル施用区と無施用区間に差異はなく、播種3日後から4%前後の値を示し、24日後まで処理間差は認められなかった。

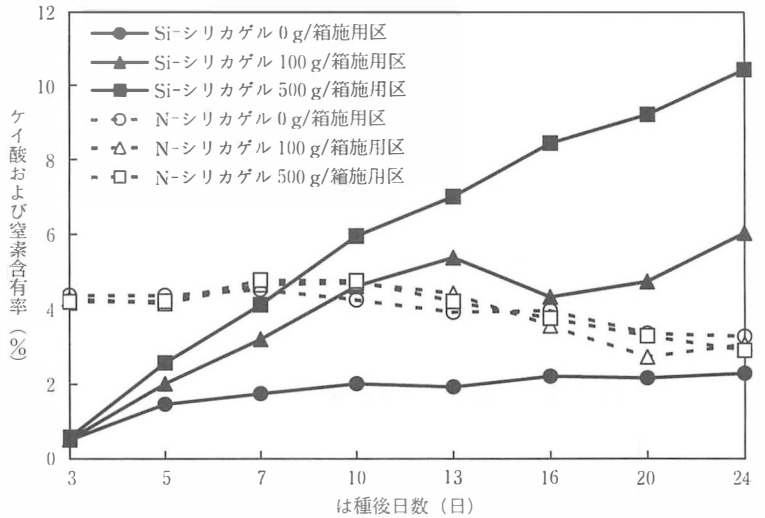


図-1 シリカゲルの育苗箱施用による育苗日数と苗のケイ酸および窒素含有率の推移



写真 自然感染による葉いもちの発病
（左：無施用，右：1/10サイズ箱にシリカゲル100g施用）

このことから、苗いもち発生率の低下は体内に吸収されたケイ酸の効果であると考えられた。ただし、立枯苗についてはシリカゲル施用の効果がないことから、発芽の初期段階でいもち病菌に感染し、ケイ酸を吸収することなく立枯れ状態に陥ると推察される。ケイ酸施用によるいもち病発病抑制の作用機作については、イネ体の窒素含有率の低下、表皮への菌糸侵入抑制（吉井、1941）、侵入後の菌糸伸張抑制（田杉・吉田、1975）などいくつかの要因が報告されている。今後、さらにこの発病抑制機構の主要因を解明するためには、いもち病菌胞子の侵入行動の検討、イネ苗の各組織におけるケイ酸蓄積状況などの検討が必要と思われる。

表-2 育苗箱へのシリカゲル施用量と苗の生育に及ぼす影響

シリカゲル 施用量 (g/箱)	苗丈 (cm)	葉数 (枚)	地上部 乾物重 (g/100本)	充実度 (mg cm ⁻¹)	ケイ酸 含有率 (%)	みかけの 光合成速 ^{a)} (CO ₂ μ mol m ⁻² s ⁻¹)	気孔伝導度 ^{b)} (H ₂ O μ mol m ⁻² s ⁻¹)
0 g	15.8	3.2	1.79	1.13	2.46	10.2	0.27
50 g	15.8	3.2	2.00	1.27	4.47	— ^{b)}	—
100 g	16.2	3.2	1.94	1.20	4.77	15.2	0.35
250 g	16.0	3.1	2.22	1.39	6.89	—	—
500 g	16.4	3.2	2.31	1.41	6.53	16.6	0.40

^{a)} 携帯型光合成測定装置 (LI-COR 社, LI-6400 型) で測定, ^{b)} 未調査.

III 苗の生育に及ぼす影響

苗の生育に及ぼすシリカゲル施用の影響を明らかにするために育苗試験を行った (藤井ら, 1999)。

無施用区と比較し, 苗の乾物重は高く, 苗の充実度 (苗の質を表す指標: 地上部乾物重/苗丈) が高くなり, シリカゲル施用による苗質の向上が認められ, 葉身が直立した硬い感じの苗となった。また, シリカゲル施用区の苗は, みかけの光合成速度と気孔伝導度が無施用区に比較し高い値を示した (表-2)。

シリカゲル施用により, 苗の乾物生産量が高くなる要因としては, 苗のケイ酸吸収量が多くなり, 気孔伝導度で示される気孔の開放程度が高まり, みかけの光合成速度を高めたと推察される。また, 葉が直立することにより光の利用効率が高まったことも要因の一つと考えられた。今後, いもち病抵抗性の面からも, さらに詳細な生理的解析が望まれる。

IV 他のケイ酸資材施用による苗への影響

シリカゲル以外のケイ酸資材の育苗土混和がイネ苗のケイ酸および窒素含有率に及ぼす影響を明らかにするため, ケイ酸資材としてケイカル (ケイ酸成分 30.0%), ようりん (同 20.0%), ケイ酸加里 (同 30.0%) の3種類を供試した。ケイ酸資材はケイ酸成分量が育苗箱当たり 300 g になるよう, それぞれ 1,000, 1,500, 1,000 g を混和し, 播種 27 日後に育苗土壌の pH, 苗のケイ酸および窒素含有率を調査した。

各ケイ酸資材施用による苗のケイ酸含有率は, シリカゲル区で最も高く, 次に, ようりん区, ケイ酸加里区, ケイカル区の順であった (表-3)。また, 窒素含有率はいずれの区とも 3.2~3.5% の間でほとんど差が見られなかった。一方, 育苗土壌の pH は, シリカゲル区で 4.4 であったが, 他の3種のケイ酸資材施用区では明らかに高くなった。今回の実験ではいずれのケイ酸資材施用区とも, 苗に外観的な障害は認められなかったが, シ

表-3 育苗箱施用ケイ酸資材の種類と苗のケイ酸, 窒素含有率および育苗土壌 pH

ケイ酸資材	ケイ酸 含有率 (%)	窒素 含有率 (%)	育苗土壌 pH
シリカゲル	6.9	3.4	4.4
ようりん	4.5	3.2	7.8
ケイ酸加里	3.6	3.5	8.9
ケイカル	2.7	3.5	6.2
無施用	2.1	3.5	4.9

リカゲル以外の資材施用区では若干徒長傾向が見られた。

このことから, シリカゲル施用は, イネ体内のケイ酸含有率が他の3種の資材に比較し明らかに高く, ケイ酸の吸収が特に良好であること, 育苗土壌の pH を高めず, イネ育苗土の pH 条件をほとんど変化させないことが明らかになった。また, ケイ酸資材の施用は窒素吸収を抑制するとの報告 (吉井, 1941) があるが, 本研究の結果から苗においてはどのケイ酸資材施用でも, 無施用と同等の窒素吸収が確保できることが明らかになった。

V 今後の展望と課題

ケイ酸は多くの作物にとって, 必須元素でないとされているが, 作物の群落構造, 生育と収量, 酵素活性, 作物の表面構造, 病虫害抵抗性, 水分欠乏耐性, 塩類過剰抵抗性, 冷害抵抗性などに対して重要な役割を果たしていると考えられている。今後, 新たなケイ酸資材や施用方法の研究開発とともに, 環境保全型農業の観点から作物保護に対するケイ酸への期待がますます大きくなると考えられる。その中で, シリカゲルはケイ酸以外の成分を含まず, 溶解度が高く早いうえ, 一定の濃度域に達すると溶けにくくなることから, 作物に無駄なくケイ酸の供給ができる持続的な資材として注目される。現在, 農業用資材としては, 商品名「イネルギー」(供給: 全農, 製造: 富士シリシア化学) のみが流通しているが, 普及拡大にあたっては供給価格が課題になると思われる。今

回の実験は育苗箱当たり 250~1,000 g の施用量で検討を行ったが、発病抑制効果と苗質向上効果のどちらにおいても、250 g と 1,000 g では大きな差がなく、コスト面からもさらに施用量の低減について検討が必要である。

おわりに

ケイ酸の農業に果たす機能と役割を検討する目的で、国際会議「Silicon in Agriculture」が第1回として1999年に米国で開催された。この会議における話題の一つに、「IPM（総合的病害虫管理）におけるケイ酸の役割とは？」があり、各国の研究者がIPMの一つの手段としてケイ酸を位置づけ、研究を行っていた。また、イネ科作物以外の病害や虫害に対してもケイ酸の適応範

囲は広がりつつあるようであった。すでに環境保全型農業推進の動きは国際的な大きな流れであり、IPMはその中の柱の一つである。農薬ほどのシャープな防除効果はないが、持続的に効果が認められ、ケイ酸と農薬の併用や突発的な発生に対してのみ農薬を使用することにより、農薬使用量の削減に貢献すると考えられる。なお、第2回の会議は2002年8月に山形県鶴岡市で開催予定である。

引用文献

- 1) 藤井弘志ら (1999): 土肥誌 70: 785~790.
- 2) 早坂 剛ら (2000): 日植病報 66: 18~22.
- 3) 熊谷勝巳ら (1998): 土肥誌 69: 636~637.
- 4) 田杉平司・吉田孝二 (1975): 北日本病虫研報 8: 30~31.
- 5) 吉井 甫 (1941): 日植病報 11: 81~88.
- 6) 柚木利文 (1973): 植物防疫 27: 197~200.

好評の「植物防疫講座」第三版

同書編集委員会編 全3冊 B5判

病 害 編	本文 395 頁	定価 3,675 円税込み (本体 3,500 円)	送料 380 円
害虫・有害動物編	本文 418 頁	定価 3,990 円税込み (本体 3,800 円)	送料 380 円
雑草・農薬・行政編	本文 528 頁	定価 4,620 円税込み (本体 4,400 円)	送料 450 円

お申し込みは直接当協会へ、前金（現金書留・郵便振替）で申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。

社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11

郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03)3944-1561(代) FAX (03)3944-2103 メール: order@jppa.or.jp

！好評の本誌「植物防疫」の特別増刊号！

各 B5 判

- No. 1 **天敵微生物の研究手法** 送料 140 円
岡田斉夫 編者代表 222 ページ 定価 3,058 円 (本体 2,913 円)
天敵微生物の研究手法（研究施設、天敵微生物の探索・同定・増殖等）を詳しく解説。
- No. 4 **植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル** 送料 124 円
日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 編 172 ページ 定価 2,800 円 (本体 2,667 円)
作物病害防除では耐性菌に関しては避けて通れない問題である。その耐性菌の確認する検定方法を詳しく解説。
- No. 5 **日本産植物細菌病の病名と病原細菌の学名** 送料 132 円
西山幸司 著 227 ページ 定価 3,200 円 (本体 3,048 円)
我が国で発生する植物細菌病の病名・学名（新・旧）・報告者・文献名などを網羅いたしました。
- No. 6 **植物防疫誌にみるカメムシ類** 送料 148 円
278 ページ 定価 2,940 円 (本体 2,800 円)
昭和 22 年の創刊号から平成 9 年までの関係論文全 61 編を年代順に再収録いたしました。
- No. 7 **植物防疫誌にみるフェロモン研究** 送料 180 円
381 ページ 定価 3,150 円 (本体 3,000 円)
1968 年に誌面に登場し、1999 年までのフェロモン研究に関する論文 80 編を年代順に再収録しました。

お申し込みは直接当協会へ、前金（現金書留・郵便振替）で申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。

社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11

郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03)3944-1561(代) FAX (03)3944-2103 メール: order@jppa.or.jp