

有機農業研究者会議 2011 資料集

日 時：2011 年 11 月 28 日(月) 13:00～17:00
29 日(火) 9:00～12:00

場 所：農林水産技術会議事務局筑波事務所つくば農林ホール

主催：「有機農業研究者会議 2011」実行委員会
共催：(独)農研機構・中央農業総合研究センター
有機農業参入促進協議会
後援：農林水産省、日本有機農業学会

巻 頭 言

東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故は、日本人の安全意識を根底から崩し去りました。日本人の多くは注意を喚起されると想定内であるから大丈夫と答え、被害を受けてしまうと想定外の出来事だと答えます。多くの日本人は、今回の震災とそれに誘発された事故は想定外と答えます。

農薬と化学肥料については多くの試験研究が行われ、これを使用した農作物は安全であるとされ、食糧として流通しています。一方、安全性に安心感が持てず、無農薬・無化学肥料栽培の農産物を求める人々がいます。

レイチェル・カーソンの『沈黙の春』、有吉佐和子の『複合汚染』。これらの本が話題になった1960～70年代にかけて、賛成と反対の立場で多くの議論が行われました。農薬と化学肥料の有効性を主張した人の手で、有機農産物の一部が分析され、不幸にも高い濃度で重金属が検出されました。たまたま、この圃場の野菜は交通量の多い道路沿いの草を大量に用いて栽培されたため、排気ガスに含まれる鉛などの重金属が吸収されたものでした。

2006年には有機農業推進法が施行され、無農薬・無化学肥料栽培が法律で守られるようになりました。しかし、有機農業を否定するものではないのですが、本当に、有機農産物は安心できるのでしょうか？ 想定外の事態は生じないのでしょうか？ 大量に有機質肥料を与えられた有機野菜と適正な化学肥料で栽培された慣行野菜はどちらが安心できるのでしょうか？ 有機JAS規格で例外的に使用できる資材の意味をもう一度考える必要があります。

一方、有機農業生産技術は未確立のように思われがちですが、古くからの生産者は天候などによる年次変動はあるものの、あまり資材に依存せず、有機農産物を安定して生産しています。ここに技術開発と生産現場・消費者のミスマッチがあります。

有機農業研究者会議は生産者、研究者、消費者、流通業者が一同に会して、有機農業の発展を議論する場です。震災を期にもう一度、進むべき方向を再確認して欲しいと願っています。

2011年11月28日

「有機農業研究者会議2011」実行委員会

木嶋 利男

目 次

■生産安定技術～病虫害の生物防除～

微生物を用いた植物病害の制御 ～植物生育促進菌類を中心に～（百町満朗）9

野菜作の総合的病虫害管理 ～病害を中心として～（白川 隆）18

■実施事例

地域における環境保全型農業の拡大をめざして ～レンゲから無施肥栽培へ～（富田親由）29

自然農法による根菜類の栽培と加工食品の取り組み（川越俊作）34

メロン有機栽培への取り組み（鈴木 譲）37

有機農業栽培体系の分類と特徴（西村和雄）40

■現場での利用を目的とした有機農業技術の開発

トウガラシ類の施設栽培における生物的肥培管理技術・病虫害抑制技術導入による

有機農業安定生産技術体系の高度化（津田新哉）49

有機農産物の風味を考える ～植物の栄養生理と環境応答から～（田中福代）54

東北水田における土壌のケイ酸供給力に基づく斑点米被害抑制技術の開発（櫻井民人）61

日 程

■第1日目 11月28日(月)

開会あいさつ (13:00~13:15)

山下一穂 (「有機農業研究者会議 2011」実行委員会)
寺島一男 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
小林良次 (農林水産省農林水産技術会議事務局)

第1部 生産安定技術(病虫害の生物防除) (13:15~15:15)

座長 有江 力 (東京農工大学農学部)
話題提供者 百町満朗 (岐阜大学応用生物科学部)
「微生物を用いた植物病害の制御 ~植物生育促進菌類を中心に~」
白川 隆 ((独)農研機構・野菜茶業研究所)
「野菜作の総合的病虫害管理 ~病害を中心として~」

第2部 実施事例~生産から販売まで~ (15:30~17:00)

座長 木嶋利男 (有機農業参入促進協議会)
話題提供者 富田親由 (菊池環境保全型農業技術研究会:熊本県菊池市)
水稲作「レンゲから無施肥栽培へ」
川越俊作 (八重桜会:宮崎県宮崎市)
野菜作1「根菜類の栽培と加工食品の取り組み」
鈴木 譲 (はまなす生産組合:青森県横浜町)
野菜作2「メロン有機栽培への取り組み」
コメンテータ 西村和雄 (有機農業参入促進協議会)

意見交換会 (17:30~19:30)

■第2日目 11月29日(火)

第3部 現場での利用を目的とした有機農業技術の開発 (9:00~12:00)

座長 本多健一郎 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
話題提供者 津田新哉 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
「トウガラシ類の施設栽培における生物的肥培管理技術・病虫害抑制
技術導入による有機農業安定生産技術体系の高度化」
田中福代 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
「有機農産物の風味を考える ~植物の栄養生理と環境応答から~」
櫻井民人 ((独)農研機構・東北農業研究センター)
「東北水田における土壌のケイ酸供給力に基づく斑点米被害抑制技術の開発」

第 1 部

生産安定技術

～病虫害の生物防除～

微生物を用いた植物病害の制御

～植物生育促進菌類を中心に～

百町 満朗

岐阜大学応用生物科学部

はじめに

生物防除エージェントとなりうる有用微生物としては、各種の拮抗微生物や抵抗性誘導微生物がよく知られている。拮抗微生物は微生物のもつ拮抗作用（抗生、寄生、溶菌、競合）により直接的に病原菌を抑制する。最近では、有用微生物を用いて植物に全身の抵抗性を誘導し、間接的に病原菌の侵入・進展を抑制する事例が見出されており、注目を集めている。これら抵抗性誘導微生物の種類は細菌、菌類、酵母と多岐にわたっており、生態的にも腐生的なタイプから共生的なタイプまで様々である。植物との親和性の高い根圏・根面定着性の微生物や植物体内に棲む内生菌（エンドファイト）が探索されており、ここ 20 年近くの間には植物に対し生育促進効果を示すとともに土壌病害に対して発病抑制効果を併せもつ植物生育促進根圏細菌（plant growth promoting rhizobacteria: PGPR）や植物生育促進菌類（plant growth promoting fungi: PGPF）が多く見いだされている。PGPR では、既知の菌株のうちわずかに 6.4%の菌株が生育促進に加えて全身的な抵抗性誘導（induced systemic resistance: ISR）をもたらすのみであるが¹⁾、PGPF では、既知の菌株のほとんどが顕著な抵抗性誘導能を示している。エンドファイトである植物内生性の細菌、菌類あるいは放線菌の中にも有用な生物防除エージェントが見いだされているが、これらの病害抑制機構にも抵抗性誘導が関わっているとされる²⁾。

1. PGPF とは？

これまでの研究から、ほとんどの PGPF は宿主植物との間に明確な相利共生関係をもたないものの、植物の根に内生的に定着し、ときに植物との栄養授受の関係を結ぶ「日和見的共生菌（opportunistic symbionts）」であることが知られている。このことから、PGPF もエンドファイトの一種とみなされている。*Trichoderma* 属菌、sterile black、pink、red fungus などの胞子を形成しない sterile 菌、非病原性の *Fusarium* 属菌および *Rhizoctonia* 属菌や *Phoma* 属菌が主に挙げられ、その他にも *Penicillium* 属菌なども同様の効果を示すことが報告されている³⁾。PGPF の生育促進に関わるメカニズムとしては、（1）有害な微生物の抑制、（2）ホルモン様物質の産生、（3）ミネラル化、（4）有害な金属の吸着、などが考えられている。近年、*Trichoderma* 属菌では、キレート物質の産生および酸化還元の仕事が（3）と（4）のメカニズムに関わっていることが明らかになってきた⁴⁾。

2. PGPF による病害抑制効果

病害抑制には前述したように、菌寄生、抗生、競合、誘導抵抗、などのメカニズムが関わっており、これらが複合的に関与している場合が多い。PGPF の中でも *Trichoderma* 属菌は菌寄生することがよく知られており⁵⁾、その主なプロセスは、(i) 宿主の認識、(ii) 酵素の分泌、(iii) 宿主への侵入

と蔓延、である。また、抗生を示す PGPF としても *Trichoderma* 属がよく知られている。Claydon et al. (1987)⁶⁾は、*T. harzianum* が産生する揮発性のアルキルピロンが菌類の伸長を抑制したことを報告している。ただ、*in situ*で見ると限りではこれらの抗生物質が直接的に病原菌の抑制や病害抑制に関わっているとは言い難い。また、*Trichoderma* 属菌は 12~22 アミノ酸のオリゴペプチドを産生することが報告されている⁷⁾。これらのオリゴペプチドは細胞壁の再生を妨げる働きがあることから、寄生の際に分泌する細胞壁分解酵素と相乗的に働いていると考えられている。また、PGPF のほとんどが *Rhizoctonia*、*Pythium*、*Sclerotium* などの土壌病原菌に対して競合を示すことで知られている。コムギ立枯病菌(*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*)をコムギに接種すると病原菌の菌糸は皮層から中心柱にまで蔓延するが、PGPF である *Phoma* 属菌をコムギに予め接種しておくこと、コムギ立枯病菌の皮層内への感染が阻止される。*Phoma* 属菌を含む多くの PGPF もまた表層あるいは皮層に蔓延するエンドファイトであることから、病害抑制は感染の場における競合によるものと考えられる⁸⁾。一方、これまでに見いだされた PGPF のほとんどにみられるのが全身的な抵抗性誘導である。PGPF と病原菌とを物理的に隔離して植物に接種しても病害抑制効果を得ることが知られ、土壌病原菌のみならず空気伝染性の菌類病、細菌病、あるいはウイルス病まで幅広い効果が得られている。効果は対象となる病原菌と PGPF の組合せあるいは供試植物によって様々であるが、効果の高いものでは 80%を超える防除率を示している。

3. 抵抗性誘導のメカニズム

植物体に抵抗性が誘導されると、様々な防御機構がはたらく。細胞壁の強化、ファイトアレキシンの集積、PR タンパクの集積などはそれにあたる。これらの防御機構を発現する過程には、さまざまな代謝回路をたどり、各種の二次代謝物質を生成する。これらの中には、活性酸素の生成も含まれる。Koike et al. (2001)⁹⁾は、PGPF の培養ろ液をキュウリに処理したときの活性酸素の生成をルミノールを介した化学発光量で測定したが、水処理区に比べて発光量が多くみられたことから、培養ろ液が活性酸素の生成に関与しているとした。また、キュウリに炭疽病菌 (*Colletotrichum orbiculare*) を接種した場合、予め PGPF の培養ろ液を処理したキュウリでは病原菌の付着器周辺でのリグニン集積が培養ろ液を処理していないキュウリに比べて多いことも明らかにした。

リグニン集積は培養ろ液のみならず、菌体処理や死菌体の処理でも見られる²⁾ことから、培養ろ液や菌体中に抵抗性を誘導する何らかのエリシター物質が存在すると考えられている。PGPF である *Penicillium simplicissimum* GP17-2 の培養ろ液から得た各画分をキュウリに処理したところ、分子量が 12,000 以上の画分および脂質画分処理区において活性酸素とリグニン集積が高い値を示した。また、その他の画分においても活性酸素種とリグニンの集積がみられることから、複数種の物質がエリシターとして働いていることが考えられる⁹⁾。

P. simplicissimum GP17-2 の培養ろ液をキュウリに処理したときの PR タンパク質の一種であるペルオキシダーゼの生成に着目すると、処理直後から無処理区に比べて高い値で推移し、病原菌を接種した後にさらに増加する傾向を示した。また、PR タンパク質の発現を遺伝子レベルでみると、培養ろ液処理後 24 時間でペルオキシダーゼとキチナーゼ遺伝子の発現が強く見られたのに対し、水処理区ではそれらの発現は見られなかった (図 1)。これらの発現は、キュウリ炭疽病菌の接種後にさらに強くなったのに対し、水処理区ではこれらの発現は弱かった。培養ろ液の処理区では β -1,3-グルカナーゼ遺伝子は病原菌を接種する前には発現しなかったが、病原菌接種後には水処理に比べて強く発現した。これらのことは、*P. simplicissimum* GP17-2 の培養ろ液は、ペルオキシダーゼとキチナーゼに関してプライミング効果があることを示すとともに、病原菌の感染に伴い各種 PR タン

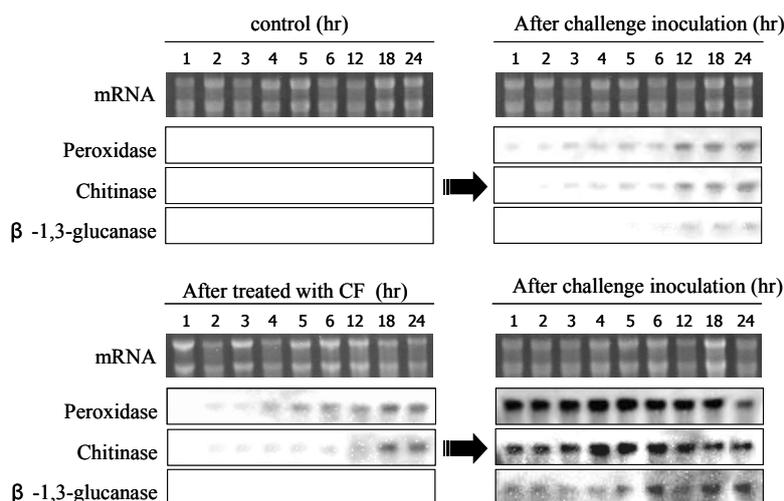


図 1 . *Penicillium simplicissimum* GP17-2 処理によるキュウリ植物での防御関連遺伝子の発現

パクの発現を強める働きがあることを示している。同様の効果は PGPF の *Phoma* 属菌でも認められている。

表 1 にその他の PGPF も含め植物に抵抗性を誘導する菌類と防御反応を示した。*Penicillium janczewskii* を処理した植物体においても β-1,3-グルカナーゼ、PR タンパクおよび *hsp70* の発現が報告されている¹⁰⁾。また、*Trichoderma* 属菌を処理した植物では、カロースの集積や細胞の強化、ペルオキシダーゼとキチナーゼ活性の増加が見られている¹¹⁾。

4. ISR のシグナル伝達経路

前述したように、あらかじめ PGPF を植物に処理することで、菌類病や細菌病を抑制するばかりでなく、最近ではウイルス病まで抑制することが明らかになってきた。このように幅広い病原菌の攻撃に対して抵抗性を示すという ISR の表現型は、病原菌により誘導される全身獲得抵抗性 (systemic acquired resistance: SAR) と類似している。ところで、ISR と SAR の発現機構はこれまで異なるものとして区別して考えられてきた。それは、詳細に先行研究された PGPR による ISR の特性が、①SAR でみられる壊死反応を伴わないことや、②SAR でみられる全身的な内生サリチル酸 (SA) の増加とそれに伴う PR タンパク質の遺伝子群を活性化しなかった、ためである。先行研究された PGPR では、SA の代わりにジャスモン酸 (JA) やエチレン (ET) が ISR のシグナル伝達経路に深く関わっていた。しかし、PGPF による ISR のシグナル伝達経路においては、SA に依存するもの、JA や ET に依存するもの、あるいは SA、JA、ET のいずれにも依存するものなど、多岐にわたっており (表 2)、一部は市販されている微生物剤やプラントアクチベーターと同様の仕組みで抵抗性誘導をもたらすことが明らかになっている。PGPF のような日和見共生菌は多くの場合、菌糸は表皮細胞に入り込むが、皮層部では細胞内には入らずに細胞間隙を進展する。しかし、植物の活性が低い場合やあるいは逆に微生物の活性が高い場合には日和見共生菌があたかも病原菌のようにふるまい、植物に「壊死」をもたらすことも多い。PGPF は顕著な活性酸素種の生成を誘導するなど SAR で認められる特性も示すが、このことは、PGPF が日和見共生菌として植物との間に腐生、寄生、共生の関係を微妙なバランスの上に成り立たせ

ているためかもしれない。今後、PGPFのISR情報伝達系の解析が進めば新たな病害抵抗性誘導剤（プラントアクチベーター）の発見に役立つかもしれない。

表－1. PGPFの菌体あるいは培養ろ液を処理した植物での誘導抵抗性

PGPF	病原菌	宿主	防御反応
<i>Fusarium equiseti</i>	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	Fusarium wilt	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Verticillium dahliae</i>	ワタ	ペルオキシダーゼ活性の増大
	<i>P. janczewskii</i>	メロン、ワタ	β -1,3-グルカナーゼ、PRタンパク、 <i>hsp70</i> 遺伝子の発現
<i>P. oxalicum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	トマト	維管束活性の増大
<i>P. simplicissimum</i>	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成、キチナーゼ、ペルオキシダーゼ、 β -1,3-グルカナーゼ遺伝子の発現
	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrimans</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成、キチナーゼ、ペルオキシダーゼ、 β -1,3-グルカナーゼ遺伝子の発現
<i>Phoma</i> sp.	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成、キチナーゼ、ペルオキシダーゼ、 β -1,3-グルカナーゼ遺伝子の発現
	Fusarium wilt	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrimans</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
Sterile fungi	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	Fusarium wilt	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrimans</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
Sterile red fungi	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	コムギ	—————
	—————	キュウリ	カロース集積、表皮および皮層細胞の強化、ペルオキシダーゼ活性の増大、キチナーゼ活性の増大
<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	キュウリ、 トマト	—————
	<i>Cladosporium fulvum</i>	トマト	—————
	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	<i>Phytophthora capsici</i>	トウガラシ	カプシディオール生成
	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrimans</i>	キュウリ	リグニン集積、活性酸素の生成
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	キュウリ	—————
	<i>Shpaerotheca fliginea</i>	キュウリ	—————
	<i>Shpaerotheca fusuca</i>	キュウリ	—————

表－２． PGPF および根圏菌類¹⁾ による植物への抵抗性誘導に関するシグナル伝達経路

菌株	接種/処理	供試植物	SA	JA	ET	NPR1	引用文献
<i>Fusarium equiseti</i> GF19-1	生菌体	シロイヌナズナ	+	－	－	+	未発表
	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	－	－	+	未発表
<i>Penicillium chrysogenum</i> ¹⁾	Pen ²⁾	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Thuerig et al., 2006
<i>P. simplicissimum</i> GP17-2	生菌体	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Hossain et al., 2007
	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Hossain et al., 2007
<i>Penicillium</i> sp. GP15-1	生菌体	シロイヌナズナ	+	+	+	－	未発表
	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	+	未発表
<i>Penicillium</i> sp. GP16-2	生菌体	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Hossain et al., 2008a
	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Hossain et al., 2008a
<i>Phoma</i> sp. GS6-2	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	－	－	－	Sultana et al., 2008
<i>Phoma</i> sp. GS7-3	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	+	Sultana et al., 2008
<i>Phoma</i> sp. GS8-1	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	－	Hossain et al., 2008b
<i>Phoma</i> sp. GS8-3	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	－	Sultana et al., <i>in press</i>
<i>Pythium oligandrum</i>	CWP ³⁾	トマトなど	－	+	+	?	Takahashi et al., 2006
sterile fungi GU23-3	培養ろ液	シロイヌナズナ	－	+	－	－	Sultana et al., 2008
<i>Tricoderma asperellum</i>	生菌体	キュウリ	－	+	+	?	Shoresh et al., 2005
<i>T. harzianum</i>	生菌体	ダイズ	－	－	+	?	Gailite et al., 2005
<i>T. harzianum</i> GT3-1	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	?	未発表
<i>T. harzianum</i> GT3-2	培養ろ液	シロイヌナズナ	+	+	+	?	未発表
<i>T. inhamatum</i> GT2-2	培養ろ液	シロイヌナズナ	－	+	+	－	未発表
<i>T. koningii</i> GT2-3	培養ろ液	シロイヌナズナ	－	+	+/-	－	未発表
<i>T. longibrachiatum</i>	EC3.2.1.4 ⁴⁾	メロン	+	+	+	?	Martinez et al., 2001
<i>T. virens</i>	Sm1 ⁵⁾	ワタなど	+/-	+	+	+	Djonović et al., 2006

1) 生育促進効果を示さないが発病抑制効果を示す.

2) 菌体由来のタンパク質または糖タンパク質.

3) 細胞壁由来の糖タンパク質.

4) 菌株が産生するセルラーゼ.

5) small protein.

5. PGPF と市販されている微生物剤あるいはプラントアクチベーターがもたらす抵抗性誘導との比較

現在、わが国で市販されている微生物剤は 20 数剤あるが、そのうち植物に ISR をもたらすことが知られているのは *Trichoderma asperellum* を有効成分とする「エコホープ」、*Taralomyces flavus* を有効成分とする「タフブロック」、非病原性 *Fusarium oxysporum* を有効成分とする「マルカライト」、および *Pseudomonas fluorescens* を有効成分とする「セル苗元気」の 4 剤である。*P. fluorescens* は PGPR に属しており、*T. asperellum*、*T. flavus* と非病原性 *F. oxysporum* は根圏菌類に属す。「タフブロック」、「セル苗元気」および「マルカライト」の抵抗性誘導に関わるシグナル伝達機構は明らかにされていないが、「エコホープ」では SA、JA、ET のマルチプルなシグナル伝達経路の関与がみられており、なかでも SA 系の依存が高いとされる (Yoshioka et al., 2011)¹²⁾。一方、イスラエルより報告された PGPF の特性を有する *T. asperellum* では、JA/ET 系のシグナル伝達経路を介して抵抗性が誘導されていることから、同じ種であっても菌株によって抵抗性誘導のしくみが異なっているのかもしれない。

日本で農薬登録されているプラントアクチベーターとしては、プロベナゾール(オリゼメート)、チアジニル (ヴィゲット)、アシベンゾラル S メチル (ベンゾチアゾール : BTH) があるが、これらはいずれも SAR を誘導し、直接的な抗菌活性は示さず、SA 系に依存した PR タンパク質の PR-1、-2、-5 などのマーカー遺伝子を発現するとされる。また、これらのプラントアクチベーターは SAR 情報伝達系で SA の上流を活性化するもの (プロベナゾール) と、下流を活性化するもの (アシベンゾラル S メチルやチアジニル) に分けられることが明らかになっている。

6. PGPF と他の有用微生物の組合せによる生物防除

発病抑止土壤にみられるように自然界においては 1 種の拮抗微生物が高い濃度で存在するよりは複数種の拮抗微生物が集積した結果、病害抑制が安定して誘導される例がほとんどである¹³⁾。このことは、生物防除エージェントを組合せて使用することにより遺伝子操作なしで生物防除効果のスペクトラムを広げ、また、防除効果を安定、増強させる可能性を示している。すなわち、生物防除エージェントを複数種混合して施用することは、自然条件をより模倣した方法といえる。これまでに、病害抑制を目的とした生物防除エージェントの組合せ接種は、細菌と菌類の組合せ、細菌と細菌の組合せ、菌類と菌類の組合せでの報告があるが、ここでは PGPF と内生菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi; AM 菌) の組合せ接種の結果を紹介する。

AM 菌は陸上植物の 80%以上の種に共生することが明らかになっていることから、AM 共生は根圏形成における中心的な位置を占めるといえる。そういった理由から、これまでに根圏に生息する様々な微生物との生物的側面での相互作用に関する報告は多く、窒素固定細菌やリン酸溶解細菌との相互作用から PGPR や PGPF などの生物防除エージェントとの相互作用にまで至っている。PGPF と AM 菌との組合せによる病害抑制の報告例を表 3 にまとめた。

Datnoff et al. (1995)¹⁴⁾ は、AM 菌の *Glomus intraradices* と PGPF の *T. harzianum* の組合せ接種において 2 ヶ年にわたってトマト生産圃場で試験を行っている。組合せ接種、単独接種ともにトマト根腐病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*) を顕著に抑制したが、年により組合せ接種区において相乗的な防除効果がみられたり、組合せ接種と単独接種とが同等の効果を示すなど異なる結果となった。また、*Glomus mosseae* と *T. harzianum* の組合せ接種では、ヒヨコマメのシストセンチュウ病害 (*Heterodera cajani*) に対しても顕著な相乗効果があることが明らかとなった (Siddiqui and Mahmood, 1996)。Chandanie et al. (2006)¹⁵⁾ は、*G. mosseae* と *P. simplicissimum* を組合せ接種したときのキュウリ立枯病 (*Rhizoctonia solani* AG-4) の防除効果を調べており、病原菌と同時接種した場合には防除効果がみられなかったが、組合せ接種後 7 日後に病原菌を接種した場合には、単独接種したときよりも高い防除効果を示し、相乗的な発病抑制効果がみられることを示した。*G. mosseae* と *T. harzianum* と組合せ接種した場合においても、キュウリ立枯病に対しては同様の相乗効果がみられている (Chandanie ら、未発表データ)。

ところで、AM 菌が共生した植物は土壤伝染性の病原菌に対して抵抗性を示すのに対し、空気伝染性の病原菌に対しては抵抗性を示さないことが広く知られている。一方、Chandanie et al. (2006)¹⁵⁾ は、*G. mosseae* と PGPF の *Phoma* sp.、*P. simplicissimum* または *T. harzianum* をそれぞれ組合せ接種したときのキュウリ炭疽病菌 (*Colletotrichum orbiculare*) に対する抵抗性誘導への影響を調べた結果、*G. mosseae* と *Phoma* sp. との組合せにおいては、病害抑制効果が *Phoma* sp. の単独接種よりも低下したのに対し、*P. simplicissimum* および *T. harzianum* との組合せ接種においてはこれらの単独接種と同等の病害抑制効果が得られたと報告している。*G. mosseae* と組合せ接種すると *Phoma* sp. のキュウリ根への定着率は単独接種に比べ低下したのに対し、*P. simplicissimum* および *T. harzianum* の定着率は単独接種と同等であった。このことは、PGPF のキュウリ根への定着率の低下が *G. mosseae* との組合せ接種における病害抑制効果の低下に関係していることを示唆している。一方、*G. mosseae* のキュウリ根への定着はこれら PGPF との組合せ接種により阻害されることはなかった。

このように、PGPF と AM 菌の組合せ接種は土壤病害ばかりでなく空気伝染性の地上部病害に対しても有効であることがされており、防除可能な土壤病害スペクトラムをさらに広げることが期待できる。また、生物防除エージェントが栽培期間を通して変化する環境に適応し、広い病害スペクトラムに対して安定した防除効果を示すためには組合せ接種が重要であることを改めて示したものである。この組合せ接種はこれまでの単一種の接種とは異なり、生物防除システム自体を遺伝的に多様にするものであり、それにより生物防除エージェントを根圏により長く生存させ、より広い防除機構を稼働させるという、人為的抑止土壤作出の実現に繋がる手法になりうるものと考えられる。今後は実用化に向けた多様なケース実験の試行と、生物化学的な解析結果も含めたプロファイリングを進めることが必要であり、これらをデータベース化していくことが求められている。

表-3. AM菌と生物防除エージェントとの組合せによる病害防除効果.

AM 菌	組合せ接種	供試植物	対象病害と防除効果	引用文献
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	トマト	フザリウム根腐病を相乗的に抑制 但し年により不安定	Datnoff et al., 1995
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Pseudomonas straita</i>	ヒヨコマメ	疫病とセンチュウ病を相乗的に抑制	Akhtar and Siddiqui, 2008
<i>Glomus intraradices</i>	<i>Rhizobium</i> sp.	ヒヨコマメ	疫病とセンチュウ病を相乗的に抑制	Akhtar and Siddiqui, 2008
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	ゼラニウム	フザリウムと疫病菌による根腐病を相乗的に抑制	Haggag et al., 2001
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Gliocladium catenulatum</i>	イチゴ	根腐病を抑制または効果なし	Vestbeg et al., 2004
			疫病を抑制せず	Vestbeg et al., 2004
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Phoma</i> sp.	キュウリ	<i>Phoma</i> sp.の単一処理に比べ炭疽病の防除効果が低下	Chandanie et al., 2006
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Pythium oxalicum</i>	ゼラニウム	フザリウムと疫病菌による根腐病を相乗的に抑制	Haggag et al., 2001
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Penicillium simplicissimum</i>	キュウリ	炭疽病を相乗的に抑制	Chandanie et al., 2006
<i>Glomus mosseae</i>	<i>T. harzianum</i>	イチゴ	根腐病を抑制または効果なし	Vestbeg et al., 2004
			疫病を抑制せず	Vestbeg et al., 2004
<i>Glomus mosseae</i>	<i>T. harzianum</i>	ヒヨコマメ	センチュウ数を相乗的に抑制	Siddiqui and Mahmood, 1996
<i>Glomus mosseae</i>	<i>T. harzianum</i>	ゼラニウム	フザリウムと疫病菌による根腐病を相乗的に抑制	Haggag et al., 2001
<i>Glomus mosseae</i>	<i>T. harzianum</i>	キュウリ	炭疽病を相乗的に抑制	未発表
<i>Glomus mosseae</i>	<i>T. harzianum</i>	キュウリ	リゾクトニア立枯病を相乗的に抑制	Chandanie et al., 2006
<i>Glomus mosseae</i>	<i>Penicillium simplicissimum</i>	キュウリ	リゾクトニア立枯病を相乗的に抑制	Chandanie et al., 2006

おわりに

植物の生育を促進するとともに病気を抑制する PGPR や PGPF の存在が明らかになってすでに 30 年以上が経過した。興味深いことに、PGPR として報告された細菌の大半は植物に抵抗性誘導能を示さないのに対し、PGPF はそのほとんどが抵抗性誘導能を示す。このことは、菌類は細菌と異なり、植物体の中に能動的に侵入できる能力を備えていることと関係があるのかもしれない。これまでに一部の PGPF (例えば *Phoma* sp.) は微生物資材として実用化されたことはあるが、微生物農薬として登録されたものはない。しかし、PGPF の特性を持つ魅力ある菌類が数多く見出されており、中には AM 菌と同じように宿主植物と明確な相利共生関係を結ぶものさえある。今後、そうした菌類の中から実用化に向けて微生物農薬登録に耐えうるような有望な菌株が少なからず見出されるものと期待している。また、今後の課題として、①生物防除エージェントの病害抑制機構を人為的に複数付加し、防除対象となる病原菌の幅を増やす、②生物防除エージェントに適した条件に環境をコントロールするとともに生物防除エージェントと競合する微生物に不適な条件にコントロールする、さらには、③生物防除エージェントの菌株を混合して安定した防除効果を生み出す、技術の開発は農業生産システムの中に生物防除を確立する上で必要不可欠なものになるだろう。

参考文献

- 1) Wei G, Klopper JW, Tuzun S: *Phytopathology* 81, 1508-1512 (1991)
- 2) Meera MS, Shivanna MB, Kageyama K et al.: *Phytopathology* 84, 1399-1406 (1994)
- 3) Hyakumachi M: *Soil Microorg* 44, 53-68 (1994)
- 4) Altamore C, Norvell WA, Bjorkman T et al.: *Appl Environ Microbiol* 65, 2926-2933 (1999)
- 5) Elad Y, Barak R, Chet I: *J Bacteriol* 154, 1431-1435 (1983)
- 6) Claydon N, Allan M, Hanson JR et al.: *Trans Br Mycol Soc* 88, 503-513 (1987)
- 7) Rebuffat S, El Hajji M, Hennig P et al.: *Int J Peptide Prot Res* 34, 200-210 (1989)
- 8) Shivanna MB, Meera MS, Hyakumachi M: *Crop Prot* 15, 497-504 (1996)
- 9) Koike N, Hyakumachi M, Kageyama K et al.: *Eur J Plant Pathol* 107, 523-533 (2001)
- 10) Madi L, Katan J: *Physiol Mol Plant Pathol* 53, 163-175 (1998)
- 11) Yedidia I, Benhamou N, Chet I: *Appl Environ Microbiol* 65, 1061-1070 (1999)
- 12) Yoshioka Y, Ichikawa H, Naznin HA et al: *Pest Manage Sci* (2011)
- 13) Schippers B. (1992). "Biological Control of Plant Diseases, Progress and Challenges for the Future, NATO ASI Series A: Life Sciences, Vol. 230" ed. by Tjamos E.C., Papavizas G.C. and Cook R.J. Plenum Press, New York, U.S.A. pp. 21-34.
- 14) Datnoff L.E., Nemeček S. and Pohronežný K. (1995). *Biol. Control* 5: 427-431.
- 15) Chandanie W.A., Kubota M. and Hyakumachi M. (2006). *Plant Soil* 286: 209-217.

野菜作の総合的病害虫管理

～病害を中心として～

白川 隆

(独)農研機構・野菜茶業研究所

はじめに

第二次大戦後にもたらされた化学農薬による病害虫防除は、日本に食糧などの農産物の安定供給と増産をもたらした。その一方で、化学合成農薬に偏重した病害虫防除が農作業者の健康や環境に与える影響が問題視されるようになった。1960年代に農作物の有害生物の総合管理（IPM）の理念が確立され、研究開発が行われてきた。日本でも早期から IPM の理念が導入され、当初は主として害虫管理分野を中心として技術開発が進められ、耕種的、生物的、物理的手法と化学的手法を組み合わせることで化学合成農薬の使用量を低減しつつも安定的に生産する技術の開発が進められてきた。病害分野での IPM 研究は、これよりも遅れる。農林水産省ではプロジェクト研究「環境負荷低減のための病害虫群高度管理技術の開発」（平成 11～15 年度）を契機として病害関係でも IPM が意識されるようになったと思われる。このプロジェクト研究の終了後の平成 16 年に、農林水産省は、学識経験者、生産者団体等の有識者からなる「総合的病害虫管理（IPM）検討会」を組織して検討を重ね、平成 17 年 9 月に「総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針」を取りまとめて公表し、IPM の普及が加速された。

一般的に総合的病害虫管理（Integrated Pest Management、IPM）というと、「減農薬」、「特別栽培」とイメージされる場合が多いと思われる。しかし、後でも解説するように IPM で用いられる個々の技術は、有機農業でも活用可能な技術が多く、有機農業における病害虫管理においても IPM の理念は非常に有効であると考えられる。そこで、本講演では、有機農業を意識しながら野菜の IPM について考察したい。なお、IPM については、既に総論、成書^{1,2,3,4,6)}などが出ているので、それらを参照されたい。

1. 総合的病害虫管理とは

これまで、個々の病害や虫害、あるいはある作物の病害全体や虫害全体を対象とした総合防除については、数多く提案されてきた。病害虫全体を対象としたものはこれまでに数少なく、都道府県が出している防除暦なども総合防除体系と言えるが、そのほとんどが化学合成農薬を用いた薬剤防除を中心として組み立てられている。平成 17 年 9 月に農林水産省から公表された総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針と各作物の実践指標は、病害虫・雑草全体を対象とし、本来の意味での総合的防除となっている。

この実践指針では、総合的病害虫・雑草管理とは、利用可能な全ての防除に関する技術を経済性を考慮しながら慎重に検討し、病害虫・雑草の発生増加を抑えるための適切な手段を総合的

に講じるものと定義されている。これにより、人の健康に対するリスクと環境への不可を低減、あるいは最小の水準にとどめ、農業を取り巻く生態系のかく乱を可能な限り抑制することにより、生態系が有する病虫害及び雑草抑制機能を可能な限り活用し、安全で消費者に信頼される農作物の安定生産にするものとされている。

この IPM を実現する要素として①病虫害・雑草が発生しにくい環境の整備（予防）、②病虫害・雑草の発生状況を把握し、防除の要否およびそのタイミングの適切な判断（判断）、③防除が必要と判断された場合は抑制可能な多様な防除手段の中から適切な手段の選択と実施（防除）の 3 点をあげている。この 3 点の基本的な要素を合わせて IPM の体系としている。

このように総合的病虫害管理では、耕種手法、生物学的手法、物理的手法、化学的手法等による様々な防除技術を組み合わせることで化学合成農薬の使用量を低減すると共に、病虫害の発生を経済的な損失が発生するレベル以下に抑えて作物の安定生産を目指す。この総合的病虫害管理の実施により、農業者の安全を確保し、環境に与える影響を低減して持続的農業生産が実現できると共に消費者には安全・安心な農作物が供給される。また、IPM の実施により、最近、問題となっている薬剤抵抗性問題や病害抵抗性品種の早期罹病化の問題も軽減されると考えられる。

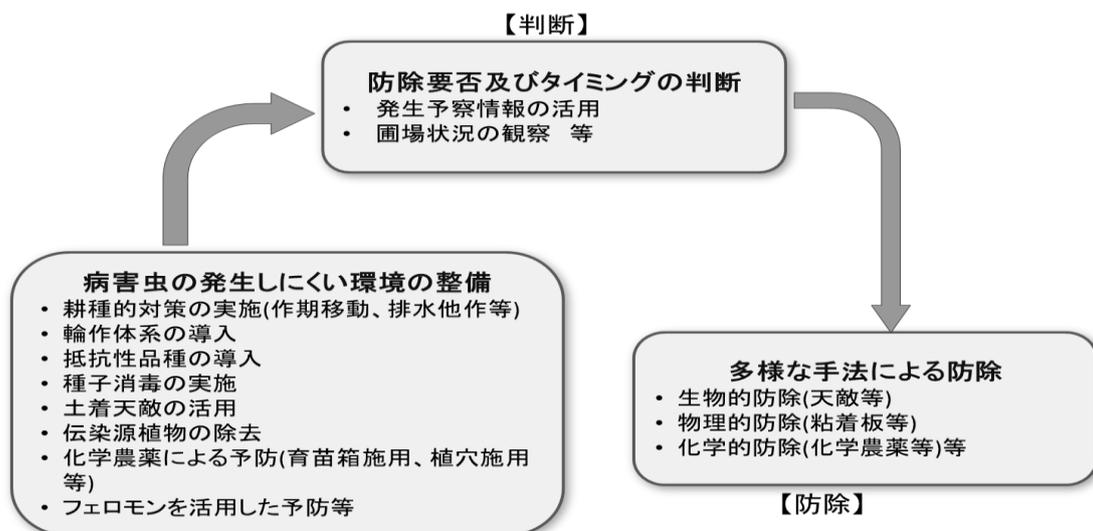


図 1 総合的病虫害・雑草管理 (IPM) の体系

2. 野菜における IPM 実践指針

平成 17 年に日本の基幹的作物である水稻の IPM 実践指標モデルが策定された。平成 18 年には果樹ではカンキツが、野菜ではキャベツについて実践指標モデルが策定された。その後、農林水産省として野菜として施設トマト、施設イチゴの実践指標モデルを策定し、ホームページ上で公表している。これらの実践指標モデルは、都道府県における IPM 実践指標を策定する際の参考資料であり、各都道府県における栽培状況等に改変して利用することとされている。自治体によって取り組み方は異なるが、これまでにトマト、ナス、キュウリ、温室メロン、イチゴ、キャベツ、ワサビ、レタス、ハウレンソウ、ネギ、アスパラガス、ナガイモ等で IPM 実践指標モデルが提案されている。これらの実践指針では、農作業における各工程とその工程における具体的

な取り組み（管理ポイント）が一覧表で示されており、右側にはチェック欄が設けられている。この工程の中には、予察情報の収集、研修会への参加も項目もあり、農家自身が自発的に情報収集することを促している。この実践指標モデルでは、農家は前年の実施状況と当年の目標とを照合して自己評価し、翌年の取り組みに反映するようになっている。つまり、栽培農家に防除の要点を整理して示すと共に努力目標を提示していると考えられる。

3. 野菜の有機・特別栽培に関わる病害虫・雑草防除技術のアンケート調査から

上述したように総合的病害虫管理には、化学的防除薬剤による防除の他、様々な防除手段が用いられる。それらを大きく分けると、栽培技術の工夫などによる耕種的手法、熱や光質を利用した物理的手法、天敵や微生物資材などの生物農薬を用いる生物学的手法などに分類できる。これらの技術の中には、従来から用いられてきた技術も多いが、最近の研究によって開発された新しい技術も多い。では、どのような病害虫が問題となり、IPMの要素技術としてはどのような技術があるのだろうか？野菜茶業研究所では、現段階での有機栽培や特別栽培に用いる技術として開発されているのか、あるいは現在用いられているのかを調査して、野菜茶業研究所研究資料第6号「野菜の有機・特別栽培に関わる病害虫・雑草防除技術の開発動向調査結果」としてまとめ、冊子体とホームページ上で公表した。

調査は、2009年7月～9月にかけて、各都道府県試験研究機関の野菜主任者を通じて行った。43都道府県から回答があったが、回答の詳細さは自治体によってまちまちであった。参考までにそのアンケート結果の概要を説明する。

1) 有機・特別栽培における病害虫に関する問題点

病害関係では32都道府県から82の問題点が挙げられた。この59%が果菜類に関する内容で、葉菜類の26%、根菜類の6%を大きく上回った。この内、トマト、キュウリでの問題点が多く、一般的に問題となっているトマトでは黄化葉巻病と葉かび病、キュウリではうどんこ病、褐斑病とべと病が問題となっていた。問題の内容を見ると発生の蔓延とそれによる収量・品質低下に関する内容、化学合成農薬の必要性に関する内容、微生物農薬の利用技術に関する内容が多く挙げられていた。

虫害では、34都道府県から113の問題点が挙げられ、作物別では果菜類と葉菜類はそれぞれ41%と同等であった。問題となっている害虫は、果菜類はコナジラミ類、アザミウマ類、アブラムシ類などの微小昆虫の割合が高く、問題点の内容としては発生蔓延とそれによる被害拡大、化学合成農薬の必要性、天敵や資材の利用法に関する問題点が多く挙げられた。葉菜類では、害虫としてチョウ目昆虫、ハムシ類、ハウレンソウで問題となっているダニ類の割合が高かった。ここでも、発生の蔓延とそれに伴う被害拡大に関する内容が多く挙げられていた。

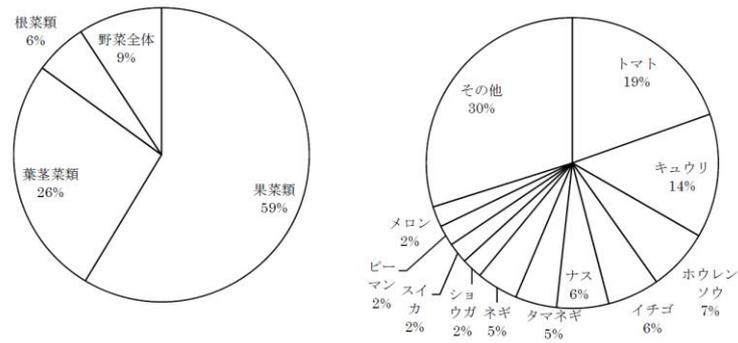


図2 病害防除に関する問題点の挙げられた作物種類、作物別割合 (n=87)

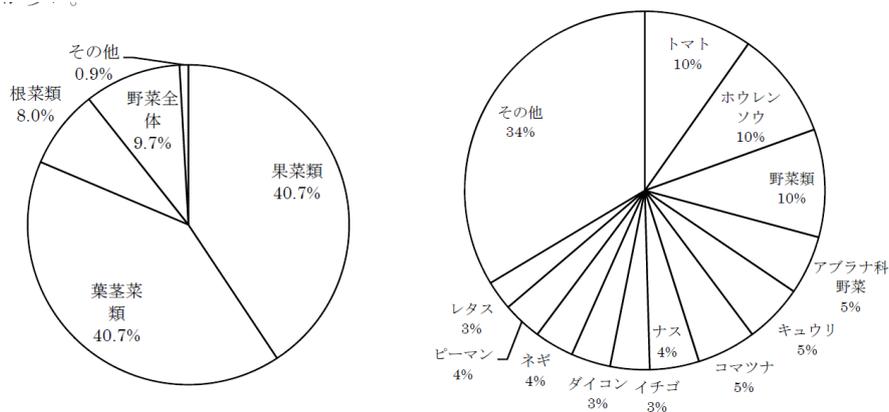


図3 虫害防除に関する問題点の挙げられた作物 (n=113)

2) 研究成果にみる有機・特別栽培関連技術

病害関係では 19 道県から 79 件の研究成果が挙げられた。これを野菜の種類別に見ると果菜類が 64%と葉根菜類の 26%を大きく上回っている。これは、施設栽培における防除技術開発のウエイトが高いことによると考えられる。対象とする病害は地上部病害に関する成果の 26%に対して土壌病害に関する成果が 64%であり、その重要性が表面に出た形となった。具体的な技術について見ると生物防除、品種抵抗性・台木利用、環境制御、土壌消毒に関する技術が多く開発されている。

虫害関係では、22 県から計 129 件の成果が挙げられた。個々では、果菜類に関する技術が 64%と多く、葉根菜類の 26%を大きく引き離していた。取り上げられている害虫はコナジラミ類、アブラムシ類、アザミウマ類、ダニ類で 57%を占めており、挙げられている問題点でも多かった微小昆虫の防除に関する技術が多かった。

一方、病害と虫害の両方を対象とする成果 29 件では、総合防除に関する成果が 62%と多く、防除体系の構築に努力されていることがうかがい知れた。

以上は、アンケートの回答を集計した結果であるが、筆者が都道府県、独法機関のホームページ、冊子体等で公表されている平成 15 年以降の研究成果情報を取りまとめた結果、アンケートの回答を集計した結果とほぼ、同様な傾向となった。

今回の調査の結果、都道府県から挙げられた防除技術、成果情報から収集した防除技術を表 1、表 2 にまとめた。

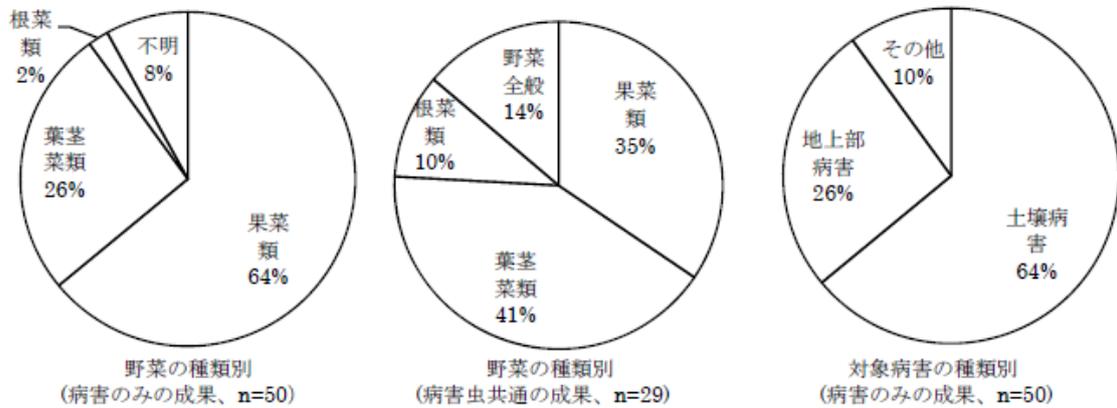


図 4 研究成果における病害防除関連技術の作物別、病害の種類別割合

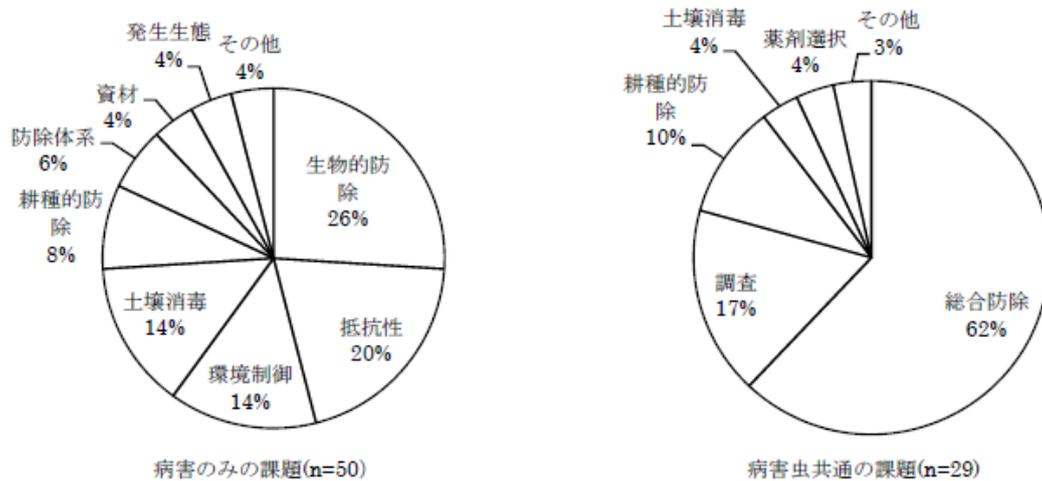


図 5 研究成果における病害防除関連技術の内容別割合

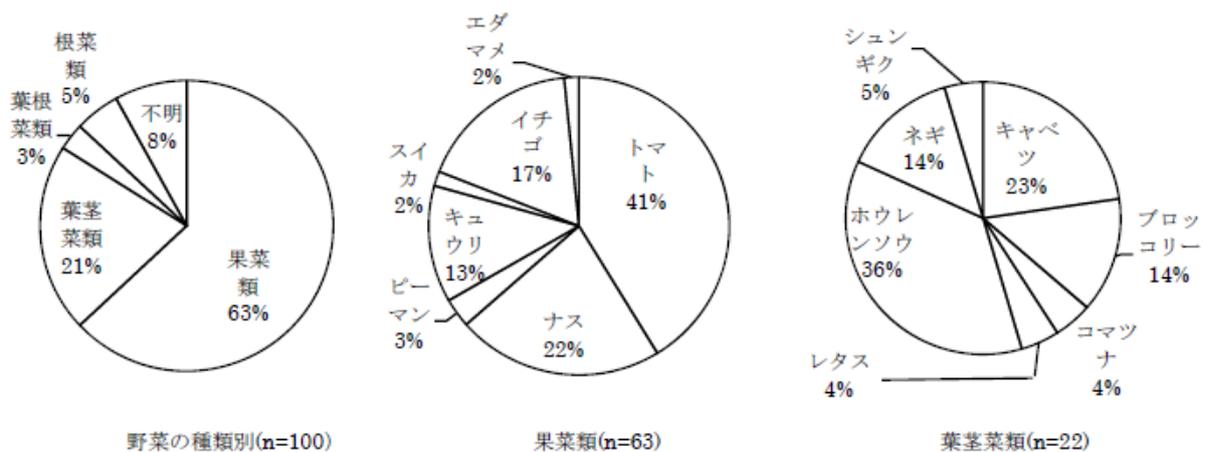


図 6 研究成果における病害防除関連技術の作物別、病害の種類別割合

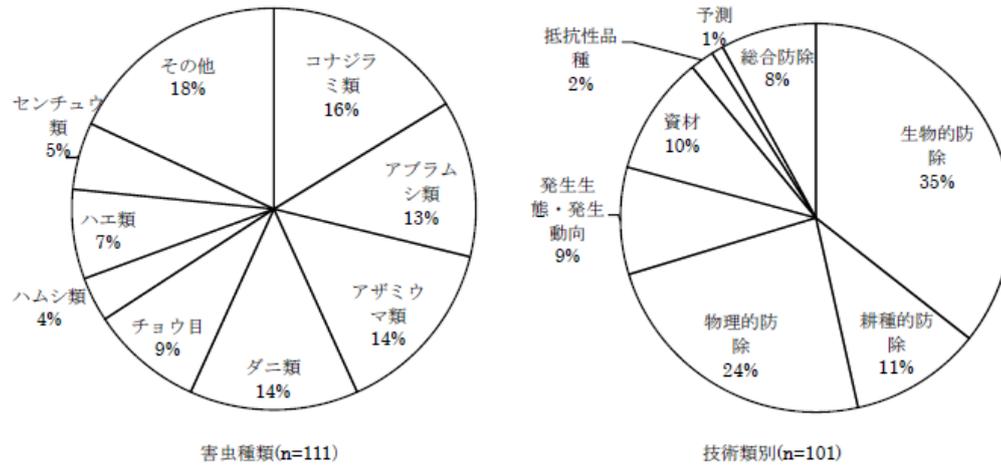


図7 研究成果における虫害防除関連技術の対象害虫別割、技術別割合（虫害のみの課題）

表1 病害防除に用いられる個別防除技術（化学合成農薬関係を除く）

分類	個別技術
生物防除	微生物資材の利用法、微生物資材の開発、カラシナすき込み、弱毒ウイルス、対抗植物、ライブマルチ（ヘアリーベッチ）
土壌消毒	土壌還元消毒、土壌深耕還元消毒、太陽熱消毒、熱水土壌消毒、蒸気消毒、
物理的防除	UVカットフィルムの利用、近赤外線カットフィルムの利用、UV-B照射、太陽熱消毒、紙ポットの利用、種子温湯消毒、刈刃過熱装置
耕種的防除	土壌管理、土壌 pH 矯正、肥培管理、ケイ酸資材の利用、高畦栽培、チューブかん水、小型環流ファンの設置、除湿機の設置、防虫ネット被覆、不織布被覆、輪作、残渣処理、結露センサー付暖房機制御装置、被覆栽培、底面給水育苗、湛水処理、手指消毒、雨よけ栽培、採苗方法の改善、栽培装置の改良、作期移動
品種抵抗性	抵抗性品種、抵抗性台木の開発、抵抗性評価
予測	ウイルス濃度測定
その他	酸性電解水の利用、ビール粕の利用、食酢利用、細霧利用、転炉スラグ利用

表2 虫害防除に用いられる個別防除技術（化学合成農薬関係を除く）

分類	個別技術
生物防除	天敵の利用、土着天敵の利用、バンカープラント法、BT 剤の利用、対抗植物の利用、微生物資材の利用、エンバクすき込み、被覆作物の利用
物理的防除	UV カットフィルムの利用、近紫外線除去フィルムの利用、黄色灯、黄色ナトリウム灯、温湯灌注、土壌還元消毒、太陽熱消毒（施設密閉）、光反射シート、光反射マルチ、熱水土壌消毒、捕虫防除機
フェロモン	交信攪乱剤の利用、性フェロモンの利用
耕種的防除	障壁作物の利用、防虫ネットの展張、不織布の展張、寒冷紗被覆、作期移動、被覆栽培、土壌被覆、輪作、混作、間作、施肥、品種選択、水分管理、摘心
その他	二酸化炭素処理、黄色粘着トラップの利用

4. 有機農業と総合的病害虫管理

前項で挙げた防除技術の一覧を見てわかるように、有機農業、特別栽培で利用されている技術の抽出を目的とした今回のアンケート調査で挙げられた防除技術は全て、IPM 体系の中で利用されている技術である。確かに病害虫分野の有機農業研究は遅れていることは事実であるが、今回の結果は、IPM 体系で利用されている個々の防除技術は、そのまま、IPM の理念と共に有機農業でも利用可能であることを示している。

筆者らは、種子伝染性病害であるスイカ果実汚斑細菌病の防除方法を組み立てるにあたって食品工業で採用されている危害分析重要管理点（HACCP）の考え方を参考として防除体系を組み立て 2003 年に「スイカ果実汚斑細菌病防除マニュアル」として発表した。つまり、本病あるいは本病の病原細菌の発生生態、伝染環とスイカの栽培体系に基づいて、栽培過程における本病に関わる重要管理点を抽出し、その管理点のみに注意すれば、発生を予防できるとした。上述した IPM 実践指針と IPM 実践指標は、同様な考え方に基づいて組み立てられていると考えられる。効果的な IPM 体系を策定するには、策定しようとする作物に発生する重要病害虫の発生生態と栽培体系を勘案して、防除上の重要管理点を設定して必要な技術を積み上げて行くことが重要であると考えられる。

5. 種子の問題

現在、野菜の有機栽培では化学合成農薬による処理済みの種子を使用している事例も多い。これは、作目によっても異なるが多くの野菜種子が海外からの輸入によるものであり、種子の流通時に種子消毒を余儀なくされる場合があることも 1 つの理由である。野菜病害では種子伝染性病害が少なくなく、その中には国際的に、あるいは植物検疫上の重要病害も少なくない。種子によって伝染する病害の中には大きな被害をもたらすものも少なくなく、種子伝染性病害でかつ土壌伝染性病害の場合は、いったん種子によって病害がもたらされた場合、長期にわたって定着する危険性が高くなる。一部の有機農家・団体では、品質が優れる野菜系統の自家採種とその国内流通を奨励している。しかし、この自家採種種子が病原体で汚染している場合、この種子が第 1 次伝染源となって被害が発生する危険性もある。そのため、種子消毒技術は、有機栽培にとって重要な技術であると考えられる。ところで化学合成農薬による種子消毒には、種子伝染性病害の防除を目的とした処理と、*Pythium* 属菌、*Rhizoctonia* 属菌による苗立枯病を予防するために種子表面に処理する予防的処理の 2 つに分類することができる。一般的に種子伝染性病害の防除を目的とした処理には、種皮内に存在する病原菌も考慮してチウラム、ベノミル等の組織浸透性が高い薬剤が使われることが多い。

そこで、有機農業では化学合成農薬を使わないで種子消毒を行う方法が必要であると考えられる。この目的では、温湯処理、乾熱処理などの加熱処理が有効である。このうち、乾熱処理は、種子を 40℃程度の温度で予備乾燥した後に 70～80℃で 1～数日間処理する方法であり、温湯処理と比較して処理による発芽障害の発生が少なく、大量に処理できるが、温度制御が可能な専用

の機器が必要となる。一方、温湯処理は、50～60℃に設定した温湯に10～30分間の比較的短時間、処理する方法であり、簡易に処理することができる。しかし、処理する温度と時間を正確に設定しないと発芽率・発芽勢の低下などの処理による障害が発生しやすいので実施には注意が必要である。温湯処理、乾熱処理のいずれも、作目によって処理における温度と時間が異なっているので大貫ら(1999)などを参考とされたい。

6. 最後に — 有機農業との接点で今後必要な研究開発

ご存じのように、有機農業研究では土壌肥料分野、栽培分野が先行して進んでいるのに対して、病虫害分野はその端緒についたばかりである。プロジェクト研究として体系立って研究が進められたのは、農研機構 交付金プロジェクト研究「有機農業の生産技術体系の構築と持続性評価法の開発」(2008～2010年度)、農林水産省委託プロジェクト研究「地域内資源を循環利用する省資源型農業確立のための研究開発— ③省資源型農業の生産技術体系の確立」(2009～2013年度)がはじめてであると考えられる。しかし、前述したように総合的病虫害防除に用いられる個別技術とその体系化の部分で、これまで病虫害防除に関して蓄積してきた多くの個別技術、体系化技術が有機農業にも十分に応用できる。一方で、有機農業に特有な研究開発が残されている。第1に有機農業に転換する3～5年の間に病虫害の発生様相が変化することのことが言われている。もし、この現象が本当ならば、何故そうなるのかとの要因解析が必要であると考えられる。第2に、篤農家や有機農業で用いられている病虫害関連技術のなかには、効果が高い技術も少なくないと考えられる。そういった技術の要因解析と普遍化に向けた研究も重要である。以上の2点の解析により、新たな防除技術が開発されることが期待できる。第3に、現在、化学合成農薬による防除の比重が高い種子消毒などの部分での非化学合成農薬技術の開発と、化学合成農薬を用いない体系での防除効果の安定化に関する開発が重要であると考えられる。以上の研究開発により、これまでのIPM体系に新しい技術をもたらすと共に、有機農業栽培において防除効果の安定化が実現されると考えられる。今後の研究開発に期待したい。

参考文献

- 1) 中央農業総合研究センター(2009) 生物機能を活用した病虫害・雑草管理と肥料削減：最新技術集。
http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryou/kankou/ipm_s/index.htm.
- 2) 本田要八郎(2000) IPMの現状—研究の立場から—。植物防疫 54: 213-216.
- 3) 小野泰樹(2000) IPMの現状—行政の現場から—。植物防疫 54: 211-212.
- 4) 大岡高行(2009) 総合的病虫害・雑草管理(IPM)への取組。植物防疫 63:409-412.
- 5) 大畑貫一 ほか編(1999) 種子伝染病の生態と防除—健全種子生産をめざして—。日本植物防疫協会。
- 6) 鈴木芳人(2000) IPM理念の抜本的見直し。植物防疫 54: 217-221.
- 7) 梅川学 ほか編(2005) IPMマニュアル—総合的病虫害管理技術。養賢堂。
- 8) 野菜茶業研究所(2011) 野菜の有機・特別栽培に関わる病虫害・雑草防除技術の開発動向調査結果。野菜茶業研究所研究資料第6号。 pp91。 <http://vegetea.naro.affrc.go.jp/print/shiryou/6/6.pdf>
注) ホームページのURLは、2011年10月25日現在

MEMO

第 2 部

実施事例

～生産から販売まで～

地域における環境保全型農業の拡大をめざして

～レンゲから無施肥栽培へ～

富田 親由

熊本県菊池市

所属団体

菊池環境保全型農業技術研究会

七城町自然栽培レンゲ米研究会

くまもと有機農業推進ネットワーク



取組概要

①生産

自然農法実施：35年 労力：5人（本人、妻、長男、長女、母）

栽培品目

水稲 430a（自然農法・無施肥栽培：ヒノヒカリ、黒米、緑米、酒米）

露地野菜 160a（自然農法・無施肥栽培：年間45品目）

メロン 60a（減農薬・無化学肥料栽培 年1作のみ）

②普及

菊池環保研による現地検討会（年2回）

消費者との交流会

学生の研修受入れ（年3回）

③出荷先

産直、自然食品店（5店）、移動販売、販売会

1. 地域概況

九州のまん中、熊本県の東北部にある菊池市は、阿蘇外輪山を源とする菊池水源からわき出る湧水が菊池川、合志川となって市中に流れ込み、清流に潤された広大な大地に農作物が生産されている。

この地域は、古来、市名に名を残す菊池一族の統治による九州の政治・文化の中心地として栄え、政治・教育・文化面において大きく影響を与えており、豊かな自然に恵まれた悠久の歴史を持つ理想的な田園都市と言われている。

熊本県菊池市	
面積	276.66km ²
人口	52,788人
世帯数	17,031世帯

江戸・明治期には農業技術先進地として、また良質な米の集散地である商業都市として発展してきた。平成 17 年に七城町を含む 4 つの市町村が合併し現在の菊池市になっている。

2. 自然農法を始めたきっかけ

私が子供の頃、ホタルは星の数ほど見られ、近くの川には魚の種類・数も多く、川に入り遊んでいるとパンツの中にいつの間にか魚が入っていたことを思い出す。中学 3 年の時、ナマズやゲンギユなどがいて夜釣りをしていた。

しかし 1 年後、そういった鱗の無い魚など環境汚染に影響されやすい魚がいなくなったことがショックだった。多分その頃、水銀剤や DDT、パラチオン等の有機塩素系、有機リン系の農薬が使われており、その影響だろうという思いが常に頭の中にあった。

昭和 51 年から水田 10a、畑 10a から自然農法を始めた。しかし除草が大変で面積拡大は難しい状況にあった。

3. 七城町自然栽培レンゲ米研究会の発足

昭和 62 年から、ジャンボタニシが地域の水田に繁殖するようになり、稲苗を食べる害虫として皆が敵視していた中、水位を浅くすることで稲の食害が抑えられ、水田雑草を食べることが分かってきた。

そのため、水田表面を均平にすることを第一とし、水の調整をうまくすることにより除草剤を使ったように草が無くなり、自然農法の稲作が楽に楽しくできるようになってきた。

自然農法としては稲作が一番に取り組みやすいこともあり、平成 2 年から地域の七城町の仲間を中心に自然米づくりを呼びかけ、段々と仲間が増えていった。その頃、稲ワラだけで稲作りする自信はあったが、植物のレンゲを使用することで窒素分などの養分があり、無農薬栽培も可能と理解が得られやすいこともあり、「七城町自然栽培レンゲ米研究会」として私が会長となり、18 軒で発足スタートした。

七城町では道の駅メロンドーム（メロン型屋根の物産館）を建設した。そこにコーナーを設けてもらい販売することになった。開店早々メロンドームは大人気で大量に売れるようになった。

また、消費者をはじめ自然食品店や業者とのつながりもでき、会員の米は、消費者から安全・安心でおいしいと評判も上がり、毎年、足りないぐらいに売れるようになっていった。

4. レンゲから無施肥栽培へ

水田には長年レンゲを生やしてきたが、3~4 年経つとあまり生えなくなってきたこともあり、本来の自然農法をめざすにはやはりと思い、稲ワラだけの米づくりを平成 17 年から全面積で再開した。

七城町を中心に稲ワラだけの米づくりをする人が段々と増え始め、レンゲ米研究会は他の人にもお願いして、新たに地域にある菊池環境保全型農業技術研究会を軸として活動することになった。

無施肥の農産物について価値を認め、そのことを積極的に伝え販売する自然食品店や消費者も増えてきており、菊池環保研の会員（38名）やその他の農家を含め、稲ワラだけの自然米づくりは20名いる。

長女はその頃、脱サラで家業の自然農法を手伝うようになり、特に落葉や草の堆肥、敷き草以外は畜産堆肥や有機質肥料を使用しないで野菜栽培に取り組むようになり、自家採種もできることから始めている。

野菜は段々とできるようになり、私と家族はその野菜を食べるようになってから体調がさらに良くなり、この農法の大切さを実感している。家族も以前に増して和やかになり、農業のことも良く話し合っただけで連携できるようになってきた。

生産者のある方は、自然米をつくり食べるようになって子供の頃からの持病であり酷かったアトピーがすっかり消えて良くなったという喜び、消費者からは健康を取り戻した喜びの声や感謝の声を多くいただくようになった。それは、生産者にとって大へん嬉しく意欲にも繋がっている。

5. 秋ウンカについて

熊本県の各地方では、秋ウンカの被害を受けやすいため、毎年予防や防除を徹底しているが、私は30年間、一度も秋ウンカによる被害は経験が無い。無施肥栽培は被害を受けにくいと思う。しかし同じような栽培をしている仲間であっても受けることがある。

その原因を考えてみたら、育苗方法に思い当たった。私は苗をつくる際に苗箱に山土のみを入れて播種して水田の苗床に並べ35日苗をつくる。苗は見る人によると線香のように貧弱に見えるようだ。できるだけ立派な苗にしようとして有機質肥料を少し混ぜる生産者がおられ、そこでの苗は肥料の養分で短期間に生長する。

微妙なところであるが、そのあたりの差や、適期より早く田植えをした場合に、ウンカの被害を受けやすい稲になるのだと考えられる。

わが家の稲作はヒノヒカリを主に栽培しているが、自然農法の種を確保するため、毎年、種採りを繰り返し15年目になる。地域の平均反収が8～10俵のところ、土地条件の差もあるが、6～8俵ぐらいである。私は不精な所があり、水田を均平にするとジャンボタニシの被害が抑えられるにも関わらず、今まで徹底できなく、ジャンボタニシが多い所は拾って密度を下げて被害を回避する等の作業が多かった。

今年は天候に恵まれ、基本的な作業（均平にする代かき方法、水管理等）を取り入れるよう努力した結果、例年より作柄は良かった。



自然農法の稲（奥）はウンカの被害が無かった。手前は隣接する慣行栽培（平成17年）

表 ヒノヒカリの栽培管理概要（2011年）

15cm 10cm 5cm 2cm以下																											
	1月			3月			5月			6月			7月			8月			9月			10月					
水管理	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
作業	表層耕起			表層耕起			表層耕起			表層耕起			補植 タニシ拾い 中干し・3日間			出穂 8 / 25			収穫								
備考	ロータリーで5cm以内			ロータリーで5cm以内			ロータリーで5cm以内 温湯消毒60℃×10分間 乾糶120g/箱			育苗管理する ロータリーで5cm以内			54株/坪 播種後、水田苗代に箱を並べ			ジャガイモを拾い除く ジャガイモの密度が高い			ジャガイモを手取り除草する ジャガイモが食べていない			布コンバイン・同時に稲ワラ散					

6. 現地見学や交流会を通して、多くの消費者や生産者に自然農法を紹介する



大学生の実習の様子

10年前、私に結石ができ体調が悪かった時に、知人の紹介で富田家に大学生十数人が手伝いに来てくれた。それをきっかけに、現在まで毎年、サークル活動で実習や交流会で学生が集まるようになり、毎回、地元新聞にその様子が紹介されるようになった。

3年前から、9月下旬に「菊池に行こう百姓三昧」と称して菊池環境研主催で現地見学や交流会を開催して楽しく過ごしていただく場をもつようになり、毎年、内外とも80～100名の消費者や生産者が集まっている。

産者が集まっている。

会の生産者は、より良いものを消費者に提供することをモットーにしており、自ら責任をもって生産・流通に取り組むことを基本としている。農産物と食品添加物を使用しない醤油や味噌、カレー、菓子等の加工食品を製造・販売している生産者もいる。

そのうえで流通支援の一つとして、事務局を担ってくれている青年部の会員は、数年前からホームページを通じて、自然米をはじめ農産物の販売をするようになり、年々販売量が拡大してい

る。その際、有機質肥料使用または無施肥の内容表示で紹介しているが、最近では無施肥の方に人気があり、販売量が伸びてきている。

また、会では仲間とともに自然酒米を原料としてこだわりの清酒（2種）と焼酎（8種）をつくっており、酒屋の反面、自ら自然米をつくりその製造段取りと販売を担当している。



7. 今後の展望

私は、主食の自然米づくりを中心に置いているが、稲作のみでは農業経営が成り立たないことから、長年、七城町特産のネットメロン（肥後グリーン）を60aで必要最小限の農薬使用、無化学肥料で栽培してきた。いずれは面積を縮小してでも自然栽培のメロンをつくりたいと考えている。

畑作も4年前から無施肥で栽培しており、現在の耕作面積は160aある。地力の低い所は大豆で地力を養い、大豆と麦を基本として土を育てるよう考えている。今後、病虫害を受けにくい良質の農産物づくりを目標に努力していき、確信を深めていきたい。

その他、できた農産物を使いきるため規格外の米を利用した味噌づくりや麦でソーメンをつくり、販売を始めた。娘がそのソーメンを口にした時、「生きていて良かった」と声を出すほど美味しかったようである。我が家で育てた農産物や食品をいただき生活をしていくことは、百姓として最高の贅沢だと思う。

私には大中小の夢があり、大は世界人類が健康で幸せな生活が送れるように願っている。中は、菊池市に訪れる方が癒されるような農村づくりをしていきたい。小は自然農法を極めていきたいということ。

ジャンボタニシ利用で除草を始めた頃、JAの職員からジャンボタニシで除草するのは邪道だと言われていたが、現在、七城町では除草剤を使用しないで農薬を5割減らすことで、10aあたり6千円の補助（先進的営農活動支援交付金）を受けている。ジャンボタニシがいるおかげで水田耕作面積500haの全面積で除草剤を使用しなくなった。

また私の住む七城町高田区は農家が28軒あり、その内、自然農法実施農家は6軒（20%）に増えている。毎日が楽しく生きがいを感じており、年をとってもワクワクするようなことを一つ一つ、志ある仲間と共につくっていききたい。

嬉しいのは、家族が自然農法をすることによって話し合いの場ができ、同じ目標に向かって進めるということ。これを最高の幸せと感じている。

自然農法による根菜類の栽培と加工食品の取り組み

川越 俊作

宮崎県宮崎市

はじめに

栽培規模	約 10ha (内、自然農法 3.75ha)
栽培品目	サトイモ、ジャガイモ、ラッキョウ、ニンニク、タマネギ、タカナ、ダイコン、ショウガなど
漬物加工	割干し大根漬け、カブ漬け、生姜漬け、ラッキョウ漬け、タカナ漬け
労働力	家族 4 人 (父、母、本人、妻)、パート 2~4 人



1. 自然農法との出会い

- ・平成 6 年 (当時 27 歳) に家業である農業 (慣行農法) を継いだ。その翌年ごろから母と妻が農薬の使用により体調を崩すことが多くなり、有機栽培 (家畜糞堆肥を使用) を開始した。
- ・平成 11 年頃に流通関係者の紹介により埼玉県で自然農法を実践されている須賀利治氏と出会い、家畜糞を使わない草質堆肥や緑肥を使う自然農法を知り、切り替えた。
- ・現在は、志を同じくする地元の仲間 3 人と共同で農薬の飛散の少ない山の頂にある 3ha の原野を買い取り、造成した農地で自然農法を行っている。



造成した農地 (3ha)

2. 自然農法農産物の加工について

- ・ 田野町は、漬物の町として有名で、我が家も父親の代から漬物の一次加工を手掛けている。化学調味料や添加物を使用した漬物が多い中、長時間かけて乳酸発酵させた昔ながらの漬物づくりにこだわっている。
- ・ 自然農法農産物を漬物にすることは美味しい以外にも様々なメリットがある。例えばラッキョウは、慣行栽培に比べると歯切れが良く、腐敗しにくい。また、収穫後の包丁によるカット作業は、ラッキョウがしまっているため綺麗に切れて作業効率が良い。
- ・ 一次加工したラッキョウは、年間 10t 程度埼玉県ヤマキ醸造(株)に出荷している。

3. 栽培について

(1) 土づくり

- ・ 慣行栽培から有機栽培に切り替える際に、試験的に 23a の 1 圃場から始めた。当時は、化学肥料の代わりに家畜糞堆肥を年間 5~7t/10a と多投したが、ダイコンは、立ち枯れ病や根切り虫が大発生し、サトイモも途中で枯れるなど、4 年間は雑草と病害虫による被害は甚大で収穫できないこともあった。
- ・ その後、家畜糞堆肥や米ぬか、油かす、魚かす等は一切施用せずに草質堆肥(3年以上堆積したもの)及び緑肥(ソルゴー、エンバク、小麦、大豆等)を活用するようになった。その結果、格段に秀品率が向上している。収量は、地域の慣行栽培の 60~75%程度で推移しているが、サトイモ、タマネギは慣行栽培と同程度である。草質堆肥と緑肥は、作物の根張りの良い環境をつくることを目的に深耕ロータリーによって鋤き込んでいる。
- ・ 現在は、面積が増えたこともあり、草質堆肥よりも緑肥を活用しているが、畑の作物の出来を見て鋤き込むか持ち出すかを検討している。作物残差は、基本的に持ち出す。



草質堆肥

(2) 種

- ・ 葉菜、果菜以外の主力品目であるラッキョウ、サトイモ、ダイコン、ニンニクは自家採種しており、その年数が長いほど作物の品質が良く、収量が向上している。

(3) 草

- ・ 基本的に手除草になるが、自然農法の年数が長い圃場ほど草の種類が変化し、雑草の発生が少ない。

4. 今後の抱負

- ・ 最近、「人の健康と地域の環境を守る」という目的を同じくする生産者や理解のある流通業者が、県内外問わず増えてきており、消費者も含めてこのネットワークを拡大して宮崎の農業を変えていきたいと願っている。



消費者による畑の見学会

メロン有機栽培への取り組み

鈴木 譲

青森県上北郡横浜町

1. 生産者の概要

- 昭和 60 年に、有機栽培に取り組む。
- 平成 6 年、自然有機無農薬栽培研究会を 7 名の会員で発足し、勉強会や研修会などを行っている。
- 平成 8 年、全国 MOA 自然農法産地支部連合会に加入し、MOA 自然農法むつはまなす会として、消費者と共に自然農法の普及と、食育に取り組んでいる。
- 平成 14 年、有機 JAS 認証取得。



2. 栽培規模

3ha。全農作地を有機栽培で実施。内施設 45a（ビニールハウス）。

3. 主な作目

路地：人参・ジャガイモ・長芋・大根・キャベツ等 その他 10 数品目

施設：キュウリ・トマト・メロン・インゲン・ホウレンソウ等 その他 10 数品目

旬に合わせて、年間 50 数品目の多品目を作付けしている。

4. 取り組みの背景

農業高校を卒業し、就農した時、幼い頃農作業の手伝いをした時に比べ、収穫量は落ち、病害虫が蔓延するようになっていた。それにより、化学肥料や農薬に頼らざるをえなくなり、特に農薬は、次々と強い農薬となり、病害虫との追いかけてことになってしまった。

「この農法で生涯、生産・品質の向上や永続的農業が出来るのだろうか」という思いにかられた時、有機栽培に出会い、家族の理解と共に、有機栽培に取り組んだ。

5. メロン栽培

メロン作付面積	15a	内路地トンネル栽培 10a・施設ハウス栽培 5a	
品種	路地	プリンスメロン	自根栽培
		アリスメロン（白皮・緑肉）	自根栽培
	ハウス	ユウカメロン（ネット系黄橙色・緑肉）	自根栽培
栽培時期	3月～8月		

育苗	有機育苗（自家育苗）
栽培	プリンスメロン 子蔓3本仕立て・6～10節着果・6果取り アリスメロン 子蔓3本仕立て・8～12節着果・6果取り ユーカメロン 子蔓2本仕立て・10～12節着果・4果取り
土作り	籾殻・稲藁・作物雑草残渣を施し、極力周辺から手に入る有機物を利用した土作りを行っている。
養分供給	米糠・魚粕・菜種粕・大豆粕を中心に、成分設計をし、施肥している。また、基本追肥はしないようにしている。
病虫害防除	木酢・ニンニクエキス・牛乳・アルコール（酒）等使用、作物自体の病虫害への、抵抗性強化を目的に使用している。



6. 生育の特長

定植後の生育は、茎は細く葉も小さい。節間は3～5cmと、初期生育が遅く感じられるが、10節を過ぎた頃から急激に肥大し、通常の勢枝となる。よって、生育初期には病虫害にかかり難い。自然着果だが、着果率も高い。

実の肥大率も高く、ネットの張りも良い。しかし、実の肥大期から登熟期にかけて、樹勢が衰え、害虫の活発な時期と重なり、アブラムシを由来とするすす病などで、秀品率が低下し、出荷量の減収となることが、今後の大きな課題である。

食味は、日持ちも良く、追熟しても実が崩れ難い。また、もぎたてでも青臭さは無く、非常に食味が良い。しかし、糖度は、メーカー提示の平均糖度より低く、市場への出荷は向かない。

7. 販売

消費者への直接販売・宅配・自然食の店・百貨店、スーパーでの有機農産物コーナーでの販売をしている。

近年インターネットでの販売にも挑戦している。



より多くの有機野菜を食卓に並べ、有機野菜の味を楽しんで頂きたく、旬の有機野菜詰め合わせセット『ミネラルボックス』を年間通して宅配、または直接届けている。

有機野菜を日頃食している消費者、また有機農産物に関心のある消費者や取扱店等に、有機農産物の生産現場を知り、有機農産物の安全性を消費者自ら確認して頂きたく、実際に栽培している生産現場や農産物の試食・収穫体験等を行う消費者との交流会を、毎年7月に開催し、消費者の信頼確保に努めている。



8. 取り組みの成果及び今後の課題

メロンは、大変味が良いと評価を頂いている。また、有機農産物コーナーでは、メロンが並ぶと、消費者の目を引き有機農産物への関心が高くなっている。有機野菜詰め合わせセットでは、メロンを楽しみにしている人も多く、セット野菜の継続率を高めている。

しかし、メロンの収穫量が安定せず、計画的販売が出来ないため、今後さらに、栽培技術の向上を図っていかなければならない。

有機農業栽培体系の分類と特徴

西村 和雄

有機農業参入促進協議会

有機農業はピンからキリまで

ほとんど栄養分さえ投与していないのに、結構な量の農産物を生産している農家がいる。そういった事例の分析を重ねるにつれて、有機農産物の品質・姿形に、様々な違いが見られることに気がついた。姿形だけではなく食味や調理性といった、食べる行為にまで相当な影響がある。そして、このような現象のすべてが有機農業の生産方法に由来していることが、顕著になってきた。そこで、簡単ではあるが有機農業を、生産方法との関連を考慮しながらいくつかの類型に区分した方がよいのでは、あるいは区分しないと本当の意味での有機農業がなおざりにされるのではないだろうか、あるいは不安にも駆られ本論文を書くことにした。

有機農業を始めると

農薬や化学肥料を止めた瞬間から、ほとんどの方が有機農業を実践している、いやしているはずだと自負しているようである。ところがここで不思議な現象に出会うことになる。大部分の有機農業実践者は、農薬や化学肥料を止めた瞬間からそれらの代替物を考えがちである。つまり、農薬の代替物を使用しないことには病虫害を抑止できないと考えてしまう。あるいは化学肥料の代替物として収量に直接効果を見ることが出来る、窒素の多い畜糞を使用しがちである。

ところが、代替物を使用し続けていると、必ずと言っていいほど病虫害に出会うことになる。しかも現代農業のために育種された多収品種を使用すると、それは耐肥性品種であることが多く、養分を投与しないことには収量が期待できないのである。

畜糞を多用する理由がここにある。また別の理由からも畜糞を多用する例がでてくる。それは、特に新規就農者の場合、面積が小さいこともあって（大部分が借地）、農地からの現金収入が少ないため養鶏をする場合がよく見られる。ところが有蓄複合経営とは名ばかりで、養鶏規模が農地に比べて不適切に大きいというえに、鶏糞すべてを農地に投与する例がある。それが結果として硝酸



むかって左から右に向け、しだいにいびつな形になり、タマネギの下半身が小さくなっていく。タマネギは3回施肥をおこなう。元肥、寒肥、そして春肥。左は3回の肥がしっかりと与えられたタマネギ。元肥を入れず、寒肥までもさぼった結果、右のようなタマネギになってしまった。

態窒素の過剰を来たし、えぐい・苦い・まずいなどといった苦情を受けることになる。当然、窒素過剰の葉色は黒ずんだ色を呈する。

準有機農業（資材依存型）

上記のごとく投与資材を多用するのは、現代農業時代の癖が抜けきらないためである。資材をいろいろ使わないと作物収量は期待できないし、病虫害に遭いやすいからだと言う。

農薬の代替物としてニームオイル・ストチュウ・BT剤をはじめとする生物農薬や天然生理活性有機物を使用したがる。しかも、化学肥料の代替物としての窒素・リン・カリの量を気にし、天然鉱物としての硫酸マグネシウム(キーゼライト)やカルシウム資材・微量元素などを簡易土壌分析の結果からと称してドカドカ入れたがる。

この段階は何ら現代農業と代わりはない。単に代替物を使用して満足しているだけにすぎない。たとえ使用資材が天然化合物に変わったからといって、それだけで有機農業を実践しているとはとうてい思えない。しかし、多く見受けられる現象である。

それゆえに、準有機農業と名付けたのである。資材依存型あるいは、多投与型有機農業と言ってもいい。結果的に資材に依存して、それがなければ収量は得られないと考えている。

有機農業（資材依存型から低投与型へ）

さて、資材の多投与は結果的に病虫害を引き起こす。この点、消費者でも「緑が濃くないと、虫が喰ってないと、有機農産物じゃないわ」と公言される御仁もいる。それは大きな間違いであって、ホンモノの有機農業ではそうはならない。現代農業から有機農業への転換中、すなわち土壌生態系が、あるいは圃場とそれを取り巻く自然環境からの自然生態系の流入が安定を取り戻してくると、圃場環境は一変する。耕耘したり、有機堆肥を投与したり、あるいは収穫物を得るために掘り返す。そのような攪乱を常に受けているわけだし、農作物そのものが野生植物とは遙かに違った性質に作り替えられているのだから、「自然生態系の回復といっても納得できない！」と



ダイコンの葉は、左右ほぼおなじところから出るものだ。写真の葉は、ゆっくりと養分を吸収しながら着実に育ったからこそ、左右対称のきれいな葉になった。



養分をやり過ぎたメタボダイコンの葉。肥料を与え過ぎれば、たとえ有機栽培であっても葉の位置がずれてくる。

おっしゃる方もいる。そこはそれ、攪乱を受けてはいるがそれなりの生態系が現出するのも事実なのである。

さて、現代農業から有機農業への移行段階では、ある期間、資材の多投与は否めないことがある。それは圃場生態系が安定するまでの期間、養分・ミネラルのバランスや土壌生物の回復を早めるために、一時的な多投与があっても致し方ないと考えている。しかし、移行段階をすぎて安定期にはいると、投与資材はかなりの量が減らせることも事実である。低投与型と呼称するゆえんでもある。投与資材を減らしても、作物に必要な養分はむしろ効果的に吸収され、効率がよくなるために、無駄な流亡や逸失は減少する。葉色は浅い緑色になり、作物は見違えるような健康な姿になる。健康な姿。それは病虫害からの脱出でもある。虫が付きにくい。病気にかからない。人の健康状態と作物のそれとを同列に考えていただきたい。有機農業を実践している生産者や、農産物の供給を受けている、あるいは有機農産物を購入している消費者のあいだでは、常識的に言われている事実がある。それは、おいしい有機農産物には共通した特徴があることである。「切るとき堅くてバリバリ音がするほどだが、火を通すとすぐに柔らかくなる」というのだ。経験的に長い間言われてきたことだけに、それを無視することはできない。その意味では、同じく経験的に言われていることを解説してみよう。

葉色は薄い方がいい。決して葉色の濃さが美味しく良質の有機野菜を意味するものではない。それどころか、窒素不足でないかと思われるほどに葉色の薄い野菜が、ホンモノである。この場合、葉色が濃いのは決して葉緑素の多さを意味するものではないのだ。それが証拠に、葉色の濃い野菜を茹でると、茹で汁には明らかに葉緑素ではないと思われる黄色みを帯びた色が出てくる。そして、往々にして野菜の葉色が褪せてくる。ところが反対に葉色の薄い野菜を茹でると、茹で汁が染まらないばかりか、野菜の葉がより一層鮮やかな緑色になる。それがホンモノの有機野菜の証拠でもある、と同時に健康な野菜であることの証明でもある。市販の野菜が、すぐにジュルジュルに腐るのは当然のことながらホンモノではない。この段階の有機野菜があるとすれば、それはほとんどが多収を目指して堆肥成分や有機物、あるいはそれに準ずる資材をドカドカ投与している証拠でもある。これとは反対に、ドカドカ投与していないで生産された有機野菜は、腐りにくい。それだけでなく鮮度が良く、長持ちする。それがホンモノの証拠である。

事実、ホンモノの野菜を時々室内に放置したままにしておいても、腐ることはない。そればかりか、水分が次第に失われるだけで、まるで乾燥野菜のように萎れて縮んではしまいが、カビすら生えてこない。「そんなことがあるか?」と思われる御仁が多いとは思いますが、それはホンモノに出会っていないことを意味すると思っただいてよい。



この小松菜を見ると、葉脈が左右対称に、整然と出ているのが解る。どの葉も中央を亨葉脈を対称軸として、左右がきれいに対称になっている。

この点、往々にして有機野菜というのが、ドカドカと資材を投与して、見栄えはいいが中身としての野菜の本質を備えていないのではないかと思う例が多すぎるのである。

さて、ホンモノの有機農産物には、もうひとつ際立った特徴がある。それは対称性など規則性の保存である。生物である以上、当然のこととは思うのだが、こうした事実は「農」の世界では、あまり顧みられることはなかったと言ってよい。それよりも、でかい農産物、収量の多さ、緑の濃い野菜、外観の美しさを重視した品種、養分を多く与えればそれだけ応答して収量だけは立派な品種が求められた。

食味や、調理特性、そして何よりも健康であることの意味を追い求めないままに、作物のメタボ的側面だけを重視した栽培方法が、いまだに反省されていない。これは、一部の有機農産物にも該当する事実である。

低投与型から低栄養生長型の有機農業へ

さらに低投与型のホンモノの有機農業を続けてゆくと、その先に見えてくるのは、資材をあまり必要としない、それこそ 21 世紀型の未来農業でもある。そして、さらに低投与型有機農業を進めてゆくと、行き着く先に見えてくるのは低栄養生長型ということになる。この段階に至ると栄養分がかなり低い状態、ただし貧栄養状態というのではない。そここのところがかなり違うのであるが、少ない養分をうまく使いまわしながら着実に生長する作物となる。それには、遺伝子型がメタボ型から質実剛健型に変容してゆかねばならない。

人の遺伝子に変化するには一世代で 4 分の 1 世紀を必要とする。つまり生殖を開始した時点が、次の遺伝子型への転換の始まりといえるからである。ところが作物では数カ月で一世代が終了する。そこに、われわれが遺伝子は変化しにくいものであると、つい考えてしまう誤った観念が存在することになる。遺伝子は常に変化する。そう言うものなのである。その変化を保存してゆくことこそが生物の進化とつながることなのだと思う。

それゆえにこそ、自家採種を続けてゆくことが、環境適応型のすぐれた遺伝子を生み出してゆく過程に他ならない。

対症療法的農業からホリスティック農業へ

現代農業から有機農業へと渡る過程は、OS の違いとでも言うべきか。農地をコンピュータチップに例えよう。それを運用するソフトが異なるのだと思えばよい。すなわちウィンドウズとマックあるいはリナックス、はたまたユニックス。つまり同じチップを動かすのに、OS が違うと当然のことながら使い方も違ってくる。その例えが現代農業と有機農業との違いとでもいえないだろうか。

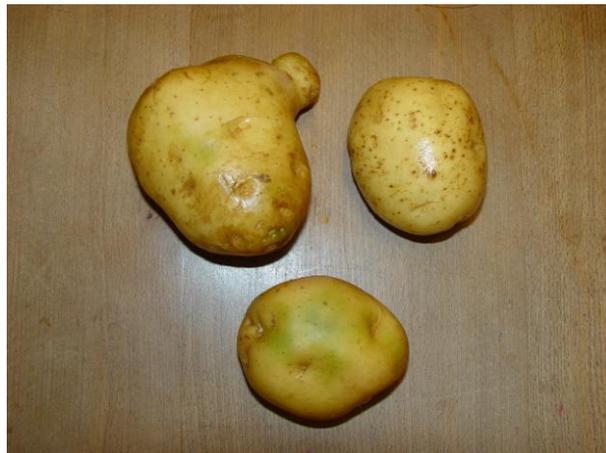
有機農業では、圃場全体を一つの生態系と見なして、無数の生物がうごめき生きている環境ととらえている。その風景の中に作物も自ずと自らの位置を確保しているから見なすことが出来る。それは窒素とリン、カリを与え、土壌を単なる養分の保持媒体と見なし、水と太陽さえあれば農

産物が確保できると見なす（単純に言い過ぎたかな）現代農業とは隔絶の感がある。ましてや害虫や病気が出るときの対応の仕方にはもっと大きな違いが見られる。

現代農業では害虫の出現に対応すべき、あるいは病気の出現に対応するために薬剤のマニュアルがある。そのマニュアルに従えば、効果観面となる。有機農業にはこうしたマニュアルは存在しない。自然そのものが持つ、あるいは圃場生態系が自律的に持っている環境維持機能が抑止力に該当する。そのために害虫は「ただの虫」になり、雑草はフツの草になり、病原菌と呼称されるような生物は存在しなくなる。それらが本来持つべき役割と生存する意義、あるいは意味を持って生きている。

有機農業では、単純な作付けはしない。コンパニオンプランツを導入したり、バンカープランツを意識的に栽培したりすることで生態系を維持するような環境を整備する。我々は整備するだけで、それを実行するのは生態系の構成員であり、それが自律的に機能すると害虫・雑草・病原菌という、根元的な差別用語は存在しなくなる。あるいは意味をなさなくなる。

圃場でおこる様々な出来事をバラバラのものとして見なし、それぞれに応じた対処方法を採用するあり方から、圃場全体を一つの生態系と見なし、全体的、統一的にとらえるなかで、その時々に応じた方法を採用する有機農業への転換には、ここで紹介した、基本的なスタンスの違いを、まず認識することが大切である。



生育がおかしかった 3 種類のジャガイモ。下のジャガイモは表面が緑色になっている。土よせをしていなかったため、太陽光を浴びて緑色になってしまった。上右のジャガイモは膚がブツブツと荒れ、ソウカ病が出てしまった。石灰をむやみに散布した証拠。石灰のやりすぎである。上左のジャガイモは、形がいびつで大きい。これは窒素肥料をやり過ぎで、本来の大きさを逸脱して肥大してしまったため、いびつな形になった。切ると、中は空洞になっており、水っぽくて不味いジャガイモ。

※ 本原稿は 2008 年 10 月 6 日に島根県立大学にて行われた「有機農業大学講座 in 島根・浜田」資料集に掲載したものです。

表 栽培体系の分類と特徴

農産物の品質に及ぼす栽培方法の種類		現代農業	準有機農業＝移行段階か収量重視(資材依存型)	有機農業	
				(低投与型)	(低栄養生長型)
主に使用する資材	化学肥料・農薬	農薬の代替物としての天然物 化学肥料の代替物としての畜糞主体有機堆肥	農薬の代替物としての天然物 化学肥料の代替物としての畜糞主体有機堆肥	作物に投与するのではなく土壌生態系の円滑な動きを目的に投与する。植物質主体の堆肥	作物に必要な栄養分はかなり少なくても、それを使いまわしながら作物自体が自律的に生長する。
病害虫の防除	合成化学農薬に依存して防除	ニームオイル・ストチュウ・重曹・フェロモン・BT剤をはじめとする生物農薬	ニームオイル・ストチュウ・重曹・フェロモン・BT剤をはじめとする生物農薬	作物の健康状態と圃場生態系の成熟度に依存する場合が多い	成熟した圃場生態系とともに作物が頑強な抵抗性を持っているため問題にならない
野草(雑草)の扱い方	除草剤を使用し徹底的に駆除	おおむね野草を妨害物として除草しており、管理機をはじめとする機械防除や農具を用いた人力の防除が多い	おおむね野草を妨害物として除草しており、管理機をはじめとする機械防除や農具を用いた人力の防除が多い	刈り敷きを基本とする草マルチや共生牧草を利用し、どちらかという共通する草生栽培をよくみかける	同左
種子	F1、肥料応答性にすぐれた多肥多収品種(耐肥性)	おおむね同左	おおむね同左	在来種または自家採種によって少肥栽培が可能な品種を育てている	在来種または自家採種によって少肥栽培の遺伝子が育成されている
作物としての特性	葉色	化学肥料の多用による窒素の過剰吸収で黒ずんだ緑	窒素分の多い有機物(畜糞)の多用による窒素の過剰吸収で黒ずんだ	鮮やかな浅緑色	同左
	収穫物としての作物の姿型	外観だけは統一されて姿形は立派だが、対称性や規則正しい発根・葉の展開が崩れている。	外観にこだわることもあるがあまり気にはしていない。対称性・規則性については同左	対称性は正確に保持され葉の展開や発根は規則正しい	同左
日持ち	放置すると	日持ちせずにすぐに腐敗する。腐敗臭がきつい。密閉容器中では特に強い腐敗臭がする	日持ちせず腐りやすい。腐敗臭に混じって投与資材のにおい(鶏糞・豚糞)がする	日持ちし腐りにくい。包装袋中で放置してもズルズルに腐敗しにくい。	日持ちがし、腐りにくい。包装袋中で放置してもズルズルに腐敗しない。放置するとそのままミイラになり密閉容器中でも腐敗せず発酵する
	萎凋からの回復	萎びたものは水に浸けても容易に回復しない。	同左	萎びた場合でも水に浸ければシャキッと復帰する。	同左
調理特性	刃物で切ると	スカスカで抵抗感がすくない	同左	バリバリ音がするほど堅い	同左
	火を通すと	火が通りにくく、芯が硬いまま。ゴリゴリ感がとれず、味がしみ込みにくい。煮崩れしやすい。	ややもすると左の通りになり、施用資材の匂いが漂うことがある。煮崩れする。	すぐに火が通り、味も染み通る。煮崩れにくい。調理時間が短い。	同左
食味	外観は立派だが、おおむね味がうすい。菌応えがあまりない。	左ほどではないが、資材の投与程度によっては同様となる。野菜本来の味は薄い。	左ほどではないが、資材の投与程度によっては同様となる。野菜本来の味は薄い。	美味しく、食材本来の味がするが、けっしてどぎつくない。	ほとんど生食できる。ほんのりとした甘みがあり菌ごたえ抜群。それでいて決して堅くはない。
<p>* 有機農産物は、現代農業は考慮の対象外として、資材依存型から低栄養生長型の4段階に分ける 特A: 低栄養生長型農産物 A: 低投与型に完全に移行した農産物 B: 低投与型の途上段階で、Aの一手手前。圃場生態系が未完成で品質にばらつきあり。 C: 資材依存型 * 表示は消費者への分かりやすさを重視し、有機農産物(特A、A、B)と準有機農産物(C)との2種類とするのが良いだろう。</p>					

MEMO

第3部

現場での利用を目的とした

有機農業技術の開発

トウガラシ類の施設栽培における 生物的肥培管理技術・病虫害抑制技術導入による 有機農業安定生産技術体系の高度化

津田 新哉

(独)農研機構・中央農業総合研究センター

はじめに

近代農業では、農産物の安心を確保する観点から化学農薬および化成肥料等を全く使用しない有機農業栽培が注目されている。そのような限られた栽培体系において、病虫害を防除し経済的安定生産を図るためには、病原体に対抗する拮抗微生物など生物間の均衡力や肥料の効率的吸収を促進する土壌微生物の利用が効果的である。

そこで、農林水産省委託研究プロジェクト「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発・低投入・循環型食料生産の実現に向けた技術開発」のB-3系「有機農業の生産技術体系の確立」では、東海・近畿地域のトウガラシ類を対象に新規就農者向けの有機栽培マニュアルを開発している。また、トウガラシ類で発生する病虫害対策技術開発の一環として、青枯病、疫病等の複合抵抗性台木品種、微小害虫アザミウマの被害を低減する天敵利用技術の開発、かすり状えそ病の防除資材となりうる弱毒ウイルス等の個別技術の開発も併せて実施している。

1. 東海地域における甘長ピーマンの有機栽培マニュアルの開発

岐阜県の甘長ピーマンハウス栽培は作期が3月から9月まで7カ月間と長く、この間の施肥は被覆肥料140日タイプの全層基肥と畦間への追肥が行われている。本栽培体系において全量有機への転換を想定した場合に被覆肥料同等の持続的な窒素肥効が得られる有機質資材はない。このため基肥、追肥の配合バランスを変えた新たな施肥体系の構築が必要となり、施用する堆肥・有機質肥料の肥効特性を踏まえた上での施肥が必要となる。岐阜県では、これまでの研究から家畜ふん堆肥の窒素肥効について速効性・緩効性に分けた評価手法を確立しつつある。そこでこの研究蓄積を活用し、堆肥の基肥相当・追肥相当で作用する窒素を把握し、その上で生じる不足分を他の有機質肥料（家畜ふん堆肥は窒素に対しリン酸・加里が多量に供給するため、追肥には安価な窒素主体の有機質肥料を利用）で補うことにより、環境負荷に配慮した低コストな有機施肥体系を確立する。

病害については、岐阜県の甘長ピーマンのハウス栽培（半促成作型）で被害のあるウイルス病及びうどんこ病を対象に有機栽培に適した防除体系を構築する。甘長ピーマン生産では土壤伝染

性ウイルスによる被害が拡大しており、本病を防除するために、既存の弱毒ウイルス株の干渉作用を利用した被害軽減技術、並びにそれら弱毒株と太陽熱による土壤消毒等との組み合わせによる防除技術を開発する。また、うどんこ病に対しては市販の微生物資材や JAS 有機栽培で使用可能な防除技術による対処法を開発する。一方、虫害については、アブラムシ類、アザミウマ類、タバココナジラミ (Biotype Q)、チャノホコリダニ、ハスモンヨトウ等、多くの害虫による被害が懸念される。これらの害虫に対しては、防虫ネット (目合い 0.3~0.4mm)、反射シート及び粘着テープ等の栽培施設内外への資材整備による侵入防止を行い、これらを補完する防除手法として市販天敵資材さらに既存のブースター天敵等を用いた総合防除技術を開発する。また、開口部への防虫ネットの展張はハウス内気温の上昇による作物の生育不良並びに減収が懸念されるため、施設内気温や湿度等の環境の変化を常時観察しながら換気扇・循環扇等資材の導入を適宜検討する。次に、ウイルス病発生圃場では、土壤中に残存する病原ウイルス分布の状況を ELISA 等により把握し、in vivo 実験系において有機栽培に適した汚染土壤消毒の条件等を決定する。それら条件を整えた土壤消毒法を現地生産圃場で実証し、産地で持続的に使用可能な耕種的土壤消毒法を確立する。さらに、土壤伝染性ウイルスの未発生圃場を調査し、現地で発生しているウイルス病防除に効果的な微生物等の探索や、土壤中のウイルス濃度を測定し検出される病原濃度で次作での被害発生を予見するリスク調査技術を開発する。また、甘長ピーマンの輪作体系の一巻として栽培されているシュンギクは当該ウイルスに罹病性であることから、本ウイルスに感染しない代替作物を探索しシュンギクからの転換を図る。

これら一連の個別技術を組み合わせ、県内の甘長ピーマン産地で適応可能な有機栽培技術の体系化を図る。有機質資材を用いた肥培管理体系、物理的並びに生物的手法等を組み合わせた病害虫防除体系、さらに本プロジェクトの共同分担研究機関の野菜茶業研究所で開発される青枯れ病抵抗性台木等による主要病害回避技術を中心に JAS 有機に適合した総合的な栽培管理技術体系を構築し、地域普及センターとの連携の元でその技術体系を経済的に評価しながら県内産地で実践可能な栽培マニュアルへと高度化する。

2. 近畿圏で生産する伏見甘長トウガラシの有機栽培マニュアルの開発

京都府は、植物の根圏に生息する根圏細菌の中で PGPR (Plant Growth-promoting Rhizobacteria; 植物生育促進根圏細菌) の利用技術に多くの研究蓄積を有する。PGPR の中には、植物の生育を促進するのみならず、土壤病害を抑制したりする有用機能も併せ持つものがある。京都府では平成 11 年にトウガラシ類に対して増収効果と青枯病抑制効果を示す *Pseudomonas putida* CA21 株を分離・選抜し (特許取得)、民間企業との共同研究により製剤化した。さらに、本製剤の育苗時及び定植後処理と肥効調節型肥料の併用により、20~30%増収と慣行施肥量からの 30%減肥を同時に達成する栽培技術を確立し府内のトウガラシ産地に普及させた。近年、トウガラシ栽培農家の多くで有機栽培への関心が高まり、PGPR についても有機栽培条件下での適用

が求められている。ところが、PGPR の利用は各種堆肥施用条件下での効果発現を始め、有機栽培条件下での適用には不明な点が多く、広く普及できる技術にまで至っていない。そこで本研究課題では、各種堆肥や有機質肥料などトウガラシ有機栽培で想定される肥培管理条件下での PGPR 菌株の定着条件及び増収効果発現の様相を明らかにするとともに、有機栽培においても慣行栽培時と同等の効果を得るための PGPR 製剤及び堆肥・有機質肥料の施用法を開発する。

青枯病は土壌中の水系により伝搬する難防除土壌病害であり、現状では抵抗性品種の利用が最も効果的と思われる。京都伝統野菜の 1 つである「伏見とうがらし」も、国内のピーマン・トウガラシの中で最も青枯病に抵抗性であるとされるが、近年、施設トウガラシを中心に強い病原性を示す青枯病菌株による被害が発生している。一方、野菜茶業研究所においてこれまでの抵抗性品種よりさらに強力な抵抗性素材が見いだされた。京都府では、この素材が国内の広い菌株に対して抵抗性であることを明らかにしたが、その素材は台木品種として育成されたことから自根品種の利用が根幹となる府内トウガラシ産地の栽培には適していない。そこで京都府が有するトウガラシ資源の中から、栽培形質 DNA マーカーやゲノム全体のグラフ遺伝子型を用いながら接種検定による青枯病抵抗性評価を行い、自根の青枯病抵抗性「伏見とうがらし」を効率的に育成する。また、全国の菌株や各種栽培条件に対する抵抗性評価を行うとともに、青枯病抑制効果を示す PGPR 菌株と組み合わせた利用方法とその適応範囲を明らかにする。

さらに、トウガラシ産地において青枯病の他に問題となる病虫害としては、うどんこ病、モザイク病、アザミウマ類、ハダニが挙げられるが、これらに対しては既存の生物防除剤や既存の弱毒ウイルス、さらにブースター天敵等での対応が考えられる。そこで、これらによる病虫害防除技術と本課題で開発する青枯病抵抗性自根品種を組み合わせた生物的病虫害管理技術、並びに PGPR 製剤及び堆肥・有機質肥料施用による生物的肥培管理技術を現地トウガラシ農家に導入し、適用上の問題点を摘出すると共に導入技術の経営的評価を行い、伝統京野菜である「伏見とうがらし」の有機栽培の体系化を図る。

3. 青枯病、疫病等の複合抵抗性台木品種の育成

ピーマン・トウガラシ類の栽培において、青枯病および疫病は生産の不安定性を招く最大の要因である。その対策として、野菜茶業研究所では、ピーマン・トウガラシ類の青枯病・疫病等に複合抵抗性を示す台木用品種「台パワー」を育成した。当該品種は、ピーマンやパプリカの台木としての導入面積が増加しつつあるが、西日本で栽培が多いシントウや伏見トウガラシ等の台木としての適性は低い。そこで、「台パワー」と同等以上の青枯病・疫病抵抗性を有し、シントウや甘長トウガラシの台木としての適性が高い品種を育成する。

本課題では、これら固定系統および固定系統間の組合せで作出した F_1 系統の病害抵抗性を評価するとともに台木としての適性を検定し、新たな複合病害抵抗性台木用品種を育成する。また、

その品種を利用した青枯病・疫病回避技術を開発すると共に、主として岐阜県のピーマン産地で開発する有機農業栽培体系における基幹技術として連携を図る。

4. 数種天敵を複合的に活用した天敵昆虫利用技術の開発

施設トウガラシ類の最重要害虫であるアザミウマ類の被害を最小限に抑え生産性を安定化するための手段として、慣行栽培では化学合成農薬が使われてきた。しかしながら、有機農業ではその方法は使えない。そこで、化学合成農薬の代替物として生物農薬の使用が期待される。生物農薬の中でも天敵昆虫がアザミウマ類の防除に効果的であることから、一部の産地ではその利用が積極的に導入されており、特にタイリクヒメハナカメムシは施設果菜類で効果を発揮する天敵昆虫として注目されている。一方、本種は餌要求量が多いため、アザミウマ類が高密度で存在するときには安定した防除効果を発揮するが、低密度のときは定着性が悪くその効果が劣ることがある。本研究課題では、アザミウマ類の天敵でもあり、また植物の花粉等も食べる雑食性のアカメガシワクダアザミウマをブースター（補強資材）として活用し、この種をタイリクヒメハナカメムシの代替餌として定着性を高める技術を開発する。上記2種は関東以西に広く分布しており、平成21年度から一部の地域で土着天敵を人工増殖させて農家に無料配布する「天敵特区」構想が動き出したことから、これら防除技術にかかる経費は低コストになることが期待される。アカメガシワクダアザミウマの生物学的特性についてはここ数年多くの報告がなされ、ブースター天敵として有望であることが示されている。そこで、それらの知見を利用し、施設ピーマン等における上記2種の放飼方法（時期、場所、密度等）および先行放飼するアカメガシワクダアザミウマの定着性を高めるための手段を検討・実証するとともに、そこで確立した技術を岐阜県あるいは京都府で開発するピーマン・トウガラシ類の有機農業栽培体系に連携する。

5. 土壌伝染性等ウイルス病に対する弱毒ウイルスの開発

中央農業総合研究センターでは、ピーマン・トウガラシ類の有機栽培において被害発生が予見されるモザイク病に焦点を絞り、本病を予防するための弱毒ウイルスを選抜・利用することで、岐阜県および京都府で開発する有機農業栽培体系に填補可能なモザイク病の生物防除技術を開発する。

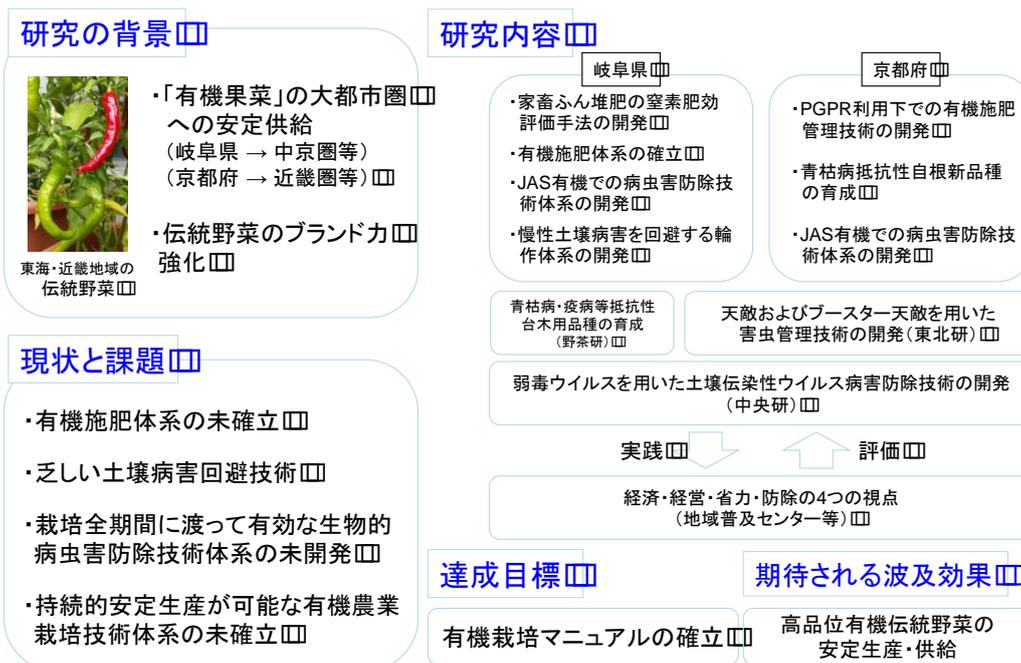
ピーマン・トウガラシ類で発生するモザイク病は、感染葉に凹凸を伴う明瞭なモザイク症状が現れ、その果実は奇形、果皮が黄化し商品価値を大きく損なう。感染植物では、著しい生長抑制、時には感染植物体の分岐点等に形成される離層により落葉・落果が発生し、収量が極端に減少する。また、本病は容易に種子・土壌伝染する。ウイルスが病源である本病を有機栽培において効率的に防除するためには、弱毒ウイルスを用いた生物防除法が最適である。本研究では、当研究センターでこれまでに開発してきたモザイク病予防弱毒ウイルス株を用い、それぞれの産地で利用されているピーマン・トウガラシ品種の幼苗に予防接種した免疫化苗の生産システムを開発す

る。予防接種した種苗は現地生産圃場において定植し、(1)発病生産圃場における予防効果、(2)農作業時の経済性・省力性、(3)環境・他作物への影響、の三点を評価基準として、無接種区の結果と比較しながら、地域普及センター等との連携の元に各産地で開発する有機農業栽培体系への導入を図る。

終わりに

食の安全安心、健康志向や農業の環境影響への関心の高まりを背景に、有機農産物に対する需要が増大する中で、国内有機農業生産の拡大が期待されている。しかし、わが国の有機農業生産は実践農業者の技術が経験則として語られることが多く、科学的な分析に基づいて技術が汎用化されることが少なかった。このような中で、平成18年に「有機農業の推進に関する法律」が施行され、それに基づき農林水産省が公表した「有機農業の推進に係る基本的な方針」では有機農業の科学的解明や生産技術体系の開発が求められている。本研究では、地域の有機資源を活用した持続的な農業生産方式を確立するため、有機農業技術が成立している要因を、先進的な実践技術が内包している病虫害雑草抑制や作物養分供給機構等の解析を通じて科学的に解明するとともに、その再現の可能性を検証する。また、有機農業の推進に資するため、各地域で展開されている有機農業技術の高度化を図りつつ、生産技術体系を構築する。これら一連の研究を通じて、東海・近畿地域のトウガラシ類施設果菜栽培において実践的な有機栽培マニュアルを確立したいと考えている。

東海・近畿地域のナス科施設果菜栽培における生物的肥培管理技術・病虫害抑制技術導入による有機農業安定生産技術体系の高度化



有機農産物の風味を考える

～植物の栄養生理と環境応答から～

田中 福代

(独)農研機構・中央農業総合研究センター

はじめに

農産物の品質には栄養価・機能性・貯蔵性・新鮮さ・安全性など、多くの要素が含まれる。中でも、多くの消費者は有機農産物に対して「風味のよさ、安全性」を期待しているものと思われる。ここでは、農作物の風味を含有成分から考えてみたい。その際、有機肥料の効果と、農薬の不使用という二つの効果について別に検討することにする。有機 JAS 規格では有機農産物を肥料と農薬の二つの側面から規定しているが、あえて、養分吸収という植物自身の問題と、無農薬で生じる「植物と病害虫を含む環境・生物とのやりとりの変化」を分けて考えることで見えてくるものがあると考えられるからである。

1. 養分吸収の側面からの検討

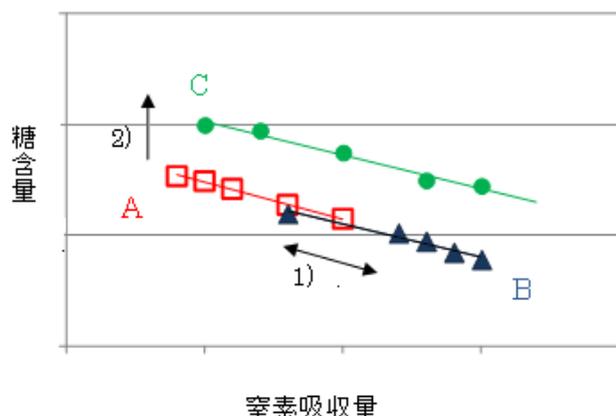
作物の品質関連成分として、一般的には糖、有機酸、アスコルビン酸（ビタミン C）、硝酸などが分析の対象とされている。さらに、作物によっては独特の成分が追加される場合がある。シュウ酸（ホウレンソウ）やカロテノイド（ニンジンのβ-カロテン、トマトのピコリン）などがその代表である。上記の中では、糖やアスコルビン酸、カロテノイドは好ましい成分としてできるだけ高濃度、硝酸とシュウ酸は好ましくないので低濃度にする技術が求められてきた。

なお、硝酸については、健康上の問題は以前考えられていたより小さいとする考え¹⁾が出されている。しかし、高濃度の硝酸蓄積は過剰の窒素施肥の象徴であり、環境負荷につながることで、糖含量と負の相関がある（一方が増えると一方が減る）という意味もあるので、取り上げることにする。

品質関連成分の濃度を考える上で基礎的な事柄として、作物の窒素含量と糖含量の関係の模式図を示した。多くの研究事例から、同一品種で、よく似た栽培条件では、窒素濃度が増加すると糖類やアスコルビン酸含量が低下するという関係が報告されている（図1のAとBの関係）。水分ストレス（土壌の乾燥）で糖度が上昇することはよく知られているが、この窒素と糖の負の相関という法則が成立している上で、生理的状态の変化により糖度を引き上げるもので、図1では（A-B）のラインをCに引き上げる²⁾の関係となる。

これらの関係は、農産物の成分濃度が変動する原因を考える上で重要である。有機と慣行の生産物の糖含量に差があってもそのデータだけでは違いの理由はわからない。それぞれのサンプル

3 点以上の窒素吸収量と糖含量を測定して、その関係が図 1 で 1) のように同じ直線上に載っていれば、その差は窒素吸収を中心とした栽培管理の結果と考えられる。2) の関係であれば、何かの生理的要因によって糖の増加（または減少）が起こったと考えられる。



- 1) 同じ圃場では、肥料の条件を変えて栽培すると、窒素吸収量が少ないと糖含量は高くなり (A)、多いと低くなる (B) …… A と B の違いは肥料の質より養分(窒素)吸収の相異なるによる
- 2) 窒素吸収量が同じでも糖含量が高くなる場合 (C) ……生理的条件の影響などが考えられる。たとえば水分ストレスなど

図 1 窒素吸収量と糖含量の関係 (イメージ)

逆に、窒素吸収量の増加は多くの野菜で硝酸・アミノ酸含量の増加に繋がる。図示するなら右上がりの直線になるが、窒素吸収量と成分濃度の関係の考え方は糖の場合と同様である。

1-a. 有機農産物と慣行作物の比較事例

有機農産物と慣行栽培作物、あるいは有機肥料と化学肥料で栽培した作物の含有成分を比較した事例は多い。ところが、市販の農作物や生産者から集めた試料を比較する方法では、有機・慣行の栽培間で品質関連成分の含量に有意な差や普遍的な傾向が認められた例は報告されていない。その原因として、有機、慣行のグループの中の差が大きいことがあげられている²⁾。

そこで、試験圃場で、養分吸収パターンや生育速度、栽培土壌の養分動態や物理性など、品質に強く影響する多くの要因の影響を考慮した上で品質を比較した例と、代表的な農家の生産物を比較し、違いのあった成分についてその要因を探った例を紹介する。

コマツナ³⁾: 1) 土壌の肥沃度が異なる有機、慣行圃場で、それぞれに3段階の量の鶏ふんか硫酸を施用して栽培し、いろいろなサイズに育ったコマツナを同一日に収穫・解析した。1株重の増大とともに硝酸含量は増加、アスコルビン酸含量と Brix 糖度は減少した(圃場、供試肥料の種類に関わらず)。この中から1株重が同程度であった有機区と化肥区のペアを選んで比較したところ、どのペアでも生育経過や収穫物の成分濃度はよく類似していた。以上から、コマツナの品質は、吸収窒素の由来よりも1株重や窒素吸収経過・生育経過の影響が強いと考えられた。

2) 1株重が同程度でありながら同一サイズに育つために要した日数が異なるコマツナの品質比較を試みた。すなわち、収穫を播種26、29、33日後の3回行った。1株重が同等で、生育日数が異なる化肥区と有機区の試料群の成分含量を比較したところ、総アスコルビン酸含量は肥料の種類や生育日数を問わずほぼ同程度であった。一方、硝酸塩含量と窒素吸収量は、肥料の種類を問わず生育日数の長い(すなわち、生育速度が遅い)試料の方が少ない傾向を示した。

この事例は、コマツナの場合、よく似た生育をした作物では含有成分は近似であり、有機・慣行の影響は小さいこと、有機質資材は全般に肥効が緩効的である事を考慮すると、有機野菜は慣行野菜より生育速度が遅くなり、高品質が期待できることを意味している（ただし、有機栽培でも肥料や堆肥を多投すると硝酸塩含量は高まる）。

ミニトマト⁴⁾：生産農家の出荷基準で採取したミニトマト果実の品質成分では、アスコルビン酸とリコペン含量は有機栽培で有意に高く、クエン酸含量は慣行栽培の方が高い傾向にあった。ところで、トマト果実では熟度が進むにつれてアスコルビン酸とリコペン（カロテンの一種、トマトの主要な赤色素）は増加し、酸含量は低下することがわかっている。ということは、有機栽培の方が完熟に近い状態で採取されたことが成分含量の差をもたらした可能性がある。

そこで、成分の差が熟度（収穫のタイミング）と、栽培法の違いによる生理的な違いのどちらが要因かを検討した。技術水準が同等で、地理的に近い有機、慣行農家をペアとし、同一日に同一の基準で3段階の熟度（完熟期、成熟期、半熟期）の果実を収穫し、同様に調査した。その結果、同じ熟度の果実ではアスコルビン酸、リコペン含量に栽培法による有意な差はなかった。一方、クエン酸とアミノ酸含量は慣行栽培で、糖含量は有機栽培で高い結果となった。しかも、クエン酸と遊離アミノ酸は、1週間の保存後でも差が継続した。

これらから、アスコルビン酸・リコペンについては主に出荷時の果実熟度の違い（人為的要因）によるものであり、クエン酸と遊離アミノ酸については、何らかの生理的な相違があったと考えられた。

スイートコーン⁵⁾：建部は堆肥施用の有無や肥料の施用量と土壤中の硝酸濃度の推移およびスイートコーンの窒素吸収量の関係から、窒素の由来にかかわらず、土壤中に放出された硝酸の積算量と作物の窒素吸収量の相関が高いこと、収穫適期の糖含量は作物の窒素吸収量によって決まることを明らかにした。一方で、堆肥施用により収穫適期が早まり、それは堆肥中のリンの供給による初期生育の促進によるものと推定している。今後、堆肥中の有効態リンと品質の関係についても検討される必要がある。

1-b. 吸収されるときに窒素の形態 ～硝酸，アンモニア，アミノ酸

岡崎らは水耕栽培でホウレンソウが吸収する窒素のアンモニウム塩と硝酸塩の量や比率を変化させて、生産物中の糖、有機酸、アミノ酸の組成の違いを調べた。1-a のコマツナと同様に、窒素濃度が高いとアミノ酸・有機酸類の濃度が高く、糖は少なかった。アンモニウム塩と硝酸塩の関係では、アンモニウム塩比率が高いとアミノ酸濃度が高まり、シュウ酸などの有機酸類濃度は低くなった⁶⁾。吸収されるときに化学形態が作物の物質代謝に影響しているエビデンスとして注目される。

アミノ酸の直接吸収には強い関心もたれている。二瓶はアミノ酸の作物による吸収を同位体標識により詳細に調べた⁷⁾。その結果、イネではアミノ酸を比較的低濃度でも吸収でき、その速度はアンモニア態窒素並みであること、光合成によらず炭素を取り込めることのメリットなどが

明らかとなった。一方、そのアミノ酸は、根の表面にとどまり、地上部への移行は少なかった。有機栽培のイネでは根系がよく発達したが、アミノ酸の直接吸収の寄与が示唆された。

有機栽培におけるアミノ酸吸収がイネの生育におよぼす影響については、実際の水田土壌のアミノ酸とアンモニア態窒素量を実測し、イネの吸収量に対する両者の寄与率（効果の割合）を評価する必要があるだろう。現在進行中の農水省委託プロジェクトでも、この点に注目して実施しているところである。

品質との関連では、現在のところ、有機質資材の投入によって実際に土壌中のアミノ酸濃度が増加し、それが作物（可食部）のアミノ酸含量に反映した報告は見当たらない。吸収されたアミノ酸が根にとどまるとすれば、特に根菜類での成分濃度の変化が注目される。

いくつかの分析例を挙げながら作物の品質に関わる成分の変動とその変動要因を考察してきた。主要な品質成分含量は有機・慣行栽培によらず、養分吸収や生育経過の履歴によって決まり、作物のサイズ、窒素吸収量などの条件がそろえば差は見られなくなることが判明しつつある。それは、残念ながら、認証を受けた資材であっても、多量施用など適用を誤ると、高品質作物は得られないということも意味している。

有機農産物に一般的な品質関連成分含量のメリットがあるとするならば、大部分は緩やかな生育や適正な養分吸収と、新鮮さや完熟の度合い、土壌の良好な物理性（水分状態）ではないだろうか。その他に養分吸収の観点からは、アミノ酸の直接吸収や堆肥中の有効態リンなどが、品質を押し上げる要因となる可能性がある。その場合、作物の生育を介して派生する影響と推定されるので、検証は難しそうである。

このようにみえてくると、農産物を有機と慣行の二つに分類して糖・有機酸・硝酸塩などの品質関連成分を議論するのは難しいことがわかる。これらの成分の変動要因としては、むしろ、養分管理や生育経過に目を向けるべきではないだろうか。

2. 農薬不使用と生物間コミュニケーション

もう一つの、農薬の使用の有無が作物の品質に及ぼす影響について見ていくことにする。

植物は病害や食害、感染などに対して抵抗性を誘導することができる。それは、例えば害虫から食害を受けた植物がガス状の物質（揮発性成分）を大気中に放出し、害虫の天敵を呼び寄せて害虫退治を仕向けたり、周りの植物に害虫がいることを知らせたりする。その情報をキャッチしたご近所の植物は、予め害虫の加害に対して備えることができる（葉を硬くする、とげを作る、有害物質を作るなど）。他にも、共生菌や病害微生物の感染など多くの場面で、植物は揮発性物質を発して情報を発信している。これらは、単に植物と加害、共生関係にある生物の当事者たちだけに関係しているのだろうか？

無農薬栽培の作物では、程度の差はあれいくらかの病虫害の攻撃や被害を受けていると考えられる。化学情報物質や防御物質は人にも感知できるものが多い。だから、無農薬で栽培された作物では味や香りが変化している可能性は高い。そこで、植物が利用する化学伝達物質や防御物質が作物の風味に影響を与えていると考えられる例を紹介する。

2-a. ウンカの加害がウーロン茶の品質を決める

台湾の飛び切り高価な赤烏龍茶の「香濱烏龍（東方美人）」は、強いマスカット様の馨しい甘い香りを持ち、茶樹に農薬を一切使わず、ウンカ（チャミドリヒメヨコバイ）が飛来して食害された若芽だけを原料とする。川上はこのマスカット様の香り物質はウンカの加害によって生じる2物質（2、6-ジメチル-3、7-オクタジエン-2、6-ジオールと3、7-ジメチル-1、5、7-オクタトリエン-3-オール）であることを見出した⁸⁾。これらの物質は、害虫ウンカの天敵を誘引する他感物質（アロモン）と考えられている。

このウンカと茶葉の香りの関係は、栽培法が農産物の香り品質に決定的な影響を与えることを示す典型的な例であろう。

2-b. セジロウンカの加害がいもち病・白葉枯病発症を抑制する

イネにおいては、セジロウンカが加害するといもち病斑や白葉枯れ病斑が抑制されることがわかった⁹⁾。セジロウンカに加害された稲の葉からは2-ヘキセナールという物質の放出量が増加すること、イネの葉をこの物質にさらしたあとで白葉枯病菌を接種すると、さらさないまま接種した葉より病斑が小さくなったことなどが報告されている。

2-ヘキセナールは、ここでは抗菌物質として作用しているとみられるが、別名青葉アルデヒドとも言われるように、緑の香りとしても知られている。また、炊飯からも検出される成分であるが、イネの可食部（白米）成分への影響や食味との関連では検討されていない。むしろ、葉菜類などで害虫の加害に反応してこの物質が放出されれば、風味に影響する可能性は高いだろう。

2-c. リンゴにおける農薬散布の有無は葉・果実からの揮発性成分に影響する

果樹研リンゴ拠点の慣行防除と無農薬栽培のリンゴ果実と葉の揮発性成分を網羅的に分析した。無農薬リンゴ果実は病虫害の甚だしい被害を受けており、収穫期になっても十分熟していなかったため、両者の香気成分組成は大きく異なった。芳香と関連する有機酸エステルや低級アルコール類は慣行栽培の果実に多く、無農薬では *n*-ヘキサナールなど緑の成分が多かった。

さらに、6月半ばの葉の香気成分を比較すると、慣行防除区では芳香性のある有機酸エステル類濃度が高く、無散布区ではサリチル酸エステルやベンジルアルコールなどの抗菌性物質濃度が高い特徴があった¹⁰⁾。

2-d. 有機ニンジンの香気成分

中央農研圃場での慣行区と有機栽培区（転換3年目）から収穫した健全に生育した市販サイズのニンジン各6本について55の香気成分を分析し、成分組成の類似性でグループ分けをすると、

両者は分類できた。また、分析した有機ニンジンには岐根を生じていなかったにもかかわらず、香气成分の特徴は、いろいろな圃場から集めた岐根ニンジンと似た傾向があった。岐根の原因は様々だが、有機ニンジンの物質代謝の変化やそれに影響した要因について解析する手掛かりになると期待している(田中、未発表)。

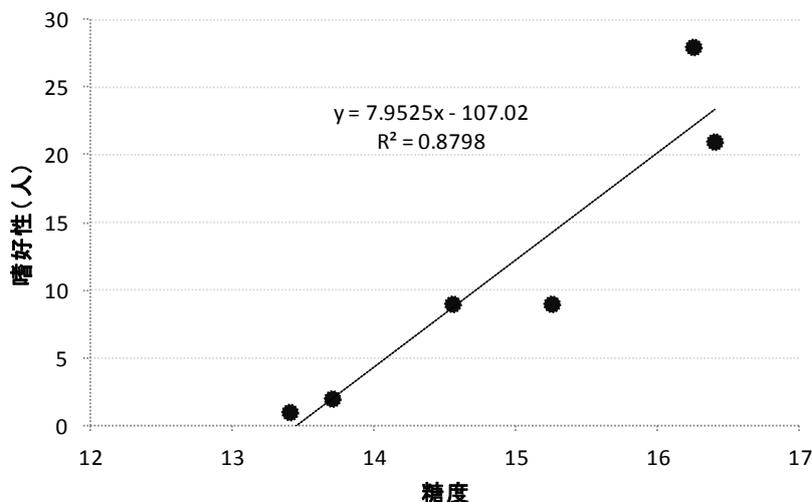
生物間コミュニケーションや環境ストレスなどが作物の風味、特に香りに影響を及ぼしていることは確実と思われる。それが、どのようなケースで高品質に繋がるかは、今後明らかにされなければならないと考えている。

3.官能評価が必要

ここまで、農産物の品質について検討しながら、実は、特定の成分の濃度についてのみ言及してきた。しかし、堀田は「味や物性といった官能的な差はあるようだが、それが成分的な差として捉えられていない」と言っている¹¹⁾。これまで、特定の成分含量の測定だけで品質を議論してきたことの限界を示唆したものだといえよう。

図2に、リンゴ‘ふじ’の糖度と、官能評価の関係を示した。おいしいと答えた人の人数は糖度が高くなると増加する傾向がわかる。しかし、高糖度側に糖度と嗜好性が逆転しているポイントがある。多くの人に好まれるために甘さは必要だが、一定の水準を超えると糖度以外に、大きな影響を与える要因があるのではないだろうか。そこには、香りや酸味・物性などとの相互作用や嗜好性の差が関係していると推定できる。

おいしさを測る研究や、多数の成分の一斉分析の技術は急速に進歩している。農作物のおいしさの品質は機器分析で得た個々の成分の分析値から推定するだけでなく、食品科学分野と連携しながら、ヒトの感覚を利用した評価を取り込んでいく必要があると考える。しかしながら、大量の試料の収集、官能評価のテクニックやパネルの募集、データ解析の難しさなどに直面しているのが現状といえる。もうしばらくの時間が必要である。



大きく特徴の異なる6のリンゴ園から同一品種(ふじ)の果実を収集した。35名の一般パネル(中央農研職員)に試食してもらい、好きなものを2つ選んでもらった。嗜好性は選んだパネルの人数。

図2 リンゴの糖度と嗜好性の関係

おわりに

これまで、作物の品質関連成分の分析といえば糖・有機酸・硝酸塩などを分析するのが常識であった。しかし、味や人の健康に関わると考えて分析対象になってきたそれらの成分は、恒常性（ホメオスタシス）を保とうとする植物の機能が働き、栽培環境の変化の影響を受けにくいメカニズムに組み込まれている物質群ではないだろうか。一方で、情報伝達物質のような二次代謝産物は栽培環境で変動しやすいと考えられるのだが、風味の視点では捉えられてこなかった。これから検証していくべき項目である。

作物と虫や微生物、雑草との相互作用は、必ずしも、ウンカとウーロン茶の関係のように、人間にとって都合良く働くとは限らない。しかし、「官能評価の差が成分的な差として捉えられていない」¹¹⁾現象は、このような二次代謝産物まで含めて広く分析し、味覚・嗅覚への影響を考慮すると理解できるかもしれない。

最後に、本稿で詳しく言及できなかった二つの視点を列挙する。一つは食感や物性の違いである。物性は有機栽培の優位性が認められ易い項目となっている¹¹⁾。単に硬度などの物性の測定だけでなく、多糖類など高分子の解析を含めた解析が為されることを期待する。もう一点は微生物相の問題である。有機資材の施用は植物の表面や内部、根圏に生息している微生物相に影響する。メンバーの違いが作物の含有成分や日持ち性に影響している可能性はあるだろう。農産物の品質・特においしさを理解するためには多分野の研究者のコラボレーションが必要である。

引用文献

- 1) 硝酸塩は本当に危険か -崩れた有害仮説と真実. J.リロンデル, J-L.リロンデル. 越野正義訳, 農山漁村文化協会 (2006)
- 2) 有機農産物施用と作物の品質. 1)クリーン農産物・有機農産物の実態調査 建部雅子, 北海道農業と土壤肥料 2010, pp202, 北農会 (2010)
- 3) 有機および慣行栽培コマツナの品質と養分吸収過程 杉川陽一, 土壤肥料学会講演要旨集,57,253 (2011)
- 4) 夏秋作ミニトマトにおける有機栽培と慣行栽培による品質の差異.村山徹ら日本食品科学工学会誌 57, 314-318 (2010)
- 5) 堆肥施用畑におけるダイコン,スイートコーンの窒素吸収とその品質への影響. 建部雅子ら, 日本土壤肥料学会誌,81, 23-30 (2010)
- 6) Metabolite profiling of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves by altering the ratio of NH_4^+ / NO_3^- in the culture solution. Keiki Okazaki et al., Soil Science and Plant Nutrition, 55, 496-504 (2009)
- 7) 植物のアミノ酸吸収・代謝に関する研究. 二瓶直登, 福島県農業総合センター研究報告 2, 21-97 (2010)
- 8) Aroma Composition of Oolong Tea and Black Tea by Brewed Extraction Method and Characterizing Compounds of Darjeeling Tea Aroma. Michiko Kawakami et al., Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43, 200-207 (1995)
- 9) 夏ウンカはなぜ「肥やしになる」のか? 五味剣二, 化学と生物,48, 516-517 (2010)
- 10) メタボローム解析を用いたりんご'ふじ'の香味特性評価の試み. 田中福代ら, 日本農芸化学会講演要旨集, 235 (2011)
- 11) 有機農産物と慣行栽培農産物の品質上の差異. 堀田博, 日本食品科学工学会誌, 46, 428-435 (1999)

2011年11月29日(火)、筑波事務所



有機農業研究者会議2011

東北水田における 土壌のケイ酸供給力に基づく 斑点米被害抑制技術の開発

独)農研機構・東北農業研究センター
櫻井民人・関矢博幸

農薬に頼らない防除対策

農薬散布などの対処療法



対象害虫の生物学的特性を十分に理
解した上で、土壌や周辺環境などを考
慮した環境保全型農業

斑点米

登熟途中の籾をカメムシが吸汁加害することによって生じる



着色粒の混入による落等(玄米)

1000粒に1粒

二等米

1000粒に3粒

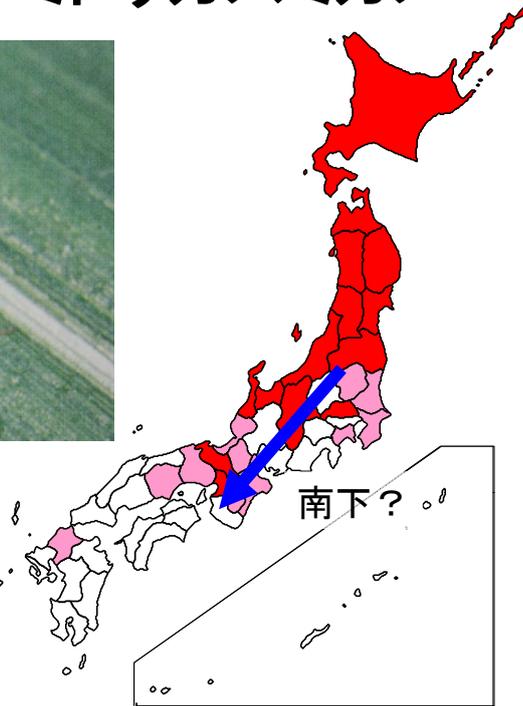
三等米

1000粒に7

等外米

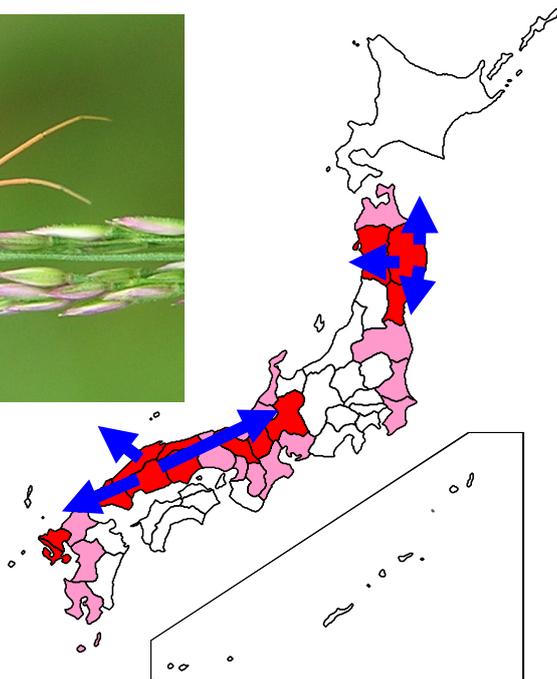
茶碗一杯：3千粒

アカヒゲホソミドリカスミカメ



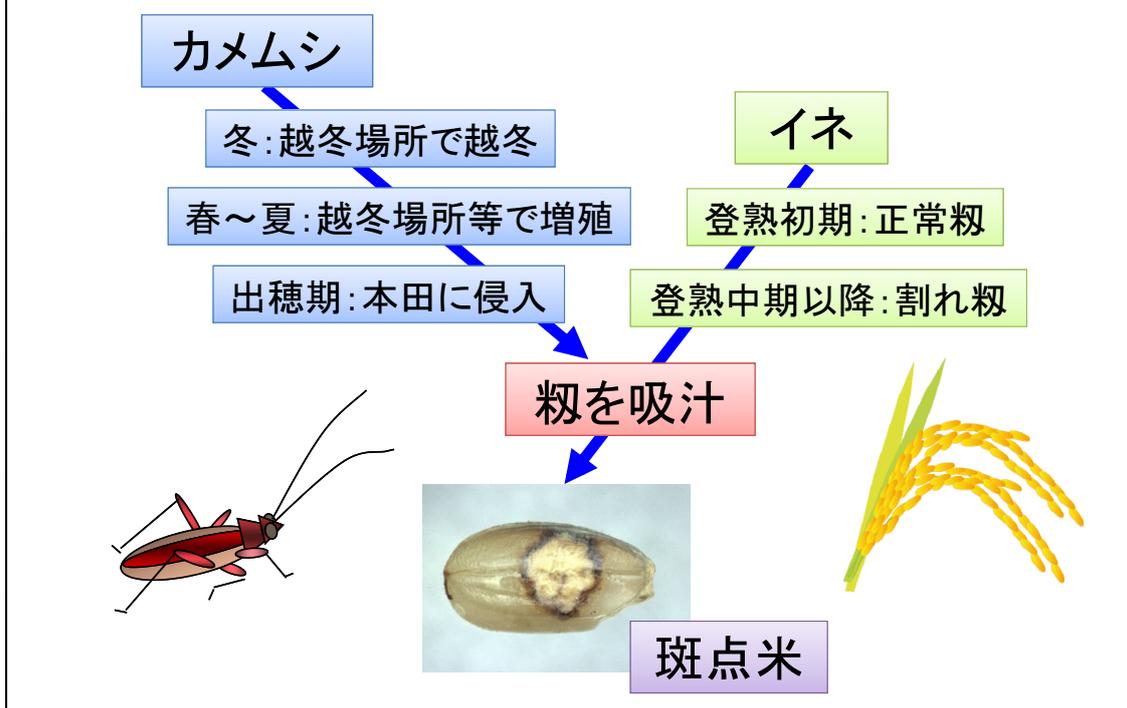
赤は最重要種。ピンクは
問題が報告されている都
道府県。

アカスジカスミカメ



1980年代に広島と岩手
で被害が問題とされて
いたが、現在は被害報
告地域が広がっている

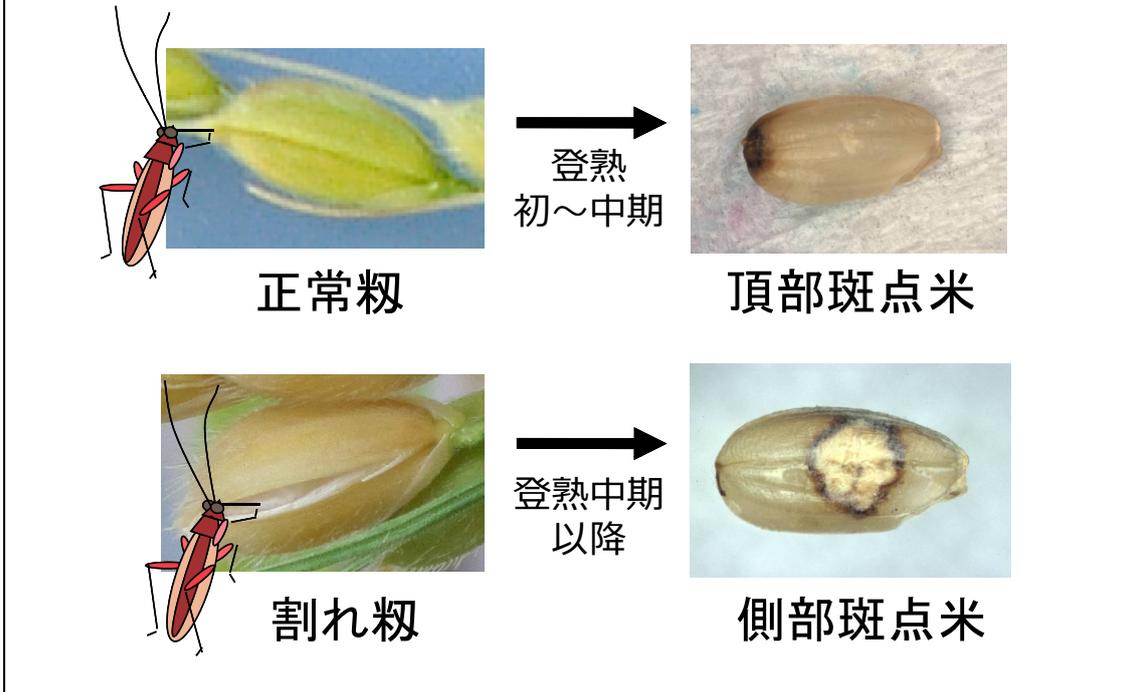
カメムシの生活史と斑点米の発生



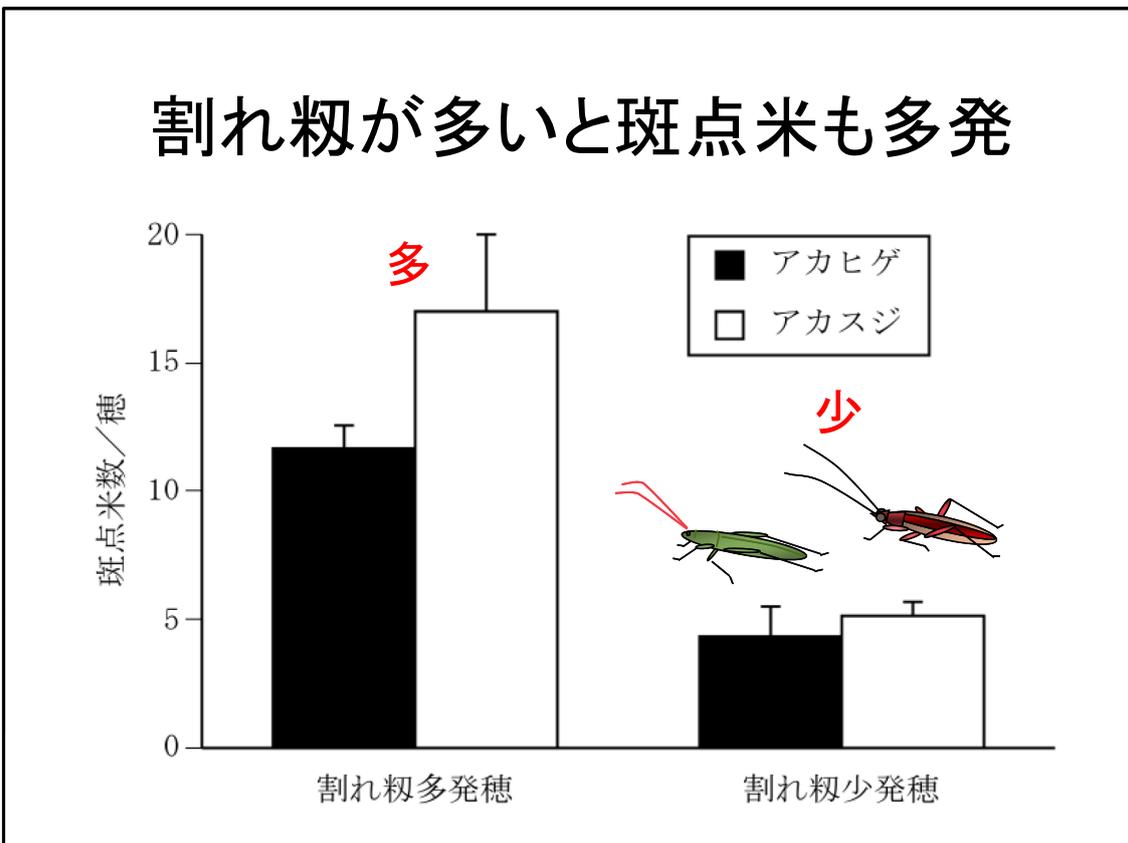
斑点米カメムシの発生源と問題点

- イタリアンライグラス等の牧草地, 耕作放棄地, 雑草地など水田外の場所で越冬・増殖
- 本田侵入のタイミングが予測しにくい
- 発生源の管理が困難

斑点の発生部位



割れ粃が多いと斑点米也多発



割れ粃



粃殻の大きさに対して玄米がよく発達すると割れる
減数分裂期に日照不足・低温が続くと多発

水稻におけるケイ酸の役割

過剰蒸散抑制

物理的強度向上

光合成促進



- 窒素同化の促進
- 根の活力増大(養水分吸収促進、酸化力維持)
- 細胞壁構成成分の供給(耐倒伏性向上、受光態勢改善)

- 耐病性の向上
- 虫害抑制
- 収量向上
- 食味向上

(高橋 (1987) の図等を元に作成)

割れ粳の発生とケイ酸

ケイ酸は粳殻に多く含まれている

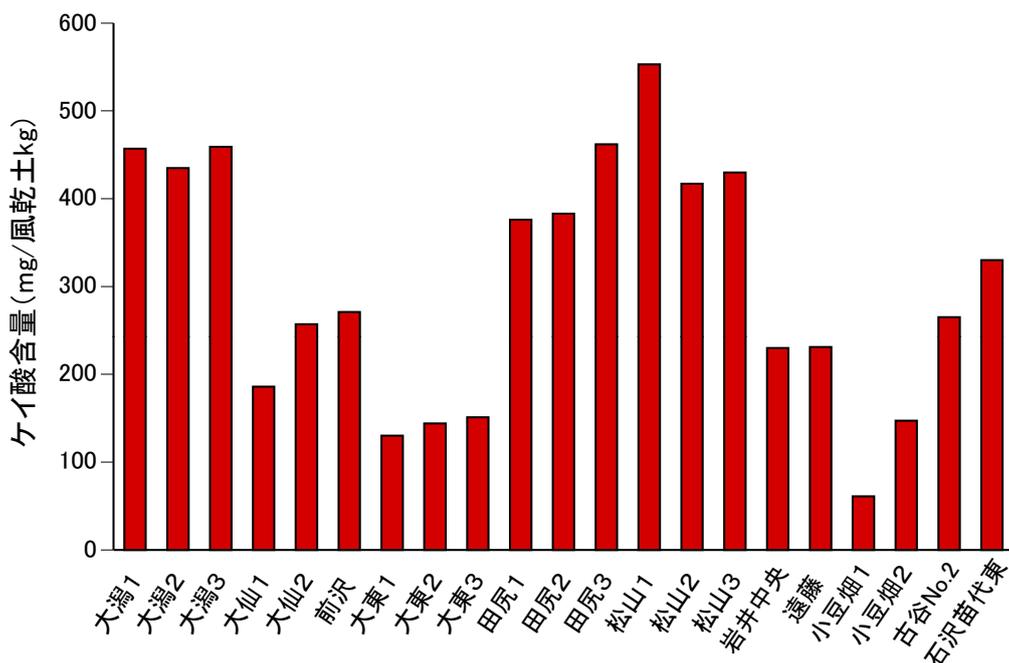


粳殻中のケイ酸が多ければ
割れ粳が発生しにくくなるのでは？



土壌のケイ酸供給力との関係は？
ケイ酸質資材投入の効果は？

土壌中のケイ酸含量の水田間差



土壌中の可給態ケイ含量と 斑点米被害

ケイ酸含量が低い水田土壌



籾殻中のケイ酸含量も低い



割れ籾が多発し、斑点米被害
を受けやすい

籾殻灰の性状



300°C

400°C

500°C



ケイ酸質資材の施肥効果

粃殻灰の施肥



割れ粃率、斑点米率の低下
(基肥<追肥<両方)



被害軽減に効果あり

水田土壌の斑点米発生への影響

土壌の違いは斑点米の発生に影響するか? → YES

ケイ酸との関係は? → 粃殻強化

斑点米が発生しやすい土壌での対策は? → 栽培管理
ケイ酸施肥

割れ粳の予測・予防

- 割れ粳発生量の予測

減数分裂期に低温・日照不足が来ると割れ粳が多発

土壌中のケイ酸含量が高い水田では斑点米被害が少ない

- 割れ粳の予防

作期を遅らせて減数分裂期の低温を回避
ケイ酸含量を高め、割れ粳を軽減

斑点米被害の増加要因と対策

- 飼料作物等転換田や耕作放棄地の増加
- イネ科牧草の雑草化
- 割れ粳の発生



- 水田内および周辺環境の管理
- 発生予察の高度化
- 収穫後の斑点米の物理的除去（色彩選別機）
- 作期の移動
- 割れ粳発生量の予測・予防

MEMO

本資料の複製、転載および引用は、必ず原著者の
了承を得た上で行ってください。

2011年11月28日発行

有機農業研究者会議 2011 資料集

「有機農業研究者会議 2011」実行委員会事務局

〒390-1401 長野県松本市波田 5632

Tel/FAX : 0263-92-6622

Email : office@yuki-hajimeru.net