

研究成果

ハトムギにおける葉枯病とアワノメイガの発生消長及び被害様相
～防除対策に生かす基礎的な知見～

病理昆虫課 副主幹研究員 向井 環
主任研究員 山本 知里

1 はじめに

ハトムギはトウモロコシに近縁なイネ科の作物で、その子実は古くから食用や漢方薬の原料として利用されてきました。耐湿性に優れることから本県では水田転換作物として、小矢部市、氷見市、滑川市を中心に栽培され、作付面積及び生産量は全国1位（令和4年）となっています。栽培品種は「あきしずく」で、主に飲料や健康食品等の原料として利用されています。

一方、近年産地では作付け年数の増加に伴い葉枯病やアワノメイガによる被害が問題となり、その対策が求められています。しかしながら、これらの病害虫については不明な点が多いのが現状です。そこで、これらの被害や発生実態について明らかにしました。

2 葉枯病

(1) 病徴

ハトムギ葉枯病（病原菌 *Curvularia coicis*）（写真1）は、ハトムギの最も重要な病害です。症状はまずは葉身に 0.1～1 mm 程度の円形黄褐～褐色の病斑（小病斑）が現れ、病斑はその後次第に拡大し、紡錘形となります。最終的には、病斑はゆ合して葉が枯死します（写真2）。



写真1 葉枯病菌 (*Curvularia coicis*) の分生孢子

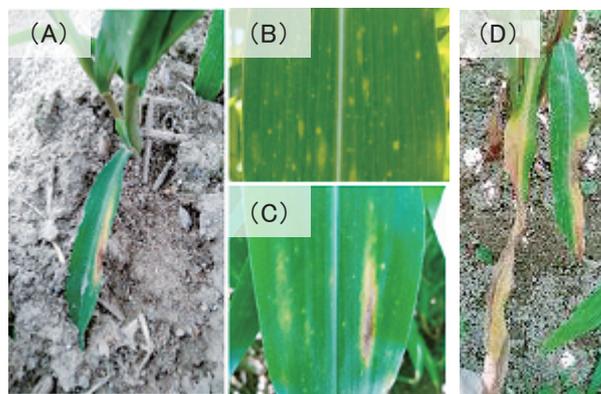


写真2 葉枯病の病徴

A: 下葉での初期病斑、B: 小病斑、C: 小病斑がゆ合し紡錘形となった病斑、D: ゆ合が進み病斑が葉全体に広がった状態

(2) 被害様相

2021、2022年に農業研究所に設けた無防除ほ場と現地6ほ場で発病の推移を調査しました。

農業研究所内の無防除ほ場での初発は、2021年は7月中旬、連作となる2022年は6月下旬に確認し、初発から約1か月後には発病株率は100%となり、成熟期の発病度は100になりました（図1）。病斑は、まずは下位葉に現れ、その後中位葉、上位葉へと拡がり、最終的には茎の半数以上に枯死葉がみられました。また、発病の進展は2か年とも同じ傾向を示しました（データ略）。

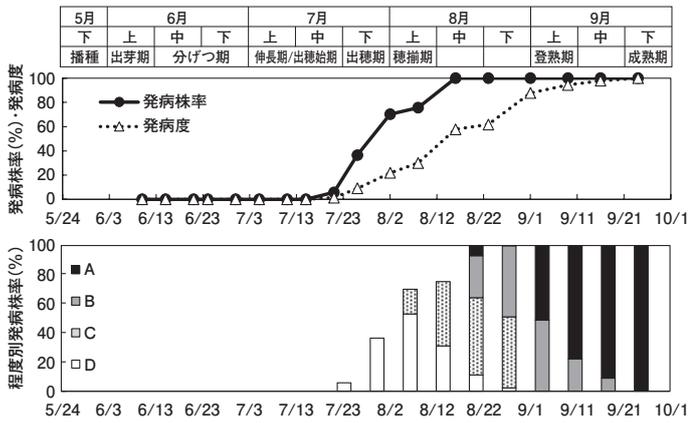


図1 無防除ほ場における発病状況の推移(2021年,初作)

注1) 品種：“あきしずく”、播種：5月26日
 注2) 調査場所 ほ場内の4地点に2mの定点を設置し、発病株数および程度別株数を調査
 注3) 発病度の算出基準（下記の基準に基づき調査）
 A：上位葉までかなり病斑がみられ、茎の半数以上に枯死葉が認められる
 B：上位葉の病斑は少ないが、下位葉に枯死葉が認められる
 C：中位葉に病斑が認められ、下位葉にかなり病斑が認められる
 D：下位葉にのみ病斑が認められる

$$\text{発病度} = (\text{Aの株数} \times 4 + \text{Bの株数} \times 3 + \text{Cの株数} \times 2 + \text{Dの株数}) \div (\text{調査株数} \times 4) \times 100$$

また、現地ほ場では、6月下旬～7月下旬に初発を確認しました（図2、一部データ略）。現地でも初発から約1か月後に発病株率は100%となりましたが、6月6半旬～7月3半旬にイプロジオン水和剤（ロブラール水和剤）による防除が行われていることから、成熟期の発病度は無防除ほ場に比べ低くなりました。しかし、上位葉にも病斑がみられる上、中～下位葉が枯死するなど、現地での被害としては大きくなりました。

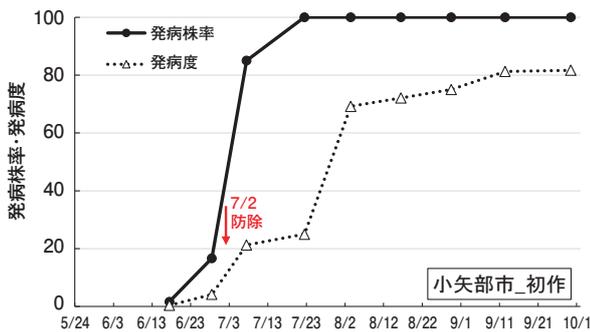


図2 現地ほ場における発病状況の推移

注1) 小矢部市（初作ほ場）の調査結果（2022）
 注2) 調査方法は図1と同様

(3) 穀実への感染

葉枯病は穀実にも感染することが報告されています。そこで、穀実の保菌程度を調べたところ、調製後の3～5割程度に保菌が認められました（表

2)。また、現地慣行の種子消毒剤チウラム・ベノミル水和剤（ベンレートT水和剤20）の200倍液で72時間浸漬した穀実でも子実の保菌率は4.5%と、わずかながら保菌しており、種子伝染の懸念があります（図3）。また、ハトムギ初作ほ場で発病がみられたことから（図1、2）、ほ場での第一次伝染源は保菌した穀実に起因するところが大きいと考えられます。

表2 穀実におけるCurvularia属菌の保菌率

ロット	分生子形成率(%)
A	48.7
B	42.7
C	31.3

注1) 調査には現地（慣行防除）産の調製済穀実を使用
 注2) プロッター法により分生子形成粒を調査

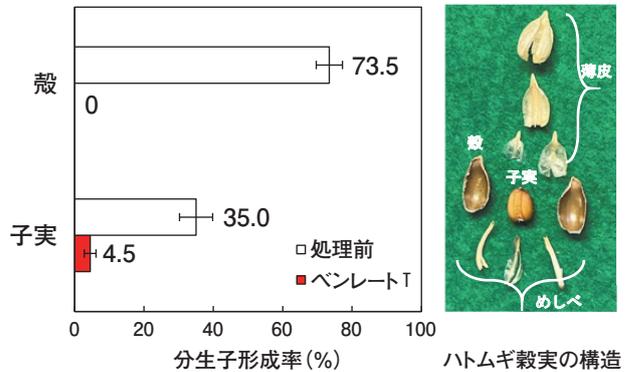


図3 薬剤処理前後の保菌率の比較

注1) 現地産の調製済み穀実を使用
 注2) 穀と子実のCurvularia属菌の分生子形成率を調査

3 アワノメイガ

(1) 発生消長

アワノメイガは幼虫がハトムギの茎に穿孔食入し、茎の芯枯れ（写真3）や折損を生じさせることから、減収につながる（図3）重要害虫です。ハトムギ以外ではトウモロコシやソルゴー、アワ、シヨウガ等にも加害することが知られています。



写真3 アワノメイガの芯枯れ被害（左矢印）、成虫（中）、幼虫（右）

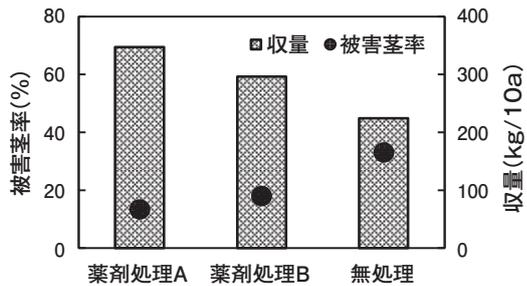


図3 アワノメイガによる芯枯れ被害と収量への影響
 注) 薬剤処理 A、B は異なる薬剤防除体系区。被害茎率は8月31日のデータ。収量は小区画における部分刈りのデータ。各区3反復

2021、2022 年に農業研究所に設けた5月下旬播種の無防除ほ場にフェロモントラップを設置しました。2か年の結果から、雄成虫の誘殺盛期は年3回あることが確認され、最初に越冬世代が5月下旬～6月上旬、次いで第1世代が7月中下旬、第2世代が9月上旬に発生することがわかりました（図4上）。

(2) 被害様相

アワノメイガは卵を葉裏等に産み付け（写真4）、ふ化した幼虫は葉を食害して小さな穴を開けます。幼虫の発生はその食害痕で確認することができます。出穂が始まる7月中旬頃から茎先端の雄穂や未成熟な穀実内部でも食害が確認されました（写真5）。7月下旬頃から茎への食入による芯枯れ被害が発生し、8月に入ると被害が急増しました（図4下）。フェロモントラップの成虫の誘殺消長から推定した幼虫の発生時期（図4上）と照らし合わせると、芯枯れ被害は主に2世代幼虫による被害であることがわかりました。

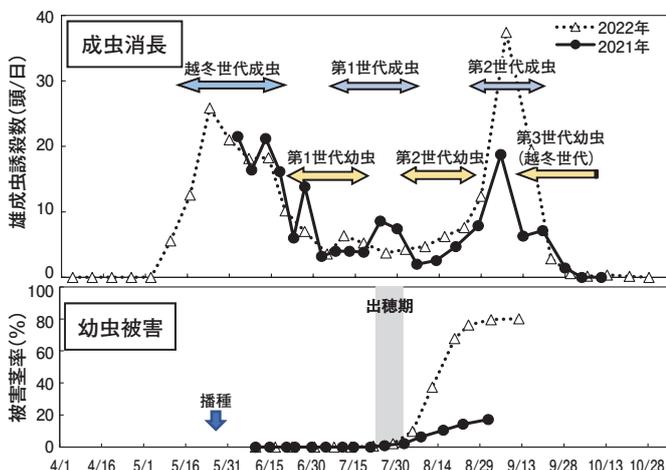


図4 フェロモントラップによるアワノメイガの誘殺消長(上)と芯枯れ被害の推移(下) (2021、2022年無防除圃場)

注1) 品種：“あさしずく”、播種：両年とも5月26日、調査区の設置：圃場内に2021年は4地点、2022年は3地点に2mの定点を設けて被害茎を調査
 注2) フェロモントラップ：2021年は6月1日～10月14日まで設置。トラップはファネル式を用い播種前は畦畔に、播種後は作付け部分にルアー高さが畦高1mとなるよう設置



写真4 アワノメイガの卵塊(左)とふ化幼虫(右)
 注) アワノメイガの卵塊は乳白色で、成熟すると黒っぽい幼虫の頭部が確認できる



写真5 アワノメイガによる葉、雄穂、未成熟穀実の食害
 (左) 葉、(中) 雄穂
 (右上) 未成熟な穀実の表面に排出された虫糞
 (右下) 穀実内部に生息する若齢幼虫

これらのことから、芯枯れ被害を防ぐには、第2世代幼虫の発生をいかに抑えるかが防除のポイントになると考えています。

4 おわりに

ハトムギは出穂期頃から草丈が急激に伸長し、成熟期には2m近くに及ぶことから、乗用管理機による防除時期が限られています。また、現時点では葉枯病とアワノメイガに対する登録農薬は少ない状況です。

今回明らかになったこれらの病害虫の発生活長や被害様相の結果を基に、今後は有効な防除時期について明らかにするとともに、ドローンを使った防除方法等についても検討する予定です。

水田土壌におけるゼオライト連用による保肥力改善効果 ～保肥力改善による窒素肥料の流亡抑制で、減肥を実現～

土壌・環境保全課 研究員(現山形県職員) 浅木 日央里

1 はじめに

現在、化学肥料原料の国際価格が上昇し、肥料価格が高騰しています。また、令和3年に策定された「みどりの食料システム戦略」では、海外原料に依存している化学肥料の使用量を2030年までに2割減、2050年までに3割減とする目標が掲げられています。

しかし、本県では扇状地上に立地する粗粒質乾田が広く分布し、このような水田では土壌の腐植が少なく地力窒素発現量が低いことに加え、粘土も少ないことから施肥窒素の保持が十分に持続しません。そのため、生育量や収量の確保、登熟期間の葉色維持のためには、窒素施肥量を多くするなどの必要があります。

これまでの研究で鉱物系資材「ゼオライト(写真)」を2～8 t/10a 施用することにより、土壌の保肥力が高まり、施肥窒素利用率が向上することを明らかにしました(平成27年度普及上参考となる技術)。しかし、耕種農家がゼオライトを1度に多量に施用することは、資材費や労力面で負担が大きいことが課題でした。

そこで、取り組みやすいゼオライト施用方法として「少量を連用する施用」による土壌の保肥力の改善効果を明らかにしました。



写真 ゼオライト

2 ゼオライト連用による土壌の保肥力改善

本試験は農業研究所内の圃場(常願寺川扇状地上の粗粒質乾田)で行いました。保肥力の指標となる土壌の陽イオン交換容量(CEC)は試験開始時には6.9me/100g(沖積砂質の平均値7.6me/

100g)でした。また、供試したゼオライトのCECは167me/100gでした。

本試験では施肥法の改善に向け、年1回のゼオライト施用量を200、400kg/10aとして5年連用したゼオライト施用区、対照として、ゼオライトの施用を行わない無施用区を設置しました(表1)。

表1 ゼオライト施用量

試験区	ゼオライト施用量 (g/m ²)					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
無施用	—	—	—	—	—	—
200kg連用	200	200	200	200	200	—
400kg連用	400	400	400	400	400	—

注) 毎年4～5月に施用した

その結果、ゼオライト連用区ではゼオライト積算施用量が増加するに伴い、土壌のCECが高まることから(図1)、保肥力を改善できることが明らかになりました。

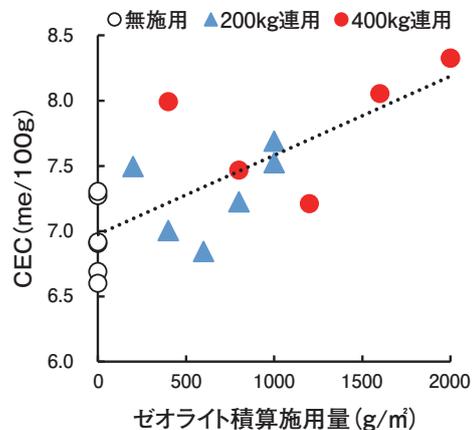


図1 ゼオライト積算施用量とCECの関係

注) 収穫後の跡地土壌の分析結果

3 水稲に対するゼオライト連用の効果

本試験では、県内の輪作体系を参考に、表2のように大豆と水稲の輪作で栽培を行いました。以下に水稲の生育、収量および成熟期窒素吸収量に対するゼオライト連用の効果について記述します。

表2 供試作物

年次	2017	2018	2019	2020	2021	2022
供試作物	大豆	水稲	水稲	水稲	大豆	水稲

注) 水稲供試品種:「コシヒカリ」

(1) 登熟盛期の葉色

登熟盛期の葉色（SPAD 値）を比較したところ、ゼオライト連用開始時はゼオライトの効果が判然としませんでした。その後、ゼオライト積算施用量が多くなった 2020 年及び 2022 年で無施用区に比べゼオライト連用区の葉色が濃くなりました。このことから、施用回数を重ね積算施用量が多くなることにより、施用の効果が安定することが確認できました（図2）。

さらに、登熟期の葉色が維持されることで、玄米外観品質の向上が期待できます。

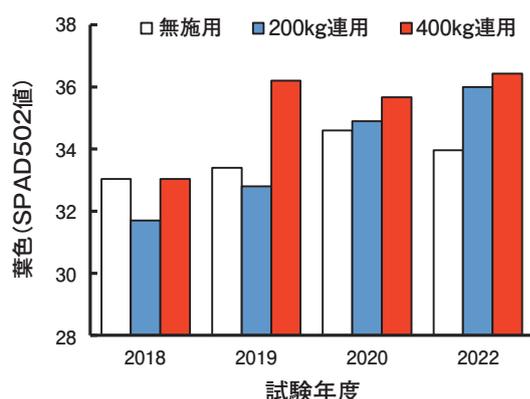


図2 資材施用と登熟盛期の葉色の関係
注) 測定時期は8月中旬(8/12～19) 出穂後10～17日

(2) 成熟期窒素吸収量と精玄米重

成熟期窒素吸収量と精玄米重についても、登熟盛期の葉色と同様にゼオライト積算施用量が多くなった 2020 年及び 2022 年において、ゼオライト連用区で無施用区に比べて多くなりました（表3）。

このことから、ゼオライト連用によって保肥力が高まり、施肥窒素利用率が高まることが示唆されました。

(3) 施肥窒素量の減肥

一般的に、水稻の成熟期窒素吸収量が増加すると精玄米重も増加します。本試験においても窒素吸収量が増加した結果、精玄米重が増加したと考えられます（表3）。しかし、水稻の窒素吸収量が過剰になると籾数も過剰になり、倒伏やくず米の増加、食味低下などにつながります。そのため、ゼオライト連用によって土壌の保肥力を改善したときは、適正な生育量へ誘導し収量や品質を確保するため、施肥窒素量を減肥し、水稻の窒素吸収量を適正にする必要があります。本試験の結果ではゼオライト積算施用量が2 t/10a の場合に基肥窒素の2割程度の減肥が適正と考えられました。

4 おわりに

以上のことから、ゼオライトを少量連用した場合でも積算施用量に応じて土壌の保肥力を改善することが可能であることが明らかとなりました。

また、窒素利用効率の上昇により施肥窒素量の減肥が可能となりますが、使用するゼオライトの CEC や施用前の圃場の CEC によって減肥程度は変動することから、水稻の生育を観察して施肥量を決定してください。

ゼオライトは高価ですが、少量でも継続施用することにより保肥力を高めることができ、効果は長く持続します。今後も、高品質で安定収量を確保しつつ、持続可能な農業生産を行うために、是非ゼオライトの計画的な施用をご検討ください。

表3 成熟期窒素吸収量及び精玄米重（2018～2020、2022）

年度 (連用回数)	試験区	成熟期窒素吸収量 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)
2018 (連用2回目)	無施用	9.9 (100)	569 (100)
	200kg連用	9.2 (92)	511 (90)
	400kg連用	10.4 (105)	569 (100)
2019 (連用3回目)	無施用	9.8 (100)	528 (100)
	200kg連用	10.3 (105)	549 (104)
	400kg連用	11.0 (112)	572 (108)
2020 (連用4回目)	無施用	10.6 (100)	500 (100)
	200kg連用	10.7 (101)	520 (104)
	400kg連用	11.6 (109)	556 (111)
2022 (連用5回目の 残効)	無施用	9.4 (100)	610 (100)
	200kg連用	10.0 (107)	632 (104)
	400kg連用	11.4 (122)	634 (104)

注) カッコ内の数字は、無施用区を100としたときの割合

県内水田土壌の交換性マンガンの状況とイネごま葉枯病とマンガンの関係 ～イネごま葉枯病の被害軽減に耕種的な対策技術を～

土壌・環境保全課 研究員(現山形県職員) 浅木 日央里

1 はじめに

「イネごま葉枯病(以下、ごま葉枯病)」は糸状菌(カビ)が病原で、本田では病原菌の適温となる7月頃から発生し始め、8月にかけて感染が拡大します。病斑はごま粒状で黒または褐色で丸みを帯びており、周囲が黄色く変色する特徴があります。ごま葉枯病が多発すると水稻の収量や品質低下を引き起こすことが知られています。

発病の程度はほ場の土壌条件に影響を受けるとされ、これまでの報告では、「秋落ち田」と称される水田で発生が多く、また、肥料成分のうち、特に窒素とカリの欠乏が発病に大きく影響します。肥料の三要素以外の成分では、可給態ケイ酸、鉄、マンガンの欠乏が発病を助長すると報告されています。そのうちマンガン資材の施用をごま葉枯病の被害軽減対策として推奨している県もあります。

近年、本県においてごま葉枯病の確認地点率は増加傾向にあります。そこで、ごま葉枯病の発生を助長すると考えられているマンガン欠乏に着目し、県内の水田土壌における交換性マンガンの状況を把握するとともに、マンガン資材の施用によるごま葉枯病の発生抑制効果や効果の持続性について検討しました。

2 作土中交換性マンガンの推移

土壌環境基礎調査(1979年～1998年)及び土壌モニタリング調査(1999年～)で採取した県内水田土壌のうち、調査地点が継続している作土中の交換性マンガン进行调查しました。その結果、県内水田土壌の交換性マンガンは、洪積土壌(洪積黄色土、洪積黒ボク土)や沖積粘質土で高く、沖積砂質～壤質土では調査当初から低い状態でした。また、6巡目調査以降はすべての土壌タイプで交換性マンガンが低下する傾向にありました(図1)。

他の土壌タイプより交換性マンガンが低い沖積砂質～壤質土において、交換性マンガンを10mg/kg未満、10～50mg/kg、50mg/kg以上と区切って地

点数割合の推移をみると10mg/kg未満の地点数割合が徐々に増加する傾向にありました(図2)。

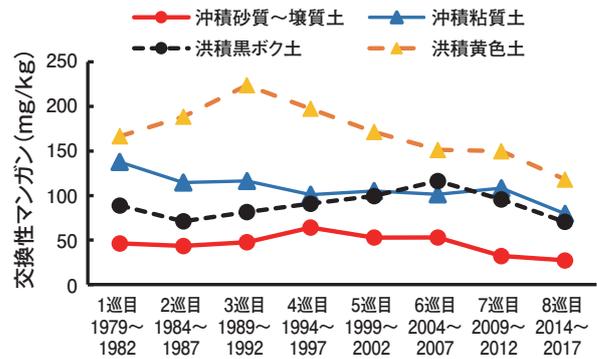


図1 土壌タイプ別の作土中交換性マンガンの推移
注) 沖積砂質～壤質土19地点、沖積粘質土13地点、洪積黒ボク土4地点、洪積黄色土7地点の平均値

	□10mg/kg未満	□10～50mg/kg	□50mg/kg～
1巡目	21%	53%	26%
2巡目	16%	58%	26%
3巡目	17%	61%	22%
4巡目	21%	47%	32%
5巡目	21%	42%	37%
6巡目	32%	26%	42%
7巡目	26%	53%	21%
8巡目	37%	47%	16%

地点数割合

図2 沖積砂質～壤質土における交換性マンガン毎の地点数割合の推移

3 水管理と水稻成熟期茎葉中マンガン濃度

土壌中のマンガンは、土壌が還元状態になると溶解性が高まることが知られています。そこで、水稻栽培において水管理の違いが植物体中のマンガン濃度に影響することが考えられることから、土壌中の交換性マンガンが低いスマート農業普及センター内圃場(3.5mg/kg)及び農業研究所内圃場(1.6mg/kg)で水管理を変えて「コシヒカリ」を栽培し茎葉中マンガン濃度を調査しました。土壌が還元状態となるとマンガンの溶解性が高まることから節水管理に比べ間断灌漑管理や湛水管理で茎葉中マンガン濃度は高まることが考えられましたが、実

際には、成熟期茎葉中マンガン濃度は、間断灌漑管理及び湛水管理では節水管理に比べて低くなりました（図3）。この要因については、はっきりしていませんが、還元状態が続くほど茎葉中マンガン濃度は低くなりました。

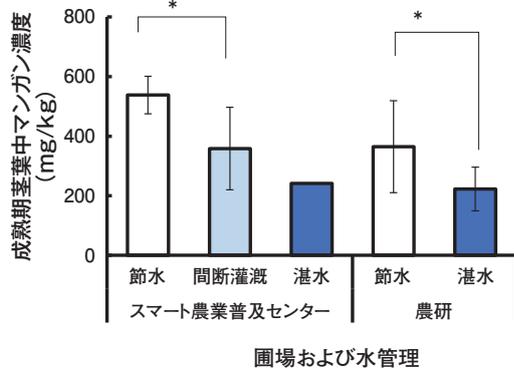


図3 水管理が成熟期茎葉中マンガン濃度及ぼす影響（2018～2022年）

注1) 5年間の平均（スマート農業普及センターの湛水管理については、2018、2019年の平均）
注2) 図中の*：5%水準で有意差あり

4 茎葉中マンガン濃度とごま葉枯病

マンガンの欠乏がごま葉枯病の発生を助長すると報告があることから、成熟期茎葉中マンガン濃度とごま葉枯病の発生程度との関係を検討しました。ごま葉枯病の発生程度は継続して生育調査を実施している株で成熟期頃に調査し（各処理区で3か所、連続した7株で稈長+穂長が最も長い稈の止葉を含む上位3葉のごま葉病斑数の合計）、成熟期茎葉中マンガン濃度は、調査株の近傍で坪刈したワラを試料として分析を行いました。その結果、ごま葉枯病の発生が比較的多い年で成熟期茎葉中マンガン濃度が高いほど、ごま葉枯病斑数は少なくなる傾向が確認されました（図4）。

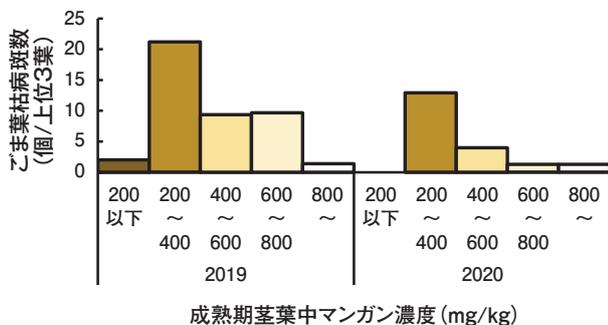


図4 成熟期茎葉中マンガン濃度とごま葉枯病斑点数の関係（2019、2020）

注) スマート農業普及センターで行ったすべての試験処理結果をまとめた

5 マンガン資材の効果とその持続性

土壌中の交換性マンガンが低く、ごま葉枯病の発生が多いスマート農業普及センター内圃場でマンガン資材（「マンキチ粒状 30号（く溶性マンガン30%含む）」）を施用し、ごま葉枯病斑数を指標として発生抑制効果とその持続性を検討しました。

ごま葉枯病の発生が比較的多い年において、資材施用区のごま葉枯病斑点数は対照区に比べ少なく、発生を抑制する効果が確認されました。また、成熟期茎葉中マンガン濃度はマンガン資材施用区で対照区に比べ高く、その効果は資材施用した次年度から6年目まで継続していました。ただし、施用6年後のごま葉枯病の発生程度は資材施用区と対照区で明らかな違いを確認できませんでした（図5）。

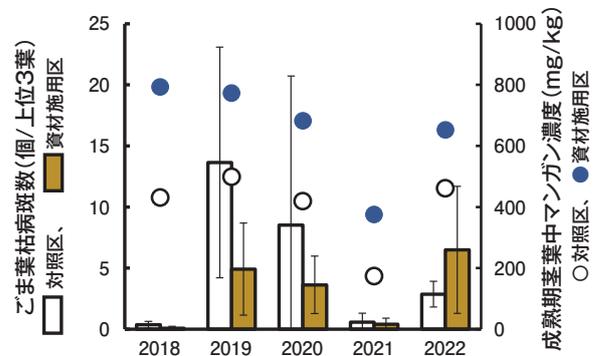


図5 マンガン資材施用の有無とごま葉枯病斑点数および成熟期茎葉マンガン濃度の関係（2018～2022年）

注) 試験圃場：スマート農業普及センター
供試資材：マンキチ粒状 30号
施用時期と施用量：2017年5月、50 kg / 10a 施用

6 おわりに

本県の沖積砂質～壤質土の水田土壌中の交換性マンガンは著しく低いことが明らかになりました。こうした土壌中の交換性マンガンが低いほ場で湛水管理を行うと成熟期茎葉中マンガン濃度が低くなり、ごま葉枯病の発生程度が多くなると考えられます。

そのため、土壌中の交換性マンガンの低いほ場でのごま葉枯病の発生抑制対策として、マンガン資材の施用が有効と考えられました。マンガン資材は高価ですが、施用効果は数年程度継続することから、計画的に施用することが重要です。

ごま葉枯病の発生には、今回報告したマンガンだけでなく窒素、カリウム、ケイ酸、鉄などの成分の不足により助長されます。ごま葉枯病の発生抑制だけでなく高品質米の安定生産に向けて、今後も土壌診断により現状を把握し、診断に基づいた資材等による土壌改良を継続して行っていくことが大切です。

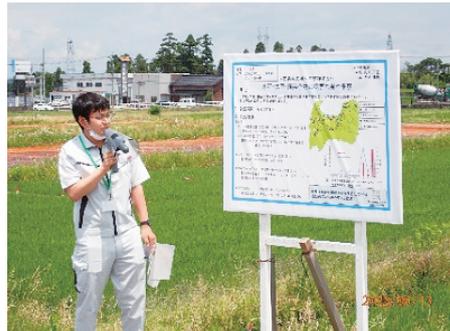
試験圃場の青田まわり

農業研究所では、毎年、研究員が参加し試験ほ場の青田まわりを実施しています。本年は、6月13日に主な15課題の試験ほ場を巡回しました。

試験担当者は、研究内容をまとめた看板を用いて研究の目的や手法、進捗状況等の概要を説明しました。その後、専門分野の異なる参加者からの助言や質疑応答を交わすことで、課題解決に向けた新たな視点が得られています。



緑肥作物の安定栽培の実証
(土壌・環境保全課 高野研究員)



水稲・大豆・園芸作物の
病虫害発生予察事業
(病理昆虫課 鳥田研究員)



R5年試験内容は、
こちらのQRコードから

夏休み子供科学研究室を開催

7月28日(金)に「米粉について学ぼう」のタイトルで夏休み子供科学研究室を開設し、7名の小・中学生に参加いただきました。原料や製法の異なる米粉について、吸水性や粘度などの特性を調べるとともに、ホームベーカリーで焼いた小麦粉パンと米粉パンの性状や食味を比較しました。参加者の皆さんから「米粉の吸水の違いを知って楽しかった」、「米粉パンが美味しかった」などの感想をいただき、身近な米について新たな興味を持ってもらえました。



米粉の吸水性試験



米粉の粘度試験



米粉パンと小麦粉パンの比較