

有機農業研究者会議 2016 資料集

日 時：2016 年 10 月 26 日(水)13 時～27 日(木)12 時

場 所：文部科学省研究交流センター国際会議場および第 1 会議室

主 催：「有機農業研究者会議 2016」実行委員会

共 催：(国研)農研機構 中央農業研究センター

日本有機農業学会

NPO 法人有機農業参入促進協議会

後 援：農林水産省

巻 頭 言

欧州および米国における有機食品の総売上額は、それぞれ 3.7 兆円と 3.8 兆円、市場成長率は 7.5%と 11%になっています。また中国や韓国でもその市場規模は、年々大きく伸びています。翻って、我が国の総売上額は 1,300 億円、食品市場の市場規模は欧米に比べ 1 桁小さく、耕作面積と耕作者の割合は、それぞれ農業全体の 0.4%と 0.5%で極めて低く、その成長率も遅々として伸びていないのが現状です。

この状況に対して、農林水産省では「有機農業の実施には高い技術が必要な上、販路確保が難しく定着が進まない」と分析し、その対策として「新規参入者の販路の確保を容易にし、安定的な所得の確保と向上に結び付け、定着・拡大を図る」としています。そしてそのために「実需サイドの視点に力点をおいた支援を行うことで、ビジネス環境を整備する」とし、同時に「生産サイドに対する技術的支援も継続的に実施する」としています（農林水産省 2016 年 4 月）。

確かに有機農業の生産現場には、農家間の技術力格差、なかでも新規就農者などにみられる低い技術力と不安定な生産性、それに伴う低所得という問題があります。消費者の側からは、品質が不安定な有機農産物が多いという評価と不満があります。さらに言えば、地方の生産現場では慣行農業との対立の構図があり、それゆえ地方行政や JA が有機農業の普及に十分な予算と人材を投入できないという問題もあります。

これらの現状分析から解を予測し、「どのような方程式を立てるのか?」「その前に、今何が一番大切なのか?」が合意できないと、前述のように実需サイドの視点に力点をおいた支援を行ってビジネス環境を整備したとしても、「モノが無い」という状況では、すべてが「絵に描いたモチ」に終わってしまいます。やはりここでは、「生産環境の整備＝技術情報の共有」を最重要課題とすべきではないでしょうか。

そこで問われるのが、生産性の高い有機農家の技術を、客観的に評価できる体制づくりと、それにより得られた技術情報を基にした地方行政や JA の技術職員の評価に耐えうるような試験研究と、その成果の公表ではないでしょうか。篤農家の経験と勘、また優れた肥培管理や耕種的防除、さらには土づくり技術などをできるだけ文字化、数値化していく。これは有機農業だけの問題ではなく、農業全体の持続性や生産力の向上、「慣行農業」対「有機農業」といった対立の構図をなくす新しい技術論の構築とその普及につながります。そして目標とすべきは、生産環境と同時にビジネス環境も整備され、大規模も小規模農業もすべての農業が良くなっていくことです。そのための有機農業研究者会議でありたいと思います。

最後に、開催にあたってご尽力いただいた関係各位にこの場を借りてお礼を申し上げます。

2016 年 10 月 26 日

「有機農業研究者会議 2016」実行委員会
委員長 山下 一穂

目 次

■施設栽培に関する研究成果と農家事例

植物の病原菌に対する防御システムの解析と応用（有江 力）	9
施設有機ミニトマト栽培における天敵活用による	
害虫管理技術の実証（長坂 幸吉・山内 智史・澤田 守）	15
茨城県における施設での有機栽培の試み（杜 建明）	20
熊本県における施設有機トマト栽培の取り組み（澤村 輝彦）	28

■ポスターセッション

島根県における有機農業の推進（岸田 佳之・安達 康弘・佐々木 真一郎）	35
福島県における有機農業の普及の経過（桂 智宏）	37
高能率水田用除草機の除草効果と水稻の生育	
（三浦 重典・吉田 隆延・内野 彰・野副 卓人・早川 宗志）	39
水稻初期生育を改善する革新的土壌管理技術と診断キットの開発（大久保 慎二・	
岩石 真嗣・白鳥 豊・古川 勇一郎・加藤 茂・三木 孝昭・阿部 大介・	
山崎 研一・羽生田 聡）	41
有機水田における新たなリスクー外来水草ヒメホテイアオイ（ <i>Heteranthera reniformis</i> ）	
定着の危険性ー（嶺田 拓也）	43
陽熱プラスで土づくりー太陽熱土壌消毒法の効果とは（橋本 知義）	45
樹高 3.5m までの果樹に防鳥網を簡単に掛け外しする方法	
「らくらく設置 3.5」（山口 恭弘・吉田 保志子）	47
廃棄された果実の哺乳類による利用実態～廃果対策によって	
鳥獣害を減らすために～（小坂井 千夏・秦 彩夏・佐伯 緑・竹内 正彦）	49
豊かな作物、豊かな生物相、豊かな経営を目指した土づくり（安野 博健・	
榊原 健太郎・石河 信吾・阿部 大介・大久保 慎二・山田 研吾・岩石 真嗣）	50
培地としての有機質土壌およびロックウールが Fertigation における	
トマト生育に与える影響（中野 明正・趙 鉄軍・栗原 弘樹）	53
穴肥・超疎植多本仕立・野草帯・育種による無灌水有機施設栽培（小川 光）	55

緑肥間作とその敷草が土壌およびトマトの品質に及ぼす影響

（加藤 茂・徐 啓聡・徐 会連）	57
草と共に生きる～オーレックの草刈機開発～（関 雅文・大坪 耕二）	59
農法の異なる農耕地土壌の生物多様性評価－亜熱帯における 大型及び徘徊性土壌動物について－（田淵 浩康・河原崎 秀志・具志 章一郎・ 勝倉 光徳・萬両 美幸・濱口 一宏・森田 明雄・陽 捷行）	61
有機農業への転換技術の留意点（藤田 正雄）	63

■簡易土壌診断に基づく適正施肥の最前線

自然の土壌で土壌生物が駆動する窒素循環（金子 信博）	69
水田風乾土可給態窒素の簡易迅速評価法の開発（高橋 茂）	75
畑の可給態窒素簡易診断による秋冬レタスでの診断施肥（藤田 裕）	80
畑の水溶性リン酸の簡易評価と施設キュウリでの基肥リン酸省略（金澤 健二）	85
緑肥による土づくりと減肥（唐澤 敏彦）	97

日 程

第 1 日目 10 月 26 日 (水)

開会あいさつ

(13:00~13:15)

山下 一穂 (NPO 法人有機農業参入促進協議会)
梅本 雅 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
阿部 佳之 (農林水産省農林水産技術会議事務局)

第 1 部 施設栽培に関する研究成果と農家事例

(13:15~16:00)

座長 後藤 千枝 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
話題提供者 「植物の病原菌に対する防御システムの解析と応用」
有江 力 (東京農工大学大学院 農学研究院)
研究成果発表 「施設有機ミニトマト栽培における天敵活用による害虫管理技術の実証」
長坂 幸吉 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
(休憩) (14:40~15:00)
事例発表 「茨城県における施設での有機栽培の試み」
杜 建明 (有限会社 ユニオンファーム)
事例発表 「熊本県における施設有機トマト栽培の取り組み」
澤村 輝彦 (有限会社 肥後あゆみの会)
質疑応答 (15:50~16:00)

第 2 部 ポスターセッション

(16:00~17:10)

研究者の研究、実践農家の事例のポスター発表。同じ問題意識を持った参加者間で意見交換を行う場。
コアタイム：奇数番号 16:00~16:35、偶数番号 16:35~17:10 (各 35 分)

意見交換会

レストラン エスポワール (つくば国際会議場 (エポカルつくば) 内) (17:30~19:30)

第 2 日目 10 月 27 日 (木)

第 3 部 簡易土壌診断に基づく適正施肥の最前線

(9:00~11:50)

座長 加藤 直人 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
話題提供者 「自然の土壌で土壌生物が駆動する窒素循環」
金子 信博 (横浜国立大学大学院環境情報研究院)
「水田風乾土可給態窒素の簡易迅速評価法の開発」
高橋 茂 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壌診断グループ)
「畑の可給態窒素簡易診断による秋冬レタスでの診断施肥」
藤田 裕 (茨城県農業総合センター 専門技術指導員室)
(休憩) (10:35~10:50)
「畑の水溶性リン酸の簡易評価と施設キュウリでの基肥リン酸省略」
金澤 健二 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壌診断グループ)
「緑肥による土作りと減肥」
唐澤 敏彦 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壌生物グループ)
閉会あいさつ 澤登 早苗 (日本有機農業学会) (11:50~12:00)

第 1 部

施設栽培に関する研究成果と農家事例

- ◆ 植物の病原菌に対する防御システムの解析と応用
- ◆ 施設有機ミニトマト栽培における天敵活用による害虫管理技術の実証
- ◆ 茨城県における施設での有機栽培の試み
- ◆ 熊本県における施設有機トマト栽培の取り組み

植物の病原菌に対する 防御システムの解析と応用

有江 力

東京農工大学大学院農学研究院

はじめに

ヒトと同様に、植物は多様な環境ストレスに囲まれて生活している。そのストレスには、温度、乾燥、光、風、振動、接触などの物理的要因、土壤中の塩、要素、汚染物質、除草剤などの化学的要因、草食動物、鳥、昆虫、微生物などの生物的要因がある。動物の免疫ほど高度では無いが、植物も自らをストレスから守る防御システムを持つ。

植物が生育する環境には多くの微生物が存在し、植物にコンタクトする。しかし、ほとんどの微生物は、植物の防御システムに阻まれ、植物に感染することも、植物から養分を得ることもできない。ごく限られた微生物が、植物の持つ防御システムを打破し、侵入、感染、養分を摂取、その結果、植物に病気を引き起こす。植物が持つ防御システムを明らかにし、それを強化する方法を見出すことで、防御システムの病害防除への応用が期待される（図 1）。

本要旨では、有江（2016）を一部改変、植物が持つ防御システムと、病原がそれを打破する侵害戦略を概説するとともに、植物をストレスに感作することで、植物を病気に対して強くする応用の可能性について論じる。

1. 植物の防御機構

(1) 静的抵抗性

「静的抵抗性」とは、植物が先天的に備えている防御機構のことである（眞山ら、2010）。植物の葉などの表面は、ワックスやクチクラに覆われている。また、細胞はセルロースからなる細胞壁に囲まれ、さらに細胞の間は、ヘミセルロースやペクチンで充填されている。これらすべてが、植物が組織や細胞を微生物の付着、侵入、進展から防御する物理的機構になり得る（図 1）。

植物は、自らを微生物から守るために化学的な防御機構を持つ場合がある。これが抗菌性物質であると、ファイトアンティピシンと呼ばれる。このうち、植物組織内に通常蓄積されているものをプロヒビチン、組織内に前駆物質を蓄えていて、簡単な反応で変化して抗菌性物質として働くものをインヒビチンと呼ぶ（図 1）。プロヒビチンの一例が、プロトカテキ酸（3,4-ジヒドロキシ安息香酸）である。プロトカテキ酸は、カテコールから生合成される茶色を呈するポリフェノールで、炭そ病菌（*Colletotrichum circinans*）などに対する抗菌性を示す。鱗茎の表面が橙色のタマネギが保存性に富むのは、プロトカテキ酸の抗菌性によるとされる。トマトの茎葉や青い果実に含まれる糖アルカロイドであるトマチンもプロヒビチンである。一方、インヒビチンの例として、アリシンを挙げる。アリシンは、システイン誘導体としてニンニク（鱗茎）などに多く含まれるアリインが、付傷などによって酸素に触れると、酵素アリナーゼが触媒してできる。

(2) 動的抵抗性

植物が外的因子を認識して誘導的に発動、後天的に獲得する抵抗性を「動的抵抗性」と呼ぶ（図 1）。うどんこ病菌などがクチクラを貫入して、植物細胞に侵入すると、侵入（菌）糸を取り囲む

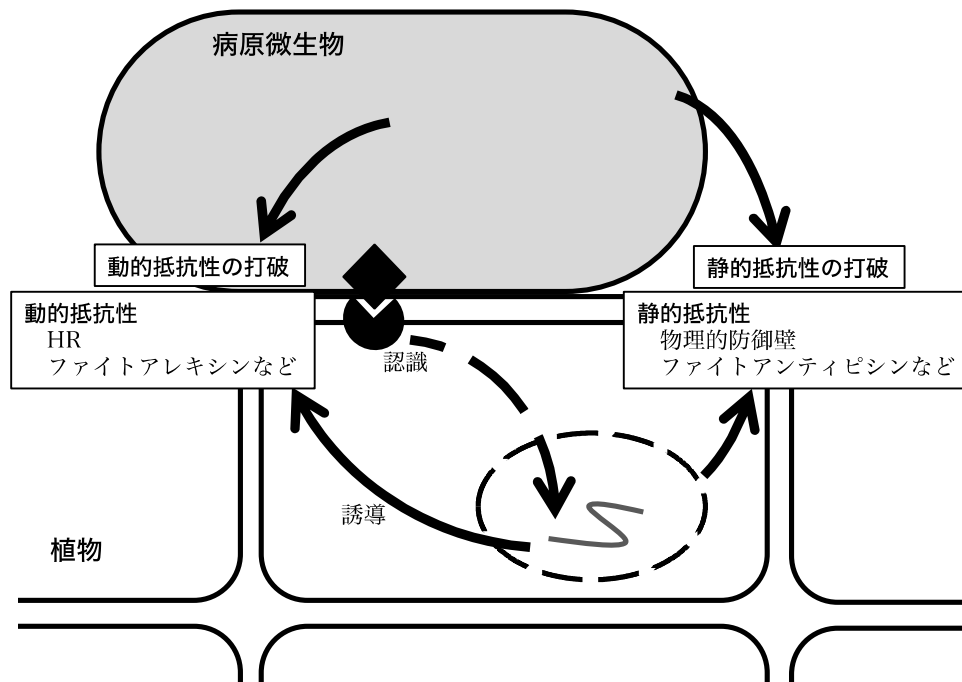


図1 植物の防御システムと病原微生物の侵害戦略の相互作用の概要（有江、2016 から転載）

ように乳頭状の構造（パピラ）が速やかに形成されることがある。細胞学的に観察すると、パピラは、宿主植物細胞の細胞膜と、侵入糸の細胞膜の間にカロース（直鎖の β 1,3-グルカン）などが集積・沈着して形成される。

一方、植物組織が外的因子を感知すると、感知部位周囲の細胞で、水酸イオンやカリウムイオンが細胞外へ流出、水素イオンやカルシウムイオンの細胞内への流入、引き続き、活性酸素種（ROS）などの生産による酸化バーストなどが起こる場合がある。微生物を認識して十数時間のうちに起こる速やかな反応である。活性酸素種は、微生物の進展を抑える直接的な抗菌性ばかりか、感染部位周囲の細胞死を引き起こし、間接的に微生物の進展を妨げる。植物自らの細胞死を引き起こすため、このような反応を過敏感反応（HR）と呼ぶ（図1）。なお、過敏感反応を感染部位の周囲に留めるため、さらにその外側の組織では、スーパーオキシドムターゼやペルオキシダーゼなどの酵素によって活性酸素種を無毒化する。

植物が外的因子を認識して組織に新た（*de novo*）に生合成・蓄積する抗菌性物質をファイトアレキシンと呼ぶ（図1）。テルペノイドやアルカロイドなどが多い。イネのモミラクトン類、オリザレキシン類、ファイトカサン類、サクラネクチン、エンドウのピサチン、サツマイモのイポメアマロンなどが知られている。

このような比較的速やかに起こる抵抗性の反応は、その後、全身獲得抵抗性（SAR）など全身的な抵抗性誘導に繋がる場合が多い。SARでは、植物が微生物の糖などを認識した信号が局所的なサリチル酸の蓄積を誘導、これがサリチル酸自体かその類縁体と想定されている化学分子によって全身に伝達、全身の組織でサリチル酸が蓄積、*NPR1*など核移行シグナルの発現、その結果の全身でのPR-タンパク質の発現誘導につながることで、全身に抵抗性が誘導される仕組みである。これまで知られているPR-タンパク質には、キチナーゼ、グルカナーゼなどの抗菌性タンパク質や、リグニン化など抵抗性の強化に関わるものが含まれている。SARでは、微生物認識後数日程度で抵抗性が誘導される。

2. 真性抵抗性と圃場抵抗性

植物は、外来微生物の表面の糖、タンパク質、糖タンパク質などを認識するとされる。この認識に関わる因子は、抵抗性因子と理解されている。例えば、抵抗性品種の育成においては、微生物が産生する糖やタンパク質を認識する抵抗性因子をコードする遺伝子（抵抗性遺伝子）を野生種などから導入するのが一般的である。これを持つ植物は、微生物を認識し、一連の抵抗性を発動するため、その微生物による病気が発生しない。このような少数（通常は1つ）の遺伝子（主働遺伝子）によって司られる抵抗性（質的抵抗性）を真性抵抗性と呼ぶ。真性抵抗性は、通常、過敏反応を伴い、特定の微生物に対して発動される（垂直抵抗性）。

一方、単独では強い抵抗性を示さない遺伝子（微動遺伝子）が複数機能することで、多様な微生物に対する抵抗性（水平抵抗性）を示すことを、圃場抵抗性と呼ぶ。このような抵抗性は量的形質（量的抵抗性）であるため、これまで、抵抗性品種の育種にあまり利用されてこなかったが、近年の QTL 解析や遺伝子マーカー選抜技術の進歩などによって利用の可能性が拡大している。

3. 病原の植物侵害戦略

病原微生物が植物に病気を起こす過程は、経時的に、植物を認識、植物に接近、植物に付着、植物組織や細胞に侵入、植物組織中を進展、植物に病徴を出させる（発病）などに分けることができる。病原微生物にとってこれらの過程がすべて順調に進んだ場合のみ病気を引き起こす。言い換えれば、これらの過程のどこかが不調であれば病気は発生しない。

すなわち、上述したような植物が持つ多様な抵抗性を、全て打ち破ることができるのが病原微生物である（図 1）。

イネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* は、メラニンで強化された細胞膜をもつ付着器の内部に高濃度のグリセロールを蓄積、周囲の水との浸透圧差で生じる膨圧を利用して、イネのクチクラなどを物理的圧力（70 気圧とされる）で貫入する。ウリ類炭そ病菌 *Colletotrichum orbiculare* は、物理的因子である圧力に加え、クチクラ分解酵素やペクチン分解酵素などの化学的因子も利用して物理的障壁を打ち破り侵入する。

植物が先天的に備えるファイトアンティピシン、微生物を認識して生産するファイトアレキシンなどの化学的防御壁を分解・無毒化することで侵入・進展を果たす病原もいる。例えば、トマト組織内に蓄積されているプロヒビチンであるトマチンを、トマトの病原である萎凋病菌 *Fusarium oxysporum* f. sp.

lycopersici（図 2；A）、灰色かび病菌 *Botrytis cinerea*（B）、白星病菌 *Septoria lycopersici*（C）は、それぞれ異なる部位で分解・無毒化する。また、エンドウ根腐病菌 *F. solani* f. sp. *pisi* は、エンドウが微生物を認識して産生するファイトアレキシンであるピサチンを代謝・無毒化する。

一方、微生物が表面のタンパク質などを変異あるいは欠損することで、植物からの認識を回避、抵抗性を誘導させずに侵入・進展を成立させる場合もある。いわゆる、ステルス性の獲得と理解できる。その結果、真性抵抗性を導入した抵抗性品種が無効化してしまう（4.（1）参照）。

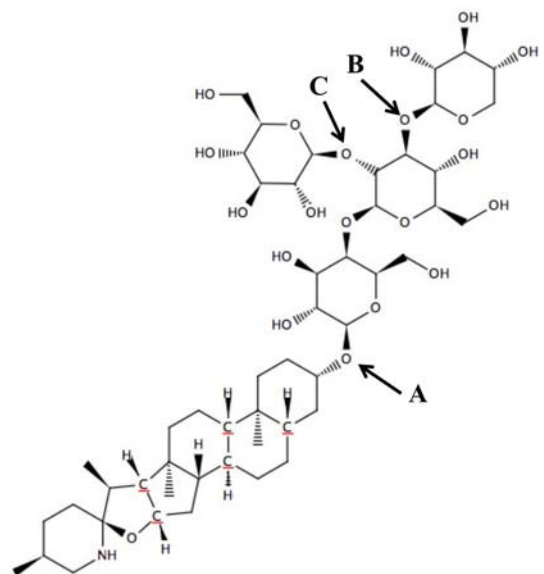


図 2 トマトのプロヒビチンであるトマチンのトマト病原による代謝・無毒化
図中の部位 A、B、C は本文参照。

4. 防御システムの病害防除への応用

(1) 抵抗性品種・抵抗性台木

2. で概説した真性抵抗性遺伝子を植物に導入することで、その抵抗性遺伝子産物が認識する因子を産生する病原微生物に対して抵抗性の品種を育種することができる。通常、抵抗性遺伝子(例: 表1の *I*, *I2*, *I3*) は、その病害に強い野生種から導入される場合が多い。すなわち、食味や収獲物のサイズなど優良形質を持つ食用品種と、真性抵抗性遺伝子を持つ野生種との交配後代を使用することになる。そのため、抵抗性以外の野生種由来の形質が優良形質の発現を妨げることが多く、この交配後代を、優良形質を持つ品種と繰り返し交配し、抵抗性以外の形質も優良な品種を作り上げる必要がある。これには長期間を要する。トマト萎凋病などの土壌病害に対しては、抵抗性を持つが形質が食用に適さない品種を台木として、抵抗性を持たない優良形質品種を接木することで使用、発病抑制することも多い(例: 表1、ブロック)。しかし、このような抵抗性品種は、病原菌の非病原力遺伝子に変異が生じると、罹病化してしまう。表1では、トマトの萎凋病抵抗性品種の育成と、抵抗性品種を犯すレース(1→2→3)出現のいちごっこが見てとれる。

表1 トマト品種が持つ抵抗性遺伝子と萎凋病菌レースの関係

萎凋病菌レース (非病原力遺伝子遺伝型)	トマト品種 (抵抗性遺伝子遺伝型)			
	ポンデローザ (<i>i i2 i3</i>)	桃太郎 (<i>I i2 i3</i>)	桃太郎ファイト (<i>I I2 i3</i>)	ブロック (<i>I I2 I3</i>)
1 (<i>AVR1 AVR2 AVR3</i>)	S	R	R	R
2 (<i>avr1 AVR2 AVR3</i>)	S	S	R	R
3 (<i>avr1 avr2 AVR3</i>)	S	S	S	R

ポンデローザ(すべてのレースに感受性の品種)、桃太郎(レース1抵抗性品種)、桃太郎ファイト(レース1, 2抵抗性品種)、ブロック(レース1~3抵抗性台木品種); Sは萎凋病が起こること、Rは萎凋病が起きないことを示す。

(2) プラントアクチベーター

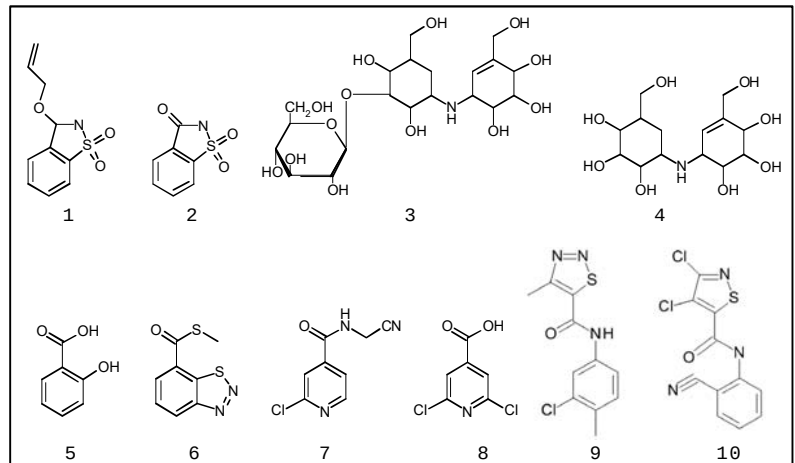
植物に化合物を処理すると、病害に対する抵抗性を獲得する場合があります、このような化合物を病害抵抗性誘導剤あるいはプラントアクチベーター(plant activator)と呼ぶ(図3)。FRAC(殺菌剤耐性菌対策委員会)の作用機作に基づく殺菌剤の分類で「P」とされるものである。

世界初の病害抵抗性誘導剤は、我が国で1975年に発売された。プロベナゾールである。その後、我が国で登録された薬剤の中でプラントアクチベーターであることが示されているものは、アシ

ベンゾラル S メチル、チアジニル、イソチアニルである。FRAC では、現在、バリダマイシン A もプラントアクチベーターとしての分類を検討している。

図 3 既報のプラントアクチベーターの例

1 プロベナゾール (PBZ)、2 ベンゾイソチアゾール (BIT)、3 バリダマイシン A (VMA)、4 バリドキシルアミン A (VAA)、5 サリチル酸、6 アシベンゾラル S メチル (ASM)、7 シアノメチルクロロイソニコチンアミド (NCI)、8 ジクロロイソニコチン酸 (INA)、9 チアジニル (TDL)、10 イソチアニル

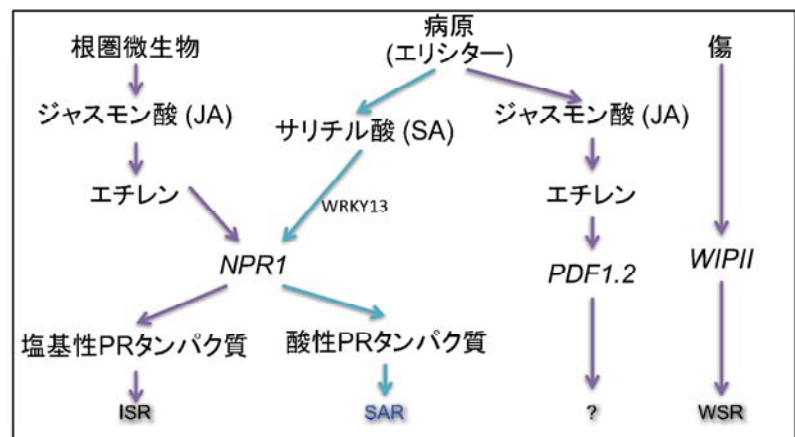


植物は、全身獲得抵抗性 (SAR、図 4) では、微生物の表面の糖を認識、外敵襲来の信号を、シグナル伝達物質であるサリチル酸を介して全身に伝える。これまでに報告された病害抵抗性誘導剤はすべて SAR 誘導剤であるとされており、プロベナゾールおよびバリダマイシン A など (上図 3 の 1~4) は糖の類似体、その他 (5~9) はサリチル酸類似体とされ、それぞれ FRAC の分類で P1、P2 とされる。

なお、プロベナゾールは発売後 40 年を経てもなお、我が国のイネいもち病防除用の主要薬剤であり、抵抗性の出現も報告されていない。

世界的には最も多く販売されているプラントアクチベーターであるアシベンゾラル S メチルは、我が国ではイネ用にあった登録が失効していたが、近年、野菜類の軟腐病用などで再度登録申請が出されている。

図 4 抵抗性誘導に関わるシグナル伝達モデル



(3) 生物的防除資材

生きた微生物の能力を病害防除などに使用することを生物的防除と呼ぶ。生物的防除には複数の作用機作が知られているが、その一つが抵抗性誘導である。すなわち、処理した生物防除資材微生物が外的ストレスとなり、全身獲得抵抗性 (SAR) や誘導全身抵抗性 (ISR、図 4) などのシグナル伝達系を介した病害抵抗性を誘導することが報告されている。失効した、非病原性フザリウム オキシスポラム剤は、サツマイモ苗への処理によって、つる割病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *batatus*) に対する抵抗性を誘導するとされていた。同様に失効した、シュードモナス フルオレセンス (*Pseudomonas fluorescence*) 剤も、トマトなどの根圏に定着、青枯病細菌などに対する抵抗性をトマトなどに誘導するとされた。

(4) 物理的ストレスによる抵抗性誘導

光照射が植物に病害抵抗性を誘導する場合が知られている。緑色 LED ランプが「みどりきくぞう」としてイチゴ炭そ病などの防除を目的に販売されている。この他にも、青色光や赤色光が病害抵抗性を誘導するとの報告もある。また、40℃程度の温湯処理が、キュウリなどに病害抵抗性を誘導するとの報告があり、温湯散布による熱ショック処理装置が開発された。

近年、筆者らは、トマトやイネなどの育苗期に超音波（振動）に暴露することで苗に病害抵抗性を誘導できることを示唆、施設栽培用の走査型超音波照射装置を試作した（図 5）。



図 5 試作した走査型超音波照射装置（東京都府中市、協力：プレテック（株）、生研センター、滋賀県）

おわりに

植物は、多様な防御機構を用意して外的因子に対抗している。微生物のうち、植物の防御機構を打破し、侵入・進展し、栄養を摂取できるようになったものが病原微生物である。一方、人類が野生の植物を栽培化し、食味や生産量などの形質を重視した育種を重ねる過程で、時に、元来植物が保持していた防御機構を弱め、病気が起きやすい状況になっている。遺伝的多様性および生育ステージの多様性が乏しく、密度が高く、養素の多い、圃場生態系もこれを助長している。本要旨では、これらのしくみを概説した。さらに、抵抗性育種やプラントアクチベーター、非病原性微生物、物理的ストレスが病害抵抗性を誘導する場合があること、その利用技術の研究についても紹介した。このように、近年、植物が持つ病害抵抗性および外的因子抵抗性の分子生物学に基づく理解が進み、これまで以上にそれを利用する可能性が拡大している（Dangl 2013）。

関連の最新情報は、公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会が出版する JATAFF ジャーナル 4 巻 9 号（2016 年 9 月）に、「植物が持つ病害防御能の誘導とその利用」の特集としてまとめられているので、是非お読みいただけると幸いです。

引用文献

- 有江 力（2016）植物の病害抵抗性の概論. *JATAFF ジャーナル* 4（9）:3-7
眞山滋志ら（2010）植物病理学. 文永堂出版、東京. 328 p.
Dangl JL et al. (2013) Pivoting the plant immune system from dissection to deployment. *Science* 341: 746–751.

施設有機ミニトマト栽培における 天敵活用による害虫管理技術の実証

長坂 幸吉・山内 智史・澤田 守

(国研) 農研機構 中央農業研究センター

はじめに

有機栽培では、化学合成農薬を利用できないことから、即効的な防除手段がほとんどない。加えて、施設内においては、降雨や土着天敵など自然界の害虫抑制作用が弱まる。このため、一旦害虫が発生すると手に負えなくなってしまう場合がある。放置すると、年々被害がひどくなっていく害虫もいる。

施設栽培については、もともと安定した環境において高品質な商品を生産することを目的としている。しかし、ビニールハウスなど施設の多くは完全な閉鎖環境ではなく、側窓などの開口部を持つ半閉鎖環境である。どんなに注意していても、ある程度の害虫の侵入を許してしまう。施設では、防虫ネットの利用により、特にヨトウムシやオオタバコガなどチョウ目害虫の侵入を制限し、これらの食害を軽減できるのは大きな利点である。一方、防虫ネットをすり抜けて侵入した微小害虫は、降雨の無い、温暖な環境で増加しやすい。一般の施設園芸で大きな問題となっている微小害虫は、即効的な防除手段のない有機栽培では、さらに大きな問題を生じさせる。土作りはもちろん、輪作等の耕種的手段や防虫ネット等の物理的手段によって害虫が発生しにくい環境作りが試みられている場合でも、微小害虫の問題は依然として大きい。この問題を解決し、施設で高品質な有機野菜を安定して生産できる技術が確立されれば、有機野菜生産への参加者が増加し、国内生産の拡大が期待できる。

近年、施設野菜類で活用できる天敵製剤が充実しつつある。これを利用することにより、有機栽培でも市場出荷並みの品位をもった野菜の商業生産が可能となり、経営的に成り立つ事例が見られるようになってきた。2008年から農業生産法人(有)ユニオンファーム(茨城県小美玉市)とともに施設有機栽培での天敵利用を葉菜類において検討してきた。2009年からは、さらに果菜類への挑戦を加え、ミニトマトでも天敵を用いた害虫管理を試みてきた。今回はこのミニトマトでの取り組みについて紹介する。

1. バンカー法による天敵活用

ビニールハウスなど半閉鎖環境では土着天敵が入りにくく、害虫が多くなった後になってやっと天敵が入ってくるのがほとんどである。これでは、害虫の被害を抑えられない。こうした状況においては、天敵の人為的な導入が有効な対応策の一つである。ところが、天敵の放飼はタイミングが難しく、放飼が早すぎると餌となる害虫が少なくて天敵が定着せず、逆に、放飼が遅れると、増えてしまった害虫を抑えるのに時間がかかり、被害が拡大してしまう。

この問題を解決するのが「バンカー法」である。害虫ではない餌をハウス内に用意することによって、あらかじめ天敵をハウス内に定着させておき、そこから継続的に天敵を放飼する方法である。英語では、Banker plant system と呼ばれる。害虫の発生前、あるいは作物の生育初期に、天敵の代替餌(代替寄主)とそれを養う植物(バンカー植物)をセットにしてハウスに導入し、そこに天敵を放飼する。これがバンカー(=banker、天敵銀行)となる。このバンカーで天敵を

長期間維持することにより、常にハウス内で天敵が害虫の侵入を待ち構える状態にして、害虫が低密度のうちに退治しようという作戦である。

バンカー法は、1990年代に主に果菜類のハウス栽培におけるアブラムシ対策としてヨーロッパで研究がなされ、日本でも2000年代に実用化研究が実施されてきた（長坂・大矢、2003；長坂ら、2010）。そして、天敵コレマンアブラバチを用いたバンカー法のノウハウは、「バンカー法技術マニュアル」（長坂、2005、2014）として公開されている。現在では、この方法以外にも、別の害虫への対策として他の天敵を用いるバンカー法の研究も進められている。



バンカー法の仕組み

待ち伏せ型の防除法であるバンカー法は、即効的な防除手段がない有機栽培でこそ必要と考えられる。そこで、野菜の有機栽培をおこなうハウスにおいて、アブラムシ類への対策としてこのバンカー法を試みてきた。この有機農業研究者会議においても2013年に葉菜類を中心とした活用法について発表させていただいた。今回はミニトマトでの試みについて紹介する。

2. 有機栽培ミニトマトの害虫と天敵活用の試行錯誤

まず、面積10～20aの連棟ハウスあるいは3～4aの単棟ハウスを用いてミニトマトを栽培する圃場で、発生する害虫を調査した。すべてのハウスは側窓に1mm目合いの防虫ネットを展張し、周囲には防草シートを敷設している。葉菜類との輪作の中に、ミニトマトが組み込まれている。ミニトマトは単為結果性の品種で、4月に定植し、9月あるいは10月までの収穫である。2009～2013年にかけて、栽培期間中、月に2回、害虫種と天敵種、それらの数を調査した。その結果、主要な害虫は、コナジラミ類、ハモグリバエ類、アブラムシ類、アザミウマ類、トマトサビダニであった。コナジラミ類にはオンシツコナジラミとタバココナジラミの両方が見られ、アブラムシ類ではワタアブラムシとチューリップヒゲナガアブラムシが見られた。

コナジラミ類は、6月から発生が始まり、その後増加した。コナジラミの発生に気づいた時点で、天敵ツヤコバチ類あるいは微生物殺虫剤を用いた。コナジラミ類の密度は年によっては株あたり100頭を超えるような密度になり、一部の株に甘露ですす病が発生する場合もあったが、これら天敵類の効果により、全体としては、おおむね、軽微な被害に抑えることができた。

ハモグリバエ類は、6月に発生が始まり、その後、発生株率も密度も増加した。2011年には潜葉痕が目立ったためイサエアヒメコバチを放飼したものの、この年以外は、土着の寄生蜂がハウス内に侵入し、天敵を放飼しなくても気にならない程度の発生に止まった。

アブラムシ類については、2009年5月に、天敵コレマンアブラバチのバンカー法を実施しているのに、ワタアブラムシが増えているという状況を聞いて、調査を始めた。気門封鎖剤、微生物製剤を散布しても、ワタアブラムシは増加し、株あたり数百頭の密度に達した。7月には、微生物製剤と天敵アブラバチの効果が出始め、8月にはワタアブラムシの発生を抑えることができた。ピーク時にはほぼすべての株にワタアブラムシが発生する事態となり、収穫が続けられるのか、非常に不安な状況であった。

2010年は定植直後から調査し、この5月のワタアブラムシの増加の様子を確認した。本来天敵で待ち伏せするのがバンカー法であるが、実際には、作業や労力の都合上、ワタアブラムシが発生してから天敵アブラバチの導入となっていた。このため、天敵の数が害虫に対して十分ではなく、ワタアブラムシの増加を抑えきれなかった。

そこで、2011年以降は、定植直後から天敵が十分機能するように改善した。このミニトマトの定植をする4月は、シュンギクなど冬作が終了し始める時期である。そこで用いたバンカーでは、ちょうど天敵アブラバチが増加している時期でもある。そうした充実したバンカーからムギを刈り取ってきて、ミニトマトのハウスの新しいバンカーに餌アブラムシや天敵を移した。また、圃場内に冬作のバンカーがある場合には、そのまま残しておいた。こうすることにより、定植直後から、十分量の天敵アブラバチでワタアブラムシを待ち構える体制とした。その結果、ワタアブラムシの発生が軽微に抑えられるようになった。

また、7月以降、ハウス内はかなりの暑さになるので、暑さに強いソルゴーを用意し、天敵の餌としてトウモロコシアブラムシやヒエノアブラムシをこのソルゴー上につけておくことにより、土着のアブラコバチ類やテントウムシ類、ショクガタマバエを定着させた。

一方、チューリップヒゲナガアブラムシが発生した年があった。コレマンアブラバチはワタアブラムシやモモアカアブラムシには寄生できるが、このチューリップヒゲナガアブラムシには寄生できない。そこで、まずは、見つけ次第すりつぶしたり、発生の多い茎葉を持ち出したりした。放飼する天敵としては、ミニトマトでは今のところ、チャバラアブラコバチしか適したものがない。テントウムシ類もアブラムシの天敵として販売されているが、トマト上ではうまく活動できない。チャバラアブラコバチを発生箇所集中的に放飼したところ、マミー化したチューリップヒゲナガアブラムシや、アブラコバチに捕食されて死んでいるチューリップヒゲナガアブラムシが見られるようになった。結果として、一部に密度の高い株があったが、限定的な被害でやり過ごすことができた。

アザミウマ類は、発生が多い場合には果実に金粉を振りまいたような黄色い傷がつく。これについては、対応に苦慮していた。2012年のJAS法の改正以降、大きな被害が予想される場合にはスピノサド水和剤が2回まで使えるようになった。これを適期に散布することにより、こうした被害の軽減が可能となった。

トマトサビダニに対しても、当初抜き取り以外に対策が無かった。ひどい年には作の終盤、1/4以上の株を抜き取らざるを得ない事態も経験した。これに対しても、2012年以降ミルベメクチン

乳剤を使用できるようになり、この剤の散布により被害を皆無に近い状態に抑えられるようになった。

以上のように、天敵などの活用により、施設有機栽培でのミニトマト生産の安定化が可能となってきた。そこで、気になるのが、天敵活用によるコストである。

3. 有機栽培ミニトマトでの天敵活用のコスト

そこで、革新的技術緊急展開事業（平成 26 年度補正）により、「大規模施設有機野菜生産法人におけるバンカー法等天敵活用による生産安定化の実証」という課題で、ミニトマトを対象として、主要害虫に対して天敵を活用して生産を安定化し、農業生産法人としての経営に利益をもたらすことを示そうとした。

先に記したとおり、当該農場では、施設ミニトマトでの天敵活用に 5 年間、挑戦してきており、すでに天敵を使わないことの方が不安な状態なので、主力の連棟ハウスでは天敵活用をして栽培し、天敵を活用しない対照区は小さなハウスを用いた。そして、最も作の長い区で害虫発生や収量を調査し、経営的な評価を行った。

革新的技術緊急展開事業 平成26年度補正予算

大規模施設有機野菜生産法人におけるバンカー法等天敵活用による生産安定化の実証

【実証試験：ミニトマト】



施設ミニトマトの主要害虫

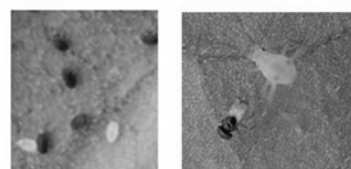


ミニトマト圃場へのバンカー
(天敵銀行)の設置



バンカー上の天敵

+



各種生物農薬の活用

有機JAS規格で許容される防除方法のうち
天敵を活用しない場合と比べて、
バンカー法等天敵活用による害虫管理技術体系で
法人としての利益が高まるかどうか。

施設有機ミニトマト(化学合成農薬ゼロ)における生産安定化の実証

ところが、実際に実施し始めると、天敵活用ハウスでは、前作のレタスで発生したチュウリップヒゲナガアブラムシがミニトマトに引き継がれてしまい、対照区よりも悪い条件となってしまった。一方で、対照区には周辺ハウスで活用している天敵類が侵入し、理想的な対照区としてみることはできなくなった。しかし、天敵活用がコスト的に見合うものかどうかは経営分析から判断することができる。

天敵活用ハウスでは、チュウリップヒゲナガアブラムシが 5 月に増加した。チャバラアブラコ

バチを放飼することにより、7 月にはチュリップヒゲナガをほとんどゼロの状態に壊滅させた。ワタアブラムシとモモアカアブラムシについては、株当たり 0.5 頭以下と、わずかな発生で推移した。これはバンカー法の効果である。バンカー上では、餌アブラムシは常に存在し、4 月～7 月にかけてはアブラバチ類が多く、また、6 月～8 月にかけてはアブラコバチ類が多くいた。8 月以降では、ショクガタマバエやヒメカメノコテントウが多く見られた。結局、アブラバチ類と捕食性天敵を合わせると、作期中、常に天敵が存在する状況であった。

アブラムシ以外の害虫では、コナジラミ類が主要なものであった。天敵活用ハウスではコナジラミ類は 8 月まではわずかな発生だった。9 月以降には増加したものの、ピーク時でも株あたり 15 頭と被害を出さない程度であった。この間、コナジラミの発生状況に応じて天敵寄生蜂オンシツツヤコバチとサバクツヤコバチを 6 回放飼した。一方、天敵を活用しない対照ハウスでは 7 月から増加しはじめ、9 月には株あたり 150 頭と、天敵活用区の 10 倍多く発生した。

このほか、ハモグリバエ類、トマトサビダニなども発生した。ハモグリバエについては特段の対応はしなかった。トマトサビダニに対しては、ミルベメクチン乳剤の活用により、被害は生じなかった。

収量については、天敵活用ハウスでは反当たり 5.5t、対照ハウスでは 4.2t であった。両ハウスともに天候不順のため 7 月～8 月に収量が上がらず、さらに対照ハウスでは秋にも収量が伸びずに終わった。対照ハウスで秋に終了が伸びなかったのは、コナジラミの多発が原因と考えられる。

経営的な面については、天敵活用ハウスでは反当たり 18.7 万円の防除資材費がかかったのに対し、対照ハウスでは約半分の 9.1 万円だった。これは天敵コストの違いである。収益性を純利益で比較すると、天敵活用ハウスでは 86.7 万円、対照ハウスでは 76.7 万円と、天敵活用の方が有利という結果であった。

今回の実証試験では、天敵活用でも収益性は十分確保されていたことを示している。一方、課題も残された。天敵のコストを下げることである。そのために、害虫の発生を防ぐための手段を総合的に用いる必要があった。特に、チュリップヒゲナガアブラムシを前作から持ち越したことは大きな反省点である。

野菜の施設栽培で問題となる害虫はアブラムシ類だけではない。どの品目にしても、化学合成農薬を使用しない場合に発生する多様な害虫を総合的に管理する必要がある。こうした状況は私たち研究者にとっては未経験の部分が多い。また、害虫密度をどの程度以下に管理するのか、そのために必要な天敵の量や放飼回数はどれくらいか、その上で害虫が爆発する心配が無いような圃場の生物相の管理など、分からないことはまだまだ多い。さらに、技術の実用性は、経営的な見地からも評価する必要がある。今後とも、実際の生産圃場において事例を蓄積しつつ、生産者の皆さんと一緒に実用的な方法を考えていくことが大切であると認識している。

参考文献

- 長坂幸吉・大矢慎吾（2003）：バンカー植物の活用－アブラバチ類－．植物防疫 57：505-509.
- 長坂幸吉（2005）：バンカー法技術マニュアル http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/051982.html （2016 年 9 月 15 日現在）
- 長坂幸吉・高橋尚之・岡林俊宏・安部順一郎・大矢慎吾（2010）：日本の促成栽培施設におけるアブラムシ対策としてのバンカー法の実用化．中央農業総合研究センター研究報告 15：1-50．
（<http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryou/kankou/houkoku/hokoku-15-1.pdf>）
- 長坂幸吉・杜建明（2016）施設栽培 有機栽培での天敵利用．根本久・和田哲夫編「天敵利用の基礎と実際」p.103-112.

茨城県における施設での有機栽培の試み

杜 建明

有限会社 ユニオンファーム

1. はじめに

有機栽培は、化学合成資材（化学肥料と化学合成農薬）を利用しない条件下での作物栽培である。これを成立させるには、技術的に大変な難しさがある。例えば、害虫に襲われたとき、化学合成農薬を使うことができれば、有効的に押し返すことができるが、有機栽培ではこれを使用できないため、攻める手段が限られる。

一方、持続可能な農業（Sustainable agriculture）とは、長期的に自然資源と生態環境を保全しつつ、生命の安全と健康を保障し、又経営利益が得る条件下で、社会に十分な農産物を提供する農業である（Schaller, 1993）。

上記の定義からすれば、有機栽培の農法で持続可能な農業を実現すれば、有機栽培農場の経営も成立できるはずである。しかし、実際のところ、我々の経験からすると、農業経営を営む有機栽培農場では、経営上は、全体の1割を超えるロスが許されない。経営の持続と会社を守るため、緻密な観察と、限られた手段で病害虫との戦いを毎日、繰り返し続けている。

当社は2000年に創業、農研機構中央農研等の支援で16年間を持続してきた。時々失敗しながらも技術の蓄積と進歩もある。今回は、我々の有機栽培の試みを紹介する。

2. 当社の有機栽培およびその特徴

まず、健康的な土づくりは有機栽培の基本である。具体的は、緑肥栽培、堆肥投入および太陽熱を利用した土壤消毒である。次は多品目の輪作システムが必要である。輪作は病害虫を避ける簡易かつ有効な方法である。また、当社は、すべて施設で栽培している。施設は、野菜を風・雨から守る。収穫・出荷作業もほぼ天候に左右されない。施設では、防虫ネットの利用により、特にヨトウムシやオオタバコガなどチョウ目害虫の侵入を制限し、これらの食害を軽減できるのは大きな利点である。

当然、輪作、防虫ネットの利用等を組み合わせるが、どんなに予防に努めても病害虫を発生させない方法はない。緻密な観察により早期の防除と対策がポイントとなる。化学合成農薬に頼れない有機栽培なので、天敵・微生物農薬の効果的な利用技術は、農場経営継続の保証にもなる。

3. 土づくり

有機栽培で最も大きな障害となるものは、化学合成農薬を用いずにいかにして病害虫を回避するか、ということであろう（染谷、2014）。特に土壤伝染性病害虫に対しては、堆肥と有益微生物の利用による土づくりが、その基本方策となる。

理想的な土壌性質と言えば、①豊富な有機質を含有する、②豊富な微生物・動物が土着する、③団粒構造で、保肥性・保水性・通気性がよい、④適正な土壌pH、⑤適正な土壌塩類含量などがあげられる。



第 1 図 良質の植物性堆肥を散布

肥沃な土壌は、腐植含量が 10%以上あるが、温帯多雨地帯の日本の畑土壌では、堆肥換算で毎年 10a 当たり約 2t の腐植が消耗されるといわれている（鈴木、1996）。有機肥料の投入量は年間 10a 当たり 3～5t が適切である（本多、1977、Neilsen et al., 1998、小野寺、2000）と言われており、土壌中の腐植維持のため、腐植の消耗量に見合った量として、3 t 以上の有機質肥料を施していく必要がある（第 1 図）。

また、完熟堆肥の利用が重要である。未熟堆肥は病原菌、寄生虫、雑草の種、及び植物生育阻害物質が含まれ（染谷、2014）、好ましくない（第 2 図）。



第 2 図 堆肥利用によるチンゲンサイの発芽と生育に及ぼす影響

上列：未熟堆肥 10%、20%、50%

中列：ハウス土壌（対照として）

下列：完熟堆肥 10%、20%、50%

一方、堆肥が完熟なほど好氣的な分解により糖分などが利用されてしまう。理想的な良質堆肥は 7～8 割の熟度で、作物には障害がなく、多くの低分子の糖とアミノ酸などの栄養分も残っているものである。植物はその低分子の糖とアミノ酸などを直接的に吸収・利用できるのもので、理想的な堆肥の活用により、充実・丈夫・低硝酸含量・高糖度の有機野菜が育まれる。

また、植物性堆肥は、動物性堆肥より安全で持続的に有機栽培圃場に投入できる。例えば鶏糞は鶏舎消毒でカルシウム含量が高い。動物性堆肥を 5 年間以上使用する場合、土壌の塩類集積が発生する恐れがある（杜、2001）。塩類集積とは土壌中の水分は毛管作用によって上層へ移動し、溶存しているイオンを表層に残して水分だけが空中に蒸散する（第 3 図）。表層に時として白色の粉末状の物質がたまることもある。このようないわゆる塩類集積現象はハウス土壌に特徴的なものであり、熱帯乾燥地の土壌と共通したものがある。

塩類集積等を避けるため、当社は、良質の植物性堆肥を投入している（第 1 図）。



第 3 図 塩類集積によるチンゲンサイ生育に及ぼす影響

左：塩類集積、EC 2.83 (mS/cm)；右：正常、EC 0.58 (mS/cm)

大部分の作物は pH6.0～6.5 が最適領域であるから、これよりも pH の低い酸性土壌で栽培すると生育不良になる場合が多い（杜・玉造、2004）。酸性障害の主な原因は要素の欠乏、病害の多発などである。例えば、ハクサイ、キャベツ、シュンギク、ロメインレタス、チンゲンサイなどではカルシウム欠乏による障害が発生しやすいし、多くの作物でマグネシウム欠乏症も発生しやすい。土壌病害との関係では、アブラナ科作物は酸性状態で根こぶ病が発生しやすくなる。

計画的に緑肥を栽培しすき込んで、堆肥等有機資材を投入して、太陽熱土壌消毒を行うのが、土づくりの基本となる（第 4 図）。

緑肥栽培・太陽熱を利用し、ハウスを密閉して高い温度（40～60℃）を長期間（14～20 日）持続させ、有害な病害虫を選択的に死滅させる方法である。植物病原菌の大半を占める菌類は、60℃、10 分間程度の短時間処理によって死滅する。イチゴ萎黄病やウリ類つる割病の原因となるフザリウム病菌は厚膜孢子を形成して、耐熱性が強いが、湿熱条件下では 40℃で 8～10 日間、50℃では 2 日間で死滅する。イチゴ芽枯病を起こすリゾクトニア属菌や白絹病菌はこれよりも弱く、40℃で 4～5 日、45℃では 6～12 時間で死滅する。センチュウ類はさらに弱く、40℃の温湯なら、2 時間で死滅する。



第4図 緑肥栽培（左）と太陽熱土壌消毒（右）

4. 多品目の輪作体制

植物生理に逆らい無理な栽培（例えば燃料利用の加温栽培）でコストをかけるのではなく、植物の自然生育に任せて、より高密度、高回転で土地を生かす「適期適作」と「輪作」を計画的に実施することが重要と考えている（第5図）。多品目生産を実施する事で連作障害の原因になる病害虫の繁殖を大幅に低減出来、無理のない栽培が実現できる。輪作は同じ土地に別の性質（別の科）のいくつかの種類の農作物をサイクルで作っていく農法である。例えば、キズジノミハムシが発生したアブラナ科の後作はレタス類（キク科）を栽培すれば、その被害は生じない。

有機農業者は、化学合成農薬を使えないので、病害防除にはかなり弱い立場にある。まず、輪作で病害虫被害を避けるのが賢明である。

また、輪作栽培は、結果的に多品目の有機野菜を同時に出荷できるので、販売には、とても有利になる。但し、多品目生産は、単一品目の専門農家に比べ、生産効率（栽培、収穫、包装等）は劣る。

5. 施設有機栽培の防除（緻密な観察と早期防除）

施設の防虫ネットをすり抜けて侵入した微小害虫は、降雨の無い、温暖な環境で増加しやすい。即効的な防除手段のない有機栽培では、さらに大きな問題を生じさせる。上記の土作りはもちろん、輪作等の耕種的手段や防虫ネット等の物理的手段によって害虫が発生しにくい環境作りが試みられている場合でも、微小害虫の問題は依然として大きい（長坂・杜、2016）。この問題を解決するには、緻密な観察とバンカー法等を始めとする早期防除（対策）が重要である（長坂、2005）。例えば、

○アブラムシ類の対策は、野菜の播種・定植前或いは同時に施設内にバンカーを設置する。天敵としての寄生蜂、アブラバチ類を定着・増殖させることで、野菜のアブラムシ類をその発生初期に攻撃してくれる。コレマンアブラバチは、モモアカアブラムシとワタアブラムシに、チャバラアブラコバチはミニトマト、エンサイ等のチューリップヒゲナガアブラムシに寄生する。自社農

場内で繁殖したアブラバチを採集して「予備部隊」として天敵の不足している場所に投入することもできる。

一方、テントウムシ（ヒメカメノコテントウ、クロヘリヒメテントウ等）、ショクガタマバエも優秀なアブラムシ類の捕食者として活用できる。エンサイではアブラムシの被害が大きい場合でも、4週間後には天敵の力で回復できる。

○コナジラミ類はミニトマト等の主要害虫である。発生初期からオンシツツヤコバチとサバクツヤコバチを1～2週間置きに3～5回程度投入すれば、抑えられる。マミー率が2～3割以上見られたら、一安心できる。また、微生物農薬ゴッツAは、コナジラミ類の防除も有効である。



第6図 天敵のチリカブリダニ（左）および害虫のハダニ（右）

○ハダニはエンサイとモロヘイヤ等の主要害虫である。発生初期からチリカブリダニを1～2週間置きに3～5回程度投入すれば、抑えられる。ただ、この天敵の良いところでもあり、欠点でもあるのだが、ハダニしか食べないので、ハダニが全滅するとこの天敵カブリダニも全滅してしまう。天敵を維持するために、害虫のハダニが全滅しないように管理するのは容易ではない。

もう一つの欠点は、チリカブリダニの移動能力は低いことである。このため、1日おきに天敵と害虫の勢力バランスを見ながら、餌が足りなくなりそうなチリカブリダニを、別のハダニのコロニーまで移動してやる。長く定着させるための、チリカブリダニ利用の技である。

○ハスモンヨトウはほぼ全ての野菜の主要害虫である。成虫を施設に侵入させないのが、原則である。一旦侵入され、卵塊が見られるようになったら、大変である。ユニオンファームのある茨城県の場合、8月1日から10月15日の期間は特に注意が必要である。毎日、圃場を廻り、野菜を詳細に観察して、成虫、卵塊或いは集団となっている孵化したばかりの幼虫を発見したら、捕殺・処分した後、すぐにBT剤で防除すれば救われる（第7図）。



第7図 ハスモンヨトウの成虫（左）、孵化した卵塊（中）、前日に BT 剤をかけられた元気がない幼虫（右）

但し、発見が遅くなり、3 齢以上の幼虫が分散したら、野菜が全滅してしまう（早めに片付けが賢明である）。また、スピノエース顆粒水和剤（微生物由来の農薬）は、ヨトウムシ類の防除にも有効である。



第8図 キスジノミハムシの成虫（左）、幼虫（中）、被害の水菜圃場（右）

○キスジノミハムシはアブラナ科野菜の主要害虫である。茨城県では7～10月、特に8～9月が発生時期である。幼虫は地下で根を食害し、成虫は地上で葉を食害する（第8図）。夏になったら圃場の土壌から孵化して成虫もいる。外部からハウスに侵入する成虫もいる。

防除手段としては、①輪作、キスジノミハムシ被害の恐れがある圃場にアブラナ科野菜を栽培せず、ホウレンソウ、エンサイ、モロヘイヤ、レタス類等を栽培する。②太陽熱土壌消毒を行う。③太陽熱土壌消毒できない場合、圃場に1晩灌水して7～10日間ハウスを閉めきることにより、キスジノミハムシの防除に有効である。④ムシコロ等の物理防除も有効である。但し、キスジノミハムシが大発生したら、有機栽培として押さえ込むことはできないので、早めに野菜を片付けるのが賢明である。

○ホウレンソウの病害は、株腐病（*Rhizoctonia solani*）、立枯性病害（*Pythium* sp.）（発芽後間もなく、根から胚軸の地際部にかけて水浸状に褐変、腐敗する）、萎凋病（*Fusarium oxysporum* f. sp. *Spinaciae*）（主根・細根が黒変し、萎凋・枯死する）等があげられる。対策は、①輪作、②太陽熱土壌消毒である。

べと病（*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*）が発生する場合は、品種選択が有機栽培の有効な対策である。

○レタス類の病気 ベと病（*Bremia lactucae*）が発生する対策は、①品種選択、例えば、春Pとセテロ（シンジェンタ）など、②換気を十分して湿度を低く管理する。

ここまで述べてきたような病害虫防除方法をとった場合、有機栽培であっても、防除資材コストは意外に低い。例えば平成 25 年 7 月～26 年 6 月、当社では 1.41 億円の有機野菜の売上があった。防除資材コストとして、農薬費（天敵、BT 剤等）は 55 万円であり、売上高に占める割合はわずか 0.39%であった。一方、平成 21 年度全国野菜総生産 2.331 兆円に対する農薬費は 0.118 兆円（5.1%）であった。従って、当社の天敵・微生物農薬費は、慣行栽培の農薬費の 1 割以下となる。但し、作物の観察と天敵の世話にかかる人件費は高くついている。

有機栽培は、大変だが面白い仕事でもある。技術のさらなる進展のために、有機栽培技術の勉強や交流の機会を多く作っていただくことや、多くの人に取り組んで入っていただけるよう普及を進めていただくことなどが大切である。

参考文献

染谷 孝（2014）完熟堆肥と微生物を活用した土づくり．有機農業研究者会議2014 資料集 9-17.

杜 建明（2001）化学的土壌ストレスの深刻化とその対策．今月の農業 45（5）：102-106.

杜 建明・玉造和男（2004）酸性土壌によるハウレンソウの生育障害とその対策．今月の農業、48（5）：80-83.

長坂 幸吉（2005）バンカー法技術マニュアル http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/051982.html （2016 年 9 月 15 日現在）

長坂幸吉・杜 建明（2016）施設栽培 有機栽培での天敵利用．根本 久・和田哲夫編 「天敵利用の基礎と実際」 103-112.

熊本県における 施設有機トマト栽培の取り組み

澤村 輝彦

有限会社 肥後あゆみの会

1. はじめに

有限会社肥後あゆみの会（熊本県宇城市）は、平成 13 年 10 月に設立した。従業員は正社員 13 名、パート 9 名。会員は澤村農園と柑橘農家 3 名で、有機 JAS 認証の取得面積は 15ha、転換中は 3ha である。また、新規就農者が 4 名で、今年 10 月よりさらに 1 名（40a）が就農する。

農産物は有機 JAS 認証を取得し、澤村農園の作付面積および出荷時期は下記のとおりで、主な取引先は、ビオ・マーケット、生協、卸問屋、マルタ、個人宅配、直売所などである。

また農産物は、ジュース、ソース類、ドライ品、シロップに加工し、販売している。



澤村輝彦・みつ子夫妻

澤村農園の作付面積と出荷時期

作 目	作付面積 (a)	出荷時期
トマト	370	12 月～6 月
ミニトマト	80	9 月～6 月
ショウガ	200	12 月～7 月
タマネギ	60	12 月～2 月
茎ブロッコリー	100	12 月～3 月
ニンニク	20	6 月～5 月
露地果菜類（オクラ、キュウリ、ナス）	25	7 月～9 月
水稻	300	10 月～9 月
果樹（キンカン）	40	1 月～2 月
落葉果樹	200	今期予定
合 計	1,395	

2. 地域の概要

宇城市不知火は、九州のほぼ中央に位置し、不知火海に面した南斜面でミカン、ブドウ、内陸でトマト、ミニトマトが栽培され、全国各地に出荷されている。地域の人口は 12,000 人。

とくに、年間通じて露地栽培が可能で、昭和中期まで塩田として利用された水田では、トマト、ミニトマトの糖度が 12～13 度と高く、フルーツトマトとして栽培されている。

3. 澤村農園と肥後あゆみの会の略歴

- 昭和 55 年 熊本県立農大卒業と同時に就農し、後継者育成資金で連棟ハウス 40a を建設。春メロン、抑制アールスメロン、抑制トマト栽培に取り組む
- 昭和 61 年 経営移譲を受ける、62 年結婚、メロン 34a 増反（借地）
- 昭和 62 年 安全、環境 を考える消費者に共鳴し、メロン生協出荷開始
- 昭和 63 年 除草剤、化学肥料を使用しない合鴨農法に取り組む（合鴨成鳥の取り扱いに困り、平成 6 年からジャンボタニシによる除草対策へ）
- 平成 8 年 肥後あゆみの会結成
- 平成 10 年 水田の有機 JAS 認証取得
- 平成 11 年 露地野菜の有機 JAS 認証取得
- 平成 13 年 ハウス野菜の有機 JAS 認証、熊本県「有作くん」認証取得。
- 平成 13 年 肥後あゆみの会、有限会社となる
- 平成 15 年 有限会社では農地取得が難しいため 1 戸 1 法人となり、他の出荷者の農産物は仕入れ会計を行って共同出荷を続ける
- 平成 27 年 自社加工所設立。5 月に有機認定を受け、有機加工食品の生産体制が整う。商品の安定的な生産や、商品開発に取り組んでいる



4. 有機農業へのきっかけ

昭和 55 年、熊本県農業大学校卒業後、20a の自作地と 20a の借地にハウスを設置し、就農した。このころは、作物を作れば売れる時代の最後であったような気がする。

就農 5 年目、友人から減農薬メロン栽培を紹介された。当時、プリンスメロンを栽培していたが、当地では急速にメロン栽培が普及し、栽培面積の拡大・増産へと邁進していた。

減農薬栽培には、10a のハウスから取り組んだが、栽培技術が未熟であったこともあり、数年品質が安定しなかった。しかし、減農薬栽培の取り組みに対して、生協の組合員の方々に期待をもって見守っていただいた。

我が家は先代まで漁業を営んでいた。小さいころ父と漁に出かけることが楽しみで、四季を通じていろいろな魚介類をいただいていた。しかし原因は不明であったが、豊かな海から急速に魚がいなくなることを経験した。また、水俣の生産者、流通の皆さまとの出会いがあり、「農業も自然を守る産業であること」を深く学ぶことができた。

農業に従事して 10 年目の春、すでに 30 歳になっていた私は、2ha まで拡大した農地をすべて有機農業に転換することを決意した。10 年間無我夢中で取り組み、40 歳の時に、一人でやるより、地域の仲間へ広めようと、「肥後あゆみの会」を設立。当初、6 家族でスタートしたが、理想



と現実のギャップ、台風などの自然災害も重なり、4名の柑橘農家の圃場に枯れ木が広がり、設立から5年目には面積が半分程度に減少し、苦しい経営状況に追い込まれた。その後、ただ耐えることと、栽培技術の確立に努めた。この間、いろいろな技術との出会いがあったが、現在では、韓国の自然農業協会、趙漢珪（チョー・ハンギュ）先生との出会いにより、我々の経営はあると思っている。

5. 大型トマト栽培

(1) 作型

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12(月)	加温の有無
促成Ⅰ	△			■		■	9～10段						加温
促成Ⅱ		△		■		■	7～9段						加温
促成Ⅲ		△			■	■	6～7段						無加温
抑制Ⅰ					■	■	13～15段		△			■	加温
抑制Ⅱ	■				■	■	13～14段			△			加温
抑制Ⅲ		■				■	13～15段			△			加温

△: 定植

■—■: 収穫(段数)

9月定植の抑制Ⅰは、土壌病害の出にくく、比較的栽培しやすい塩田跡地で栽培し、糖度の高いフルーツトマトとして販売している。また、収穫終了後、7～9月はハウスのビニールをはがし、露地状態にしている。

(2) 品種

9月定植：CFハウス桃太郎（タキイ種苗）

10月、1～2月定植：マイロック（サカタのタネ）

(3) 堆肥・肥料・施肥・追肥

促成Ⅰ～Ⅲ

8～9月に堆肥（3～4t）を散布後、ボカシ肥料（300～400kg）を1～2回追肥（穴肥）している。

抑制Ⅰ～Ⅲ

8月に堆肥（3～4t）を散布後、ボカシ肥料（300～400kg）を3～4回追肥（穴肥、溝肥）している。



河川敷のカヤ、アシなどの野草を3年かけて熟成。窒素成分の少ない堆肥を施用すると作物の白根が多くなり、生命力が旺盛となって土壌病害も少なくなり、自然な味と香りになることを実感

自家製ボカシ肥料の配合

材料 土：40%、糠：40%、ナタネ粕：3%、
魚粉：5%、骨粉：3%、カキ粉末：
3%、カニガラ：3%、グアノ：3%

成分 窒素：0.8～1.0%、リン：0.8～
1.0%、カリ：0.9～1.0%



ボカシ肥料の施用位置（溝肥、穴肥）

(4) マルチ

促成

透明マルチ。4月からは黒マルチにする。

抑制

麦わらマルチの上に透明マルチ。4月からは黒マルチにする。

(5) 葉面散布

夏季は夕方から、冬季は朝から散布する。

黒糖と植物（タケノコ、セリ、トマトの芽、ヨモギ、アケビ、ワカメ・昆布などの海草）を1対1の割合で混合・抽出した自家製活性液を500～1,000倍に希釈して散布する。



自家製活性液の葉面散布

(6) 防除（病虫害対策）

虫害

コナジラミ：生物農薬、粘着板

ヨトウムシ：BT剤

アブラムシ：油剤

ダニ：硫黄

ハモグリバエ：スピノエース顆粒水和剤

病気

疫病：ハウス内の温度を高くする（とくに、冬季12月～2月）

灰色かび病：ハウス内の温度を高くする（とくに、冬季12月～2月）、生物農薬

葉かび病：肥料切れを起こさないこと

うどんこ病：硫黄

疫病対策

- ① 11月から3月までの期間で、曇天、雨、気温が低い場合、ハウス内の温度を13～16℃に保つように注意している。
- ② 定植後、土壌水分を少なくし、3段目開花以降から水分を与えるようにしている。
- ③ 肥料の成分、施肥量を少なくする。

6. 今後の目標と課題

促成Ⅰ～Ⅲの栽培では10aあたりの収量を現行の6～8tから8～10tに、抑制Ⅰ～Ⅲの栽培では収量を現行の7～9tから10～12tにすることを目標としている。

有機農業に取り組み、味、おいしさ、うまみ、病虫害対策など問題・課題は山積みであるが、一つひとつ解決できる糸口が見えてきた。

私たち人間にとっての食べものが、植物にとっての肥料や堆肥などの養分であるならば、「肥料や堆肥などの成分、質、量をどう考えるのか」「収穫終了後の土をいかに休養するのか」が大切と考え、緑肥作物（夏：ソルゴー、冬：エンバク）の導入や、土壌にストレスを与えない堆肥として、野草堆肥（2～3年熟成したもの）の施用を行っている。

また、自家製ボカシ肥料の成分を低く抑えることで、病虫害の発生は少なくなるが、収量とのバランスを考えた成分や施用量を考慮して栽培している。

人が健康で、元気になれるような農作物の栽培に、今後とも努力していくつもりである。

参考資料

熊本県有機農業研究会（2014）ハウスでトマト単作の有機栽培を実現（澤村輝彦）「平成 26 年度熊本県内
有機農業者の技術・経営体系化等事業報告書」：58-60.

くまもと有機農業推進ネットワーク（2010）澤村輝彦「くまもと有機農業白書」：68.

第 2 部

ポスターセッション

コアタイム（ポスター前での説明）

奇数番号 16 時 ～16 時 35 分

偶数番号 16 時 35 分～17 時 10 分

1. 島根県における有機農業の推進
2. 福島県における有機農業の普及の経過
3. 高能率水田用除草機の除草効果と水稻の生育
4. 水稻初期生育を改善する革新的土壌管理技術と診断キットの開発
5. 有機水田における新たなリスクー外来水草ヒメホテイアオイ（*Heteranthera reniformis*）定着の危険性ー
6. 陽熱プラスで土づくりー太陽熱土壌消毒法の効果とは
7. 樹高 3.5m までの果樹に防鳥網を簡単に掛け外しする方法「らくらく設置 3.5」
8. 廃棄された果実の哺乳類による利用実態～廃果対策によって鳥獣害を減らすために～
9. 豊かな作物、豊かな生物相、豊かな経営を目指した土づくり
10. 培地としての有機質土壌およびロックウールが Fertigation におけるトマト生育に与える影響
11. 穴肥・超疎植多本仕立・野草帯・育種による無灌水有機施設栽培
12. 緑肥間作とその敷草が土壌およびトマトの品質に及ぼす影響
13. 草と共に生きる～オーレックの草刈機開発～
14. 農法の異なる農耕地土壌の生物多様性評価ー亜熱帯における大型及び徘徊性土壌動物についてー
15. 有機農業への転換技術の留意点

島根県における有機農業の推進

岸田 佳之¹・安達 康弘²・佐々木 真一郎²

¹島根県農産園芸課、²島根県農業技術センター

1. 背景

島根県では、「有機農業の推進に関する法律（H18 年 12 月）」「しまね食と農の県民条例（H19 年 2 月）」の制定に加え、豊かな自然環境・多様な生態系に恵まれているという環境や、食の安全・安心志向や農村・自然への回帰志向の強まり、有機農業を志向する UI ターン者が増加する状況を踏まえ、有機農業を県の農業・農村活性化施策の柱の 1 つに位置づけ、島根県有機農業推進計画を策定（H20 年 3 月策定、H25 年 3 月見直し）し、有機農業を推進しています。

2. 推進の考え方

【本県が推進する有機農業】

- 化学合成肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないこと。
- 地域資源を有効活用することにより、農業の自然循環機能を大きく増進し、生態系との調和を図ること。
- 農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いること。

【推進方向】

- 「地域自給を基本とした取組」と「経済活動として展開されている取組」を車の両輪として進める。
- UI ターン者の受け入れを始め、担い手の育成による島根農業の活性化と定住に寄与する取組を進める。

3. 具体的な取組み

推進事項

有機農業による生産取組の推進

- ・既存技術の実証や「有機栽培」支援技術をテーマとした重点研究プロジェクトの取組
- ・県の農業普及組織に配置した「有機農業担当」のコーディネートによる支援活動の強化
- ・有機農業実践者に対する技術の導入、共同利用機械等の整備等への支援
- ・有機 J A S 等の認証制度の活用に向けた支援

推進事項

有機農業による新規就農の支援

- ・県立農林大学校有機農業専攻を拠点にした新たな担い手の育成への取組
- ・研修受入農家、農地、雇用就農先等の情報の把握による関係機関の連携した支援
- ・就農給付金制度や「半農半 X」での就農支援策などの有効活用

推進事項

有機農産物の販売支援

- ・有機農産物等のカタログ作成、県内商談会の開催や全国商談会への出展等の取組
- ・先進的な農家（団体）との共同販売や、ネットワーク構築による販売提携の促進
- ・生協、量販店、産直市・マルシェ等との連携した取組

推進事項

有機農業に対する理解の促進

- ・有機農業実践者の先進的な取組等を県内外に情報発信することによる島根の有機農業の認知度向上
- ・環境や水質を守るための流域ごとの有機農業の面的拡大の支援
- ・有機農業や食を通じた食農教育の視点からの生産者と子どもたちとの交流活動の促進

推進事項

ネットワークの構築

- ・生産から消費まで、有機農業の推進に取り組む関係者が、それぞれの立場や考え方を尊重しながら連携を図るネットワーク体制の構築

4. 重点研究「有機農業推進のための技術開発プロジェクト」の概要

① 水稻の有機栽培支援技術の確立

＜雑草防除技術＞

- ☐ 除草剤を使わない雑草防除技術を完成
- ☐ 農機メーカーと除草機械を共同開発
- ☐ 食味の良い有機米生産技術を開発
- ☐ 現地栽培実証

＜病害虫被害の軽減技術＞

- ☐ 種子伝染性病害の防除対策
- ☐ 耕種的手法による病害虫被害軽減
- ☐ 有機 J A S 技術の検証

② 畑作物の有機栽培支援技術の確立

＜ソバとナタネの輪作体系＞

- ☐ ナタネの晩播き栽培技術と除草対策
- ☐ ソバの品種改良
(輪作用早生品種、多収性、耐湿性等)
- ☐ 輪作体系の現地実証

＜野菜の有機栽培技術＞

- ☐ 有機実態調査の実施と課題等の抽出
- ☐ 有機技術の栽培実証とマニュアル化
- ☐ 有機ほ場における病虫害回避技術と土壌管理指針の策定

③ 有機技術の評価手法等の開発

＜生物多様性評価＞

- ☐ 有機栽培ほ場での指標生物調査
- ☐ 指標生物の評価システム

＜経済性評価と担い手確保対策＞

- ☐ 有機技術の経済性評価と販売対策
- ☐ 栽培者確保に向けたビジネスモデルの提案

5. 現状と今後の課題

有機農業の取組面積や有機農業による新規就農者数は、着実に増加しています。

県では、平成 27 年度有機農業取組面積を 400ha (耕地面積に占める割合 1.07%) と推計しており、有機 JAS 認定ほ場面積のシェアは 0.62% で全国 1 位になりました。

今後さらに取組拡大のスピードをアップさせるため、水稻での有機栽培の拡大、グループ化や市町村段階での推進体制整備、食育推進組織や JA との連携等を進めていくこととしています。

福島県における有機農業の普及の経過

桂 智宏

福島県農業総合センター有機農業推進室

1. 福島県における有機農業の推進経過

- H16. 2 有機農業の実態を把握するため、職員2名を海外(アメリカ)へ派遣。
- H16. 4 双葉農業普及所に有機農業推進担当を配置し、技術の検証に着手。
- H18. 4 農業総合センターに有機農業推進室を設置するとともに、県内3方部に有機農業推進担当を配置し、全県的な推進体制を整備。
- H18. 4 全県下において有機農業技術の組み立てと実証に着手(18か所14作物)。
- H18.10 県がJAS法に基づく有機農産物の認定業務を開始。
- H20. 3 技術検証の結果を基に『「ふくしま型有機栽培」等推進技術資料』を策定。
- H21. 3 技術の検証結果や試験研究成果を取りまとめた推進技術資料「有機栽培の手引き」を策定。
- H22. 3 福島県有機農業推進計画の策定。
- H22. 4 「有機農業活用！6次産業化サポート事業」及び「水と土を守る！環境と共生する農業実践事業」に取り組む。
- H23. 3 東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故の発生。
- H25. 8 有機農業再生支援事業に取り組む。
 - ① 販売体制の構築と販路開拓
 - ② 生産体制の再構築
- H27. 4 福島県有機農業推進計画（第2期）の策定。
- H28. 3 関連試験成績や技術体系を追加掲載した「有機栽培の手引き（改訂版）」を策定。

2. 福島県の有機農産物の作付面積

(1) 有機農産物の作付面積の推移

平成16年から有機農業の技術開発・検証等を行いながら、その普及推進に取り組んだ結果、有機農産物の作付面積は年々増加し、平成22年度は平成16年度と比べ、約2倍の面積となりました。

しかしながら、東日本大震災及び原発事故の影響により、栽培面積は大幅に減少しています（特に浜通りの水稲作付面積は大きく減少）。

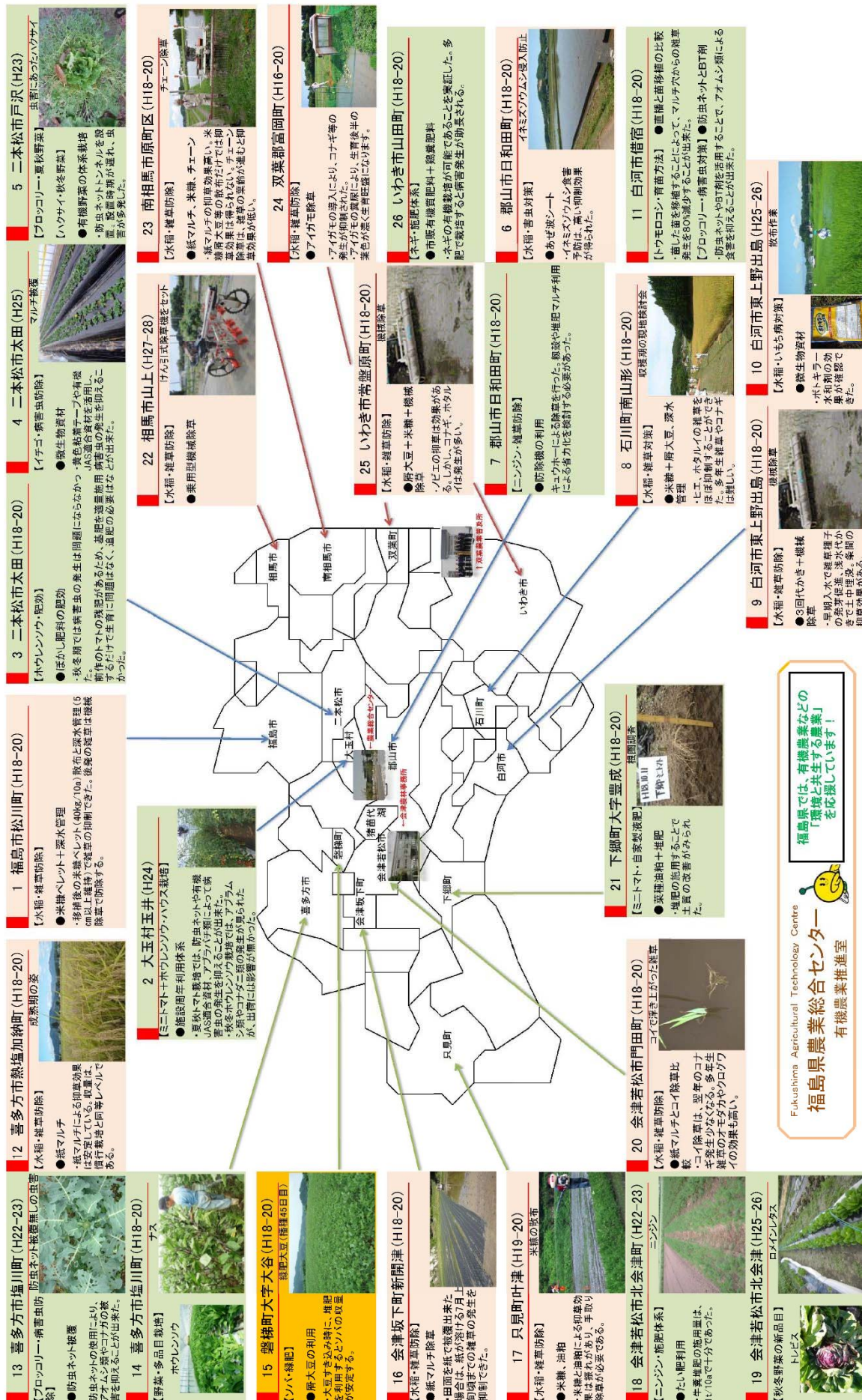
表1 福島県における有機JAS認証農産物の作付面積の推移（単位：ha）

年度	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年
有機JAS面積	137	220	212	215	233	262
うち水稲	105	186	177	179	189	206
うち青果物等	32	34	35	36	44	56

年度	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年
有機JAS面積	282	265	232	219	193	187
うち水稲	225	197	158	150	133	125
うち青果物等	57	68	74	69	60	62

平成16年からの福島県有機栽培現地実証 主な取組状況

平成16年度に双葉地方に有機農業推進の担当職員が配置され、有機農業モデルほ場の設置による技術の実証と普及に着手しました。
平成18年度に農業総合センター開設と同時に有機農業推進室を新設し、同時に会津農林事務所にも有機農業推進担当職員が配置され、浜通り、中通り、会津の3地方全域で技術の実証、栽培体系の組み立てとその普及を図ってきました。



Fukushima Agricultural Technology Centre
福島県農業総合センター
有機農業推進室
福島県では、有機農業などの「環境と共生する産業」を応援しています！

高能率水田用除草機 の除草効果と水稻の生育

三浦 重典¹・吉田 隆延²・内野 彰¹・野副 卓人¹・早川 宗志¹

¹（国研）農研機構中央農業研究センター、²（国研）農研機構 農業技術革新工学研究センター

1. はじめに

水稻の有機栽培では雑草対策が重要な課題であることから、農研機構ではこれまで多目的田植機に装着するタイプの高精度水田用除草機を利用した除草体系について検討してきた¹⁾。一方、中小規模の生産者をターゲットにしたミッドマウント型除草専用機である高能率水田用除草機を開発し、みのる産業株式会社より 2015 年に販売を開始した。本発表では、高能率水田用除草機の特徴と本機を利用した水稻の有機栽培試験の概要について紹介する。



図 1 高能率水田用除草機(6 条タイプ)

2. 高能率水田用除草機の特徴

高能率水田用除草機（図 1）は、3 輪型乗用管理機の車体中央部に除草装置が搭載されており、ベース車両からの PTO により駆動する。本機は、オペレータが除草部を常に視認して作業ができ、かつ車体後部装着方式に比べて操舵に伴う除草部と条間のずれが小さくなることから、欠株が少なく高精度な作業を行うことができる。除草機構は、水稻の条間は駆動爪付きロータが回転することにより、株間は揺動レーキが左右に揺動することにより除草を行う方式となっている。ロータは作業面の位置に合わせて深さを調整でき、揺動レーキは高さ 3 段階、揺動速度を高・低（400 または 750rpm）の 2 段階に変えることが可能である。

3. 高能率水田用除草機を利用した水稻有機栽培試験

(1) 試験方法

試験は、2016 年に埼玉県鴻巣市の農業技術革新工学研究センター附属農場内の圃場で実施した。本圃場は、2010 年より有機 JAS 法に準じた栽培管理を行っている。処理として、高能率水田用除草機により除草を行う 2 区（高能率一低区：揺動レーキの揺動速度が低速の区、高能率一高区：揺動速度が高速の区）、高精度水田用除草機により除草を行う区（高精度区）および除草作業を行わない無除草区を各 3 反復で設置した。水稻（品種は「彩のかがやき」）は 6 月 21 日に株間 18cm で中苗を移植した後、欠株がないよう補植した。除草作業は 7 月 1 日と 7 月 11 日の計 2 回実施し、各作業後に雑草の残存数と水稻の欠株の調査を行った。8 月 2～3 日に雑草と水稻をサンプリングし、乾物重等を調査した。施肥（有機アグレット 666 特号）は基肥＋追肥で N、P₂O₅、K₂O＝各 3kg＋3kg/10a とし、苗活着後から中干しまでの水深は約 10cm 以上に維持した。

(2) 試験結果

試験圃場における優占雑草はヒエ類およびコナギであり、イヌホタルイやヒメミソハギ等も発生していた。高能率区の 2 回の除草作業後の残草数は高精度区に比べてやや多く、いずれの処理

区でも条間に比べ株間の残草が多かった。水稻の欠株率は、全処理区とも 2%以下で低かったが、高能率区では高精度区の半分程度となった（表 1）。

移植約 6 週後（最高分けつ期頃）の雑草の乾物重は、無除草区で 97g/m²となったのに対し、除草作業を行った 3 処理区では概ね 20 g/m²で処理区間に有意な差はなかった（図 2）。水稻の生育についても高精度区で茎数が少ない傾向にあったものの、草丈、SPAD 値（葉色）および乾物重では 3 処理区間で大差はなかった。同時期に移植した慣行栽培圃場と比較すると、茎数が 1～2 割程度少なく、乾物重は 2～3 割程度大きかった（表 1）。

表 1 水稻の欠株率、茎数、草丈、SPAD 値及び乾物重

処理	欠株率 (%)	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	SPAD値	乾物重 (g/m ²)
高能率-低区	0.8	381	76.3	34.7	369
高能率-高区	0.7	353	76.3	35.1	340
高精度区	1.8	340	77.2	34.5	335
無除草区	0.5	258	75.4	31.7	247
慣行区	-	428	72.2	37.6	277

注 1) 慣行区は隣接する慣行栽培圃場のデータ(参考値)

2) 欠株率は7/29, その他の項目は8/3に調査

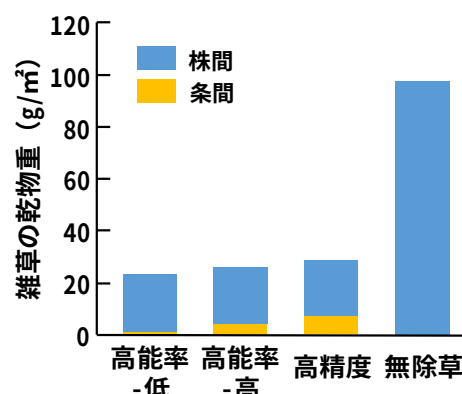


図 2 雑草の乾物重 (8/2 調査)

注) 無除草区は条間と株間の区別

(3) 考察

高能率水田用除草機を利用した除草体系は、高精度水田用除草機に比べ除草作業直後の残草数はやや多かったが、移植 6 週後の乾物重に差がなかったことから、本試験における両機の除草効果は同等と考えられる。前述したように高能率水田用除草機は、ロータおよび株間ツースの位置を細かく調整可能である。今後、両装置の位置を圃場条件等に応じてより適切に調整することにより除草効果が向上する可能性はある。本試験に使用した圃場は耕盤が浅く、除草機の走行が安定していたことなどから水稻の欠株率は全般に低かった。特に、高能率水田用除草機による除草作業では欠株はほとんど生じなかった。他の圃場での試験においても、高能率水田用除草機では高精度水田用除草機に比べ欠株率が低いというデータが得られており、欠株率の低さは高能率水田用除草機の特徴の一つであるといえる。除草作業を行った 3 処理区では水稻の生育は概ね順調であった。しかし、慣行栽培に比べると、これまでの試験結果と同様に茎数が少ない傾向にあった。これは有機質肥料の分解や利用率の低さなどが要因と推察されるが、機械除草による移植苗へのダメージが影響している可能性もある。

4. 今後の研究方向

以上より、高能率水田用除草機は高い除草効果を有し、欠株率を低く抑えることが検証された。水稻の収量等については現在調査中である。水稻の有機栽培では圃場条件や優占する雑草の種類によっては、機械除草のみでは十分な除草効果が得られない場合がある。このため、現場では耕種的な抑草技術と機械除草とを組み合わせた除草体系の導入が重要となる。今後、現地農家での実証試験等をつうじて、高能率水田用除草機の導入条件や最適な使用法等を検討していく予定である。

<引用文献>

- 1) 三浦重典ら (2015) 除草機械と米ぬか散布等を組み合わせた水稻有機栽培体系の抑草効果と収量性. 中央農研研究報告 24 : 55-69

水稲初期生育を改善する 革新的土壌管理技術と診断キットの開発

大久保 慎二¹・岩石 真嗣¹・白鳥 豊²・古川 勇一郎²

加藤 茂¹・三木 孝昭¹・阿部 大介¹・山崎 研一³・羽生田 聡³

¹（公財）自然農法国際研究開発センター、²新潟県農業総合研究所、³アスザック（株）

1. はじめに

水田土壌に施用された有機物は、微生物により分解されて水稲に養分を供給する。その過程で土壌の酸素が消費されて還元化が進行するが、それが急激に起こると、発根障害などの初期生育不良が発生し（還元障害・図1）、またそれにより雑草発生が助長される。この還元障害に伴う初期生育不良および雑草発生は、有機物のみを肥料とし、さらに除草剤を利用しない有機栽培では大きな問題となっている。しかし、多くの有機栽培農家は単なる雑草問題と認識しているため、根本的な対処が進んでいない。そこで本研究では、還元障害を予防する土壌管理技術、還元障害を簡易に予測する土壌診断技術、診断結果に基づいた対応技術を開発することで、実施農家への還元障害の理解促進および障害低減・回避による有機米の収量性改善を目標とした。

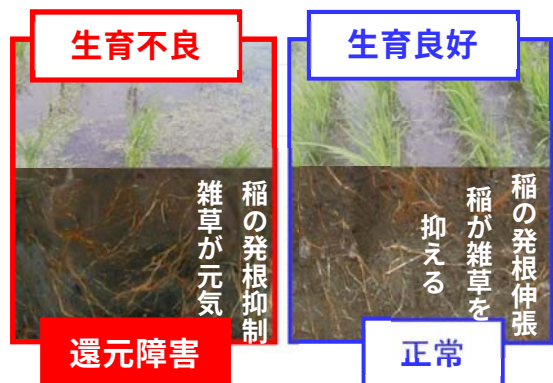


図1 還元障害（左）と正常な状態（右）の地上部および地下部

2. 研究の内容・主要な成果

(1) 農家自身が代かき後土壌を培養し、酸化還元電位低下量、ガス発生量、溶存アンモニア態窒素量を診断することで、還元障害による初期生育阻害を田植え前に予測する簡易な診断キットを開発した（図2～4）。

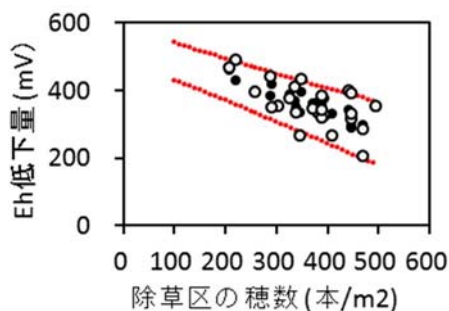


図2 培養土壌のEh低下速度と最高分けつ期における水稲茎数の関係



図3 キット試作機による培養状況
キットは培養槽、30℃加温用ヒーター、密栓培養容器、Eh測定用の簡易Eh計と電極、培養容器内のガス発生量測定用のガスゲージなどにより構成される



図4 ガス発生量の測定状況
ガス湧き（左）によりシリンジ内の水が上昇する

- (2) 診断に基づく対応策として、①田植え時の植付株数増により生育不良分を補う方法（図 5）、②移植時期をずらし異常還元の害を軽減する方法、③追肥のタイミングを早め生育を改善する方法（図 6）、を開発した。

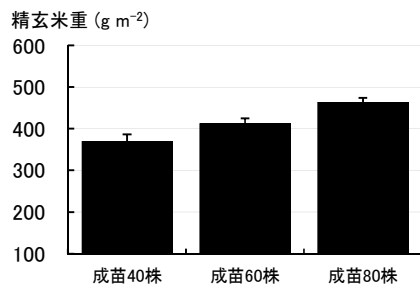


図 5 異なる栽植密度における精玄米収量

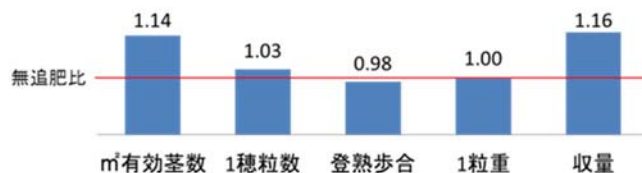


図 6 早期追肥が収量構成要素におよぼす影響

- (3) 水稻初期生育阻害物質である遊離硫化水素の簡易な測定法を開発するとともに（図 7）、還元障害を予防する土壌管理技術として、稲わらや米ぬかなどの秋施用（図 8）、秋耕起、土壌の排水促進の効果を明らかにした。

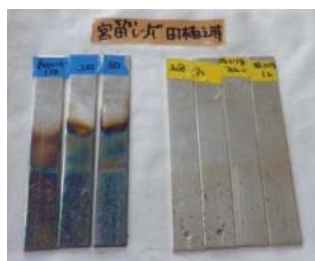


図 7 硫化水素検出装置
銀メッキ板を土壌に挿入すると、発生した硫化水素により板が黒色化（左）する。
特願：2015-218346

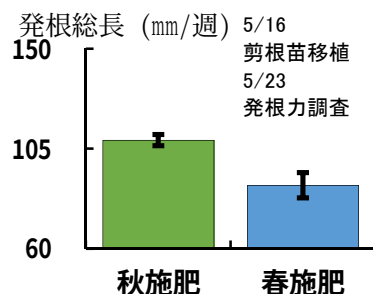


図 8 施肥時期と移植苗の発根
米ぬか施用は 20kg/a 相当量

- (4) 信越地域におけるこれら成果の活用による 24 組の比較実証試験で、平均で 9%の増収効果や 30%の雑草発生量の減少効果を確認した。うち対照区が不良環境条件にあった 10 組では、対応技術の適用によって目標とした 15%以上の増収効果を得、対応策が増収とコスト低下につながることを確認した（図 9・10：X 軸は各調査区）。

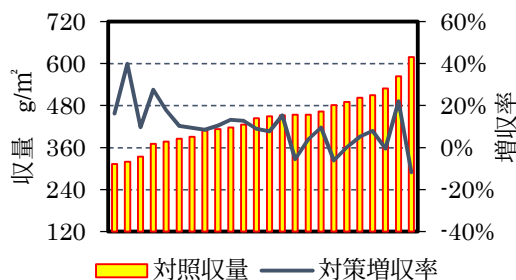


図9 対応策の実施による増収効果

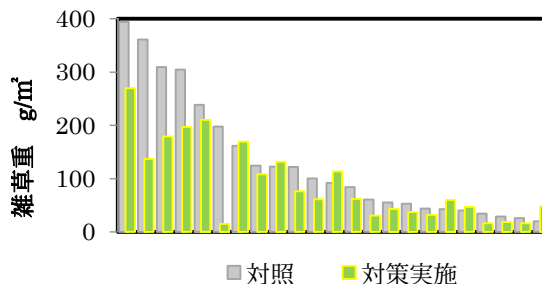


図10 対応策の雑草抑制効果（出穂期乾物重）

3. 今後の課題

本研究成果は信越地域の寒冷地水田にて実績がある。今後、温暖地や多雪地域などにも対応するため診断精度を向上させ、本技術を洗練・体系化していく必要がある。

本研究は平成 25 年～27 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（実用技術開発ステージ）として実施した。共同研究機関：（公財）自然農法国際研究開発センター、新潟県農業総合研究所基盤研究部、新潟大学農学部、アスザック株式会社 P&D 事業部、新潟県農林水産部経営普及課

嶺田 拓也

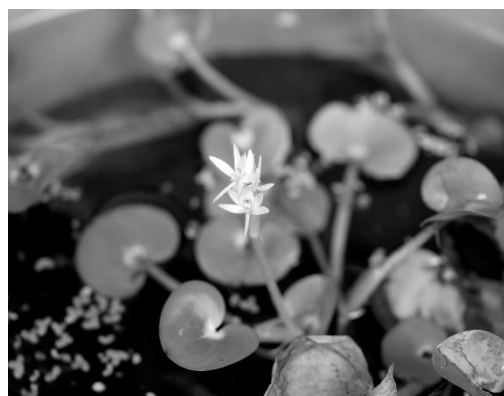
(国研) 農研機構 農村工学研究部門

1. はじめに

有機農業は、生態系諸機能を活かし、適切に人為を加えることによって持続的な生産を維持している技術体系といえよう。しかし、農業生産を取り巻く近年のリスクである気候変動、鳥獣害、そして外来生物の侵入に対しては、有機農業といえども対応が難しいことが考えられる。特に、それまでの環境に存在し得なかった多様な外来生物の登場は、ある環境セットの中で精緻に組み立てられた有機農業技術を一瞬のうちに瓦解させてしまうおそれもある。今回、これまで我が国にほとんど記録のなかった水生植物ヒメホテイアオイが埼玉県荒川中流域の水田地帯でみられ、水路や水田に侵入し、有機水田にも定着し雑草化している事例を報告する。本種は海外では水田の強害雑草となっていることから、他地域の有機水田でも除草圧をかいくぐり、容易に定着し強害草化する危険性を指摘したい。

2. ヒメホテイアオイ

ヒメホテイアオイ (*Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon) (第1図) は、北米から中央南米大陸にかけて自生するミズアオイ科の水草で、日当たりの良い湿地や浅水域にほふく枝を伸ばして生育する一年生(ときに多年生)植物である。本種は、攪乱依存型の初期侵入種と考えられ、草高のある草種に覆われる前の遷移初期の水辺で急速に生長しマット状の密度の高い群落を形成する。水深が15cm以下の攪乱頻度の高い開放水域や湿地で盛んに増殖し、ほふく枝の各節から発根し千切れた茎の断片からもコロニーを形成することが可能である。また、攪乱依存型植物であるため、種子寿命も長くシードバンクも長期間にわたって存在する。



第1図 ヒメホテイアオイ

我が国への帰化は、1996年に静岡市内の放水路内で野生化していることが初めて確認されて以降、他地域での帰化事例は埼玉や熊本などわずかに報告された程度であった。しかし、本種はオーストラリアやヨーロッパに広く帰化しており、水田や池、水路など攪乱頻度の高い水辺域でマット状に密度の高い群落を形成し、強害雑草化する事例が相次いで報告されている。例えばイタリアでは水田に侵入したヒメホテイアオイが、最大70%の水稻減収を引き起こす可能性も指摘されている。

3. 埼玉県川島町・桶川市におけるヒメホテイアオイの定着状況

2012 年に自然農法の実施団体と埼玉県桶川市で実施した「田んぼの生きもの調査」にて有機水田 2 筆にヒメホテイアオイが生育していることを初めて確認した。2013 年および 2014 年には、引き続き桶川市と荒川を挟んで隣接する川島町でも調査を行ったところ、ヒメホテイアオイが当該地域に広く定着していることを確認した。

2013 年度の調査では、新たに桶川市の有機水田 3 筆と川島町の有機水田 12 筆でヒメホテイアオイが発生していた。2014 年は、発生が多く見られた川島町内を重点的に調査した結果、慣行水田 27 筆、休耕田 4 筆を含む 35 箇所でヒメホテイアオイの生育を確認した。3 年間の調査で荒川を挟み約 2km の範囲で慣行水田、休耕田、用排兼用水路、排水路など多様なハビタットを含む計 73 地点でヒメホテイアオイの発生が認められた（第 1 表）。ヒメホテイアオイは除草圧の低い無農薬水田や休耕田だけでなく、除草剤にて通常の雑草管理を行っていた慣行水田にも侵入していたことから、除草剤圧もかいくぐって定着していると考えられた。一部の無農薬水田では、コナギやタイヌビエなどの在来の強害草を抑えて優占種となっている事例も見られ（第 2 図）、初期のチェーン除草 1 回と機械除草 1 回の除草体系では抑草しきれず、水稻収量も低下したため、蔓延ほ場では耕作を諦め耕地を返却するケースもあった。また、有機水田ではトラクターなどが共用されており、農業機械等に付着して蔓延ほ場からヒメホテイアオイが他の有機水田に持ち込まれた可能性も高い。

第 1 表 ヒメホテイアオイ生息地

ハビタット	地点数
無農薬水田内	17
慣行水田内	30
休耕田	5
用排兼用水路	4
排水路	15
道路側溝	1
その他	1
計	73



第 2 図 有機水田に優先する
ヒメホテイアオイ

4. 今後の対策に向けて

ヒメホテイアオイは除草圧の低い有機水田や休耕田だけでなく、除草剤にて通常の雑草管理を行っていると考えられる慣行水田にも侵入が確認されたことから、我が国でも本種が逸出すると、多くの水路や水田に定着し害草化するおそれがある。従って、本種が定着している地域で有機水稻作を行う場合は、用水路等からの侵入に注意する必要がある。また、ヒメホテイアオイはコナギと異なり繁茂するとほふく茎で広がるため手取りも難しくなるが、侵入初期に発見できれば、引き抜き等でも比較的容易に駆除できると考えられる。従って、本種を含め水田周辺に侵入しそうな外来生物の情報収集に努めるとともに、除草時や田回りの際に見慣れない動植物に気を付けるなど、些細な環境変化に絶えず気を払うことが重要である。

参考文献

嶺田拓也；荒川中流域の埼玉県川島町・桶川市におけるヒメホテイアオイ（*Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon）の定着、雑草研究 60(1), 1-4, 2016.

陽熱プラスで土づくり —太陽熱土壤消毒法の効果とは

橋本 知義

(国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壤肥料研究領域

1. 陽熱プラスとは

従来の太陽熱土壤消毒法の作業手順を見直すことで消毒効果を高めた畝立後消毒を基に、温度記録計を利用した消毒効果や養分供給効果の見える化、畝立後消毒に適した肥料の利用、生物相への影響評価を組み入れた新しい圃場管理技術を「陽熱プラス」として提案しました。陽熱プラスのポイントは「現場の地温を測ること」です。

2. 地温実測の利用事例 その1 消毒効果

地温を実測すると、消毒効果を推定できます。病害菌をより高い温度で処理すれば、それだけ短い時間で病原菌が死滅します。例えばハウス A の 40℃以上積算時間が 400 時間、ハウス D は 16 時間の場合、ハウス A は太陽熱土壤消毒処理前 8,900CFU/g 乾土の病原菌が生息していましたが、処理後には検出限界以下となりました。一方ハウス D は、処理前後であまり菌密度の減少はありませんでした。この結果は一事例にすぎませんが、死滅温度情報のある病原菌であれば、現場の地温を測ることで、消毒効果を推定できるようになります。

3. 地温実測の利用事例 その2 養分供給評価

現場の地温を実測すると、消毒効果ばかりではなく、資材を施用した土壌からの養分供給量を推定できます。地温をパラメータとした窒素無機化予測モデルを構築し、高温条件下における有機質資材の窒素無機化特性について 34 資材の評価結果をデータベース化しました。また、地域の未利用有機質資源である「焼酎粕濃縮液（特殊肥料、有機認証取得）」による初期の生育が旺盛で土壤消毒効果も安定したトマト促成栽培低コスト化技術等を実証しました。

4. 地温の見える化手段の多様化

温度記録計を設置していない圃場の場合、あるいは設置圃場の近隣圃場であっても消毒期間が異なる場合には、太陽熱土壤消毒効果の判断ができません。そこで、アメダスデータを利用した日最高地温推定値に基づく有効積算温度の推定法を開発しました（下高ら 2016）。これにより、「梅雨明け後晴天 3 週間」と言われてきた太陽熱土壤消毒の適切な処理期間、さらに導入可能地域に関する目安を提供できるようになりました。

5. 成果普及資料

(1) パンフレット「陽熱プラス実践マニュアル」

太陽熱土壤消毒を実践される方や技術指導を担う方を対象として、陽熱プラスの個別技術と実証試験の成果を B5 版カラー 24 頁のマニュアルとしてとりまとめました。

(2) DVD「陽熱プラス実践マニュアル」

陽熱プラスの概要と事業実施三県における太陽熱土壤消毒処理の作業手順を動画（4 コンテン

ツ、約 24 分間）により紹介します。

(3) CD「技術資料集」

営農現場の普及指導担当者や試験研究機関関係者を想定した技術資料集には、モニタリング方法（センサーの設置位置による測定値の変化など）や回収データの利用方法（市販表計算ソフトによる積算温度計算シートの提供）、高温条件下における 34 有機質資材の窒素無機化特性評価結果のデータベース、気象情報を利用した地温推定法等の学術成果、また、実証試験の具体的成果を掲載しています。

(4) web 教材

昨年 12 月に開催した成果発表会の動画と合わせて、上記資料を web 教材として配信中です（オンラインアグリビジネススクール <http://www.agri-school.com/>）。こちらもご利用ください。

ここで紹介した成果は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「太陽熱土壌消毒効果を活用した省エネ・省肥料・親環境栽培体系「陽熱プラス」の確立（H25～H27 年度）」によるものです。

樹高 3.5m までの果樹に防鳥網を簡単に 掛け外しする方法「らくらく設置 3.5」

山口 恭弘・吉田 保志子

(国研) 農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域

1. はじめに

かんきつをはじめ、収穫期の果樹はカラスやヒヨドリなどの鳥類による食害を受けやすい。食害防止には防鳥網の設置が確実であるが、大がかりな防鳥網は資材費が高額となるうえに、施工後は栽培作業の邪魔になり、降雪時や強風時にも網を外すことが困難である。樹高 2m 程度の果樹への防鳥網の簡易設置技術はすでに開発済みであるが、果樹の多くはより樹高が高い。そこで、一般的に入手できる安価な資材を使用し、樹高 2.0～3.5m までの果樹に、必要な時期のみに防鳥網を簡易に掛ける方法を開発した。

2. 結果の概要

- (1) 使用する資材と工具はすべて一般的なものであり、面積 1a (幅 5m、長さ 20m の樹高 3.5m の樹木が 1 列) のほ場では、資材費は約 37,000 円で (表 1)、固定型防鳥網の半分程度である。
- (2) 網を掛ける樹木列の両側に 1.5m 間隔で長さ 2.5m 太さ 22mm の農業ハウス用直管パイプを 50cm 地中に打ち込み、これに水道用ホースの切片を刺し通した長さ 4m 太さ 8.5mm の弾性ポールを連続した山形に差し込んで、網が引っかかりにくい骨組みをつくる。防鳥網は両端にマイカ線を通して取り扱いを容易にしておく。骨組みの上に網を滑らせていくことでスムーズに掛け外しできる (図 1)。
- (3) 防鳥網の掛け外しの際には、網を持ち上げて骨組みの上をスムーズに滑らせるための網支え竿を持つ人員が 2 名必要であり、網を引っ張る人員 2 名と合わせて計 4 名で作業する (図 1)。網支え竿は直管パイプの先端に空のペットボトルなど網の目よりも大きいものを固定して作成する。
- (4) 4 名で作業した場合の初回作業時間は約 2 時間である。栽培作業の邪魔にならなければ、直管パイプや弾性ポールは設置したままにしておくことができ、その場合の網掛けや網外しのみにかかる時間は 5 分程度である (図 2)。
- (5) 宮崎県および鹿児島県のかんきつほ場に設けた現地実証では非設置区に比べ被害が 0 かほとんど発生しなかった (図 3)。

なお、「らくらく設置 3.5」の詳細な設置マニュアルは農研機構のウェブサイトから無償でダウンロードできる (<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/>)。



図1 かんきつ樹列への設置状況

設置完了時（左）、掛け外し作業時の網支え竿の役割（中央）と水道ホースを通した弾性ポール（右）

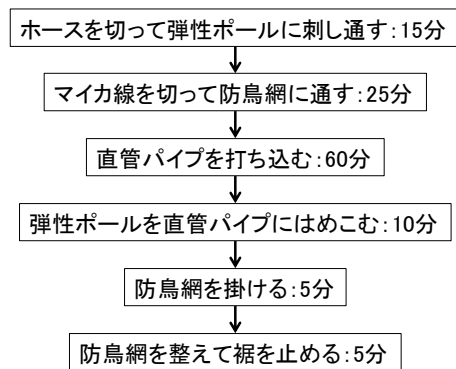


図2 作業の流れと1aあたりの作業時間

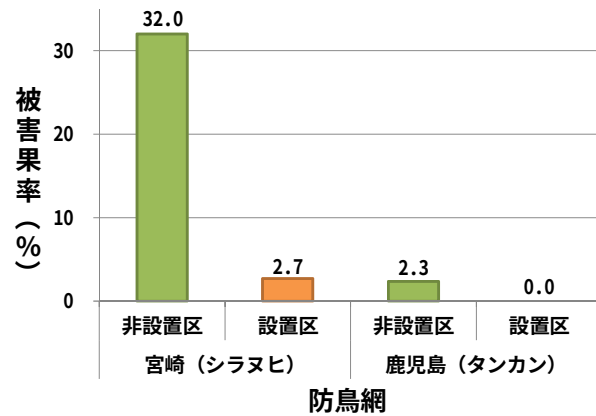


図3 現地実証試験における被害防止効果
括弧内はかんきつの種類、図中の数字は被害果率

表1 面積1a(幅5m×長さ20m)のほ場に網を掛ける場合の資材費

資材	規格	数量	単価(円)	金額(円)	備考
強力防鳥網	30mm目合、幅18m×長さ36m、 糸の太さ1000デニール	1枚	8,000	8,000	底面に対して縦横それぞれ10m以上の 余裕
弾性ポール	径8.5mm×長さ4m	30本	360	10,800	樹木列の長さ(m)を1.5で割って小数 点以下を切り上げ、1本を加えて2倍
水道用ホース	内径15mm	2.4m	1mあたり130円	390	4cm×弾性ポールの本数×2
マイカ線		37m×2本	500m巻で1,500円	220	防鳥網の長さに1mを加えた長さを2本
直管パイプ	長さ2.5m、径22mm	30本	550	16,500	弾性ポールと同じ本数
直管パイプ	長さ約3m、径22mm	2本	550	1,100	網支え竿用
合計				37,010	

廃棄された果実の哺乳類による利用実態 ～廃果対策によって鳥獣害を減らすために～

○小坂井 千夏・秦 彩夏・佐伯 緑・竹内 正彦

(国研) 農研機構 中央農業研究センター

雑食性の中型哺乳類は、都市近郊でも多く栽培される果樹への選好性が高いと考えられる。果実の食害以外にも、摘果や規格外等の理由で廃棄された果実（以下、廃果）を安易に利用できる状態で放置することで農地への執着度や被害率、ひいては繁殖、生存率を向上させる可能性がある。とりわけ外来種においては、こうした実態を把握した上での対策が必要だが関連研究は少ない。そこで本研究では、都市近郊における廃果の哺乳類による利用実態について、季節変化に注目して明らかにすることを目的とする。

調査は茨城県つくば市の農研機構果樹茶業研究部門（以下、果樹研）の廃果場及びモモ圃場（2016年4月～継続中）、同県石岡市の生産農家のイチゴハウス周辺の廃果場（2016年5～6月）の計3地点で実施した。各地点に自動撮影カメラを設置し撮影された動物種、時間帯を記録した。この結果、果樹研全体では哺乳類は5種ハクビシン、タヌキ、キツネ、ウサギ、ネズミ類が撮影された。生産農家のイチゴ廃果場では哺乳類は3種ハクビシン、アナグマ、ウサギによる廃果採食が確認された（利用防止の対策なし）。1日あたりの撮影回数は生産農家のイチゴ廃果で最も多く（6.10枚/日）、次いで4-5月の果樹研廃果場（1.77）であった（図1）。果樹研ではモモ果実の成熟に伴い、廃果場よりもモモ圃場内の哺乳類の撮影頻度が高くなった（図1；廃果場、圃場共に防護網の設置はあるが哺乳類の侵入は可能である）。以上より、廃果は多くの哺乳類に利用されるため、適切に処理する必要がある。ただし、廃果の利用頻度は季節、つまり周囲の資源量の変化等が影響している可能性があり、圃場自体の対策を並行して実施する必要がある。

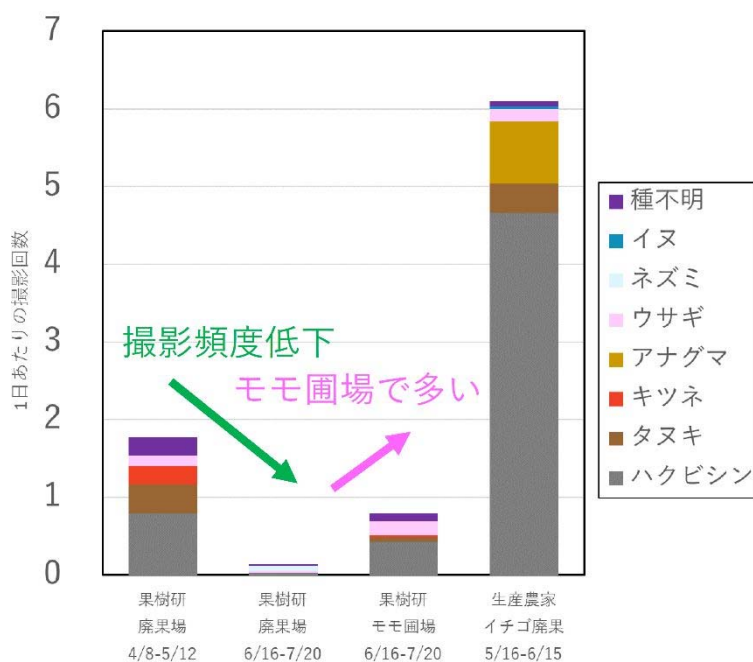


図1 1日あたりの哺乳類の撮影回数

豊かな作物、豊かな生物相、 豊かな経営を目指した土づくり

○安野 博健・榊原 健太郎・石河 信吾・阿部 大介・大久保 慎二・山田 研吾・岩石 真嗣

(公財) 自然農法国際研究開発センター

1. はじめに

有機農業では、土壌動物、微生物、植物根をはじめとする土の中の生き物を活性化・多様化し、化学肥料や農薬に頼らなくても安定生産ができる土壌環境が重要となる。2011年に開設した当センターの知多草木農場は、2010年までは主に水田であったため、排水性が求められる畑作物にとっては粘質の強い黄色土の物理性と化学性の改良が必要であった(表1)。そこで、地域の実情に応じた自然資源を活用し、営農が成立する土壌管理法を確立するために、異なる3処理の土づくりを2011年の秋から現在まで継続して実施している。

表1 開所当初の土壌分析値(2011年5月)

		目標値(参考)
pH	5.87	6 ~ 6.5
EC(mS/cm)	0.02	0.1 ~ 0.2
腐植含量(%)	1.87	3 %以上
C/N	1.00	11 前後
無機態窒素(mg/100g乾土)	0.52	
有効態リン酸(mg/100g乾土)	2.20	20
交換性加里(mg/100g乾土)	27	62
交換性石灰(mg/100g乾土)	245	221
交換性苦土(mg/100g乾土)	92	53
塩基交換容量CEC(meq)	14.8	20 以上
塩基	Ca/Mg	2 3 ~ 6
バランス	Mg/K	8 2 ~ 4
	飽和度(%)	94 80 %前後

2. 5年間継続した3処理の土づくり

処理	耕起・有機施肥・ポリ被覆	不耕起・雑草間作・敷草	省耕起・有機施肥・緑肥・ポリ被覆
略称	<耕・有・ポリ>	<不・雑・敷>	<省・有・緑・ポリ>
耕耘	毎作ごとに乗用トラクター(26ps)で全面を耕深7~10cmで耕耘して畝立て	耕耘は一切せず、不耕起のまま作付け。畝の部分補修は鍬で行う	土壌表面下10cm深までの土壌含水率が16~26%の頃を見計らって、歩行型耕耘機(5~8ps)で耕起と畝立てし、畝は1年間壊さずに利用
有機物の施用	土壌分析値から慣行の目標収量を得るのに不足する成分量を算出し、有機質資材(有機JAS適合資材)全般を化学肥料の代替として施用	圃場周辺の畦草が出穂又は開花した頃を見計らって刈り、畝に被覆する(年間 約5t/10a)	地元地域から提供される草質堆肥を植え付けの1ヶ月以上前に畝を中心に10aあたり2~3t相当量施用。多肥性作物にはボカシ肥も併用
畝の土壌被覆	ポリマルチを敷く	畦草を敷く	ポリマルチと敷草を併用。地温低下と過上昇を防ぐ
畝間の管理	除草する。カボチャ栽培ではポリマルチを張って抑草をする	雑草をリビングマルチとして活用し、適宜に青刈りして畝上に敷く	春夏作物と秋冬作物の植え付け前(3月と7月頃)に、イネ科緑肥作物(エンバ又はライムギ)とマメ科緑肥作物(アカクローバー又はヘアリーベッチ)を条間30cmですじ状に混播

3. 5 年経過後にみられた傾向

(1) 土壌動物相 (表 2) : <耕・有・ポリ>と<不・雑・敷>の土壌動物相を比べると、前者は動植物の遺体を餌とするミミズとヤスデが多く、採取した土壌動物の個体も大きかった。有機物施用とポリマルチで保温・保湿されて土壌生物の成長を促したと思われる。後者は落ち葉をエサとするワラジムシ類が多く、次にミミズが多かった。畝を耕起しないで敷草を継続したことで枯れ草と腐植の層が形成され、ワラジムシ類も生息したと思われる。ただし、後者では植え付け後にモグラの走行と思われる被害もみられた。

(2) 土壌孔げき率 (図 1) : <不・雑・敷>は、不耕起であるが、常時敷草を行うためか、孔げき率は 50%強と高く、粒径 20mm 以下の団粒層が表層部から少しずつ発達していた。<省・有・緑・ポリ>の表面下 10 cm 深までの土も、握ると固まるが指で触れるとすぐ崩れる程度の硬さだった。<耕・有・ポリ>は表面下 0-10 cm 深の孔げき率は 36%で、握ると固まって崩れなかった。

(3) 経営的評価 (表 3) : 露地カボチャ栽培において、<耕・有・ポリ>の可販収量は 1000kg に近かったが労働生産性は 5 万円強だった。当処理ではポリマルチをほ場全面に被覆し、有機肥料を購入したことで諸材料費と肥料費が多くなった。<不・雑・敷>の可販収量は栽植密度を疎植にしたことで低く、さらに畦草を刈って圃場への運搬と敷草を人員で賄ったことによって労働時間を費やしたため、労働生産性は 4 万円強だった。<省・有・緑・ポリ>の可販収量と労働時間は<耕・有・ポリ>とほぼ同等であったが、諸材料費と肥料費を抑えることができたので労働生産性は高まった。

表 2 土壌動物相(2016 年 7 月)

動物群	耕・有・ポリ	不・雑・敷
コウガイビル	1	0
クモ	2	0
ハサミムシ	3	6
イシムカデ	1	0
ジムカデ	0	1
ハサミコムシ	1	0
ハネカクシ	3	0
ゴミムシ成虫	0	1
ゴミムシ幼虫	1	4
捕食者合計	12	12
ワラジムシ類成体	1	15
ワラジムシ類幼体	21	115
ナメクジ	4	0
コガネムシサナギ	0	2
植食・腐植者合計	26	132
ヤスデ	29	0
ミミズ	17	47
ハエ幼虫	0	1
腐食者合計	46	48
他甲虫成虫	0	2
他甲虫幼虫	0	2
他サナギ	1	3
不明合計	1	7
総合計個体数	85	199
分類群数計	13	11

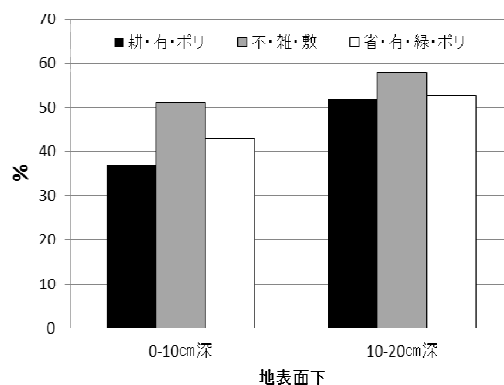


図 1 土壌孔げき率 (2016 年 5 月)

表 3 露地カボチャ栽培の労働生産性 (10a あたり、2016 年)

単位	可販収量 (1)	卸売価格 (2) (/kg)	農業粗収益 (3)=(1)×(2)	農業経営費 (4)	農業純生産 (5)=(3)-(4)	労働量 (6)	労働生産性 (7)=(5)÷(6)	労働時間 時間	農業経営費(直接的経費)の内訳				
	kg	円	円	円	円	人	円/人		諸材料費	種苗費	肥料費	運搬費	燃料費
耕・有・ポリ	975	200	195,000	105,020	89,980	1.7	52,929	52	13,850	24,990	54,980	10,000	1,200
不・雑・敷	608	200	121,600	30,040	91,560	2.2	41,618	93	1,860	12,480	14,980	0	720
省・有・緑・ポリ	939	200	187,800	77,040	110,760	1.4	79,114	51	6,350	29,990	29,980	10,000	720

4. 5 年間における作物生育量と地力の変化

(1) 生育量 (図 2) : <耕・有・ポリ>のカボチャ平均 1 果重とダイコン平均 1 本重は栽培初年度よりも下回った。当処理では、還元層が 2014 年より表層部に著しくみられて根の伸長が妨げられている様子だった。<不・雑・敷>は、両作物とも年々生育量が上昇傾向にあった。<省・有・緑・ポリ>のカボチャ収量は、2015 年から上昇傾向になった。しかし、2015 年のダイコンは根長が十分に伸びなかったため個体重は低下した。

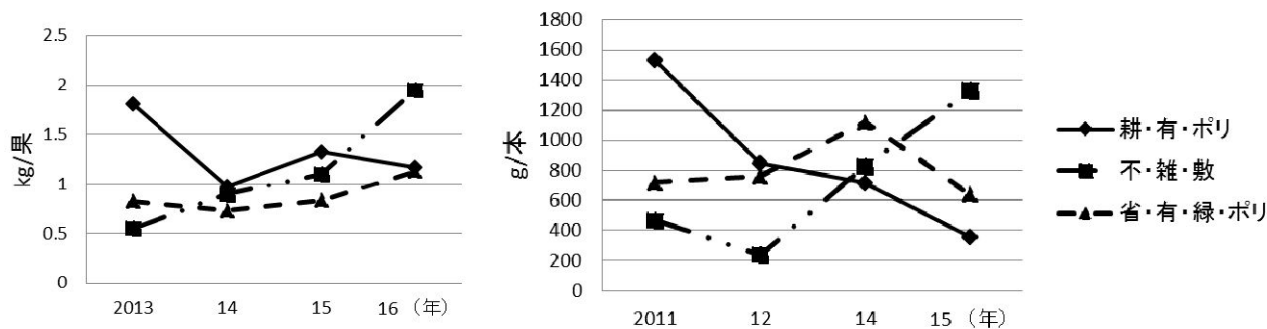


図2 カボチャ（右）とダイコン（左）の個体重量の推移

(2) 土壌肥沃度 (図3) : すべての処理において、農場開設当時 (2011 年) より、全窒素、全炭素および CEC が上昇した。全窒素と全炭素は 2013 年 7 月に下がっているが、当年 2 月に暗渠施工した際に下層土を掘削したためと思われる。

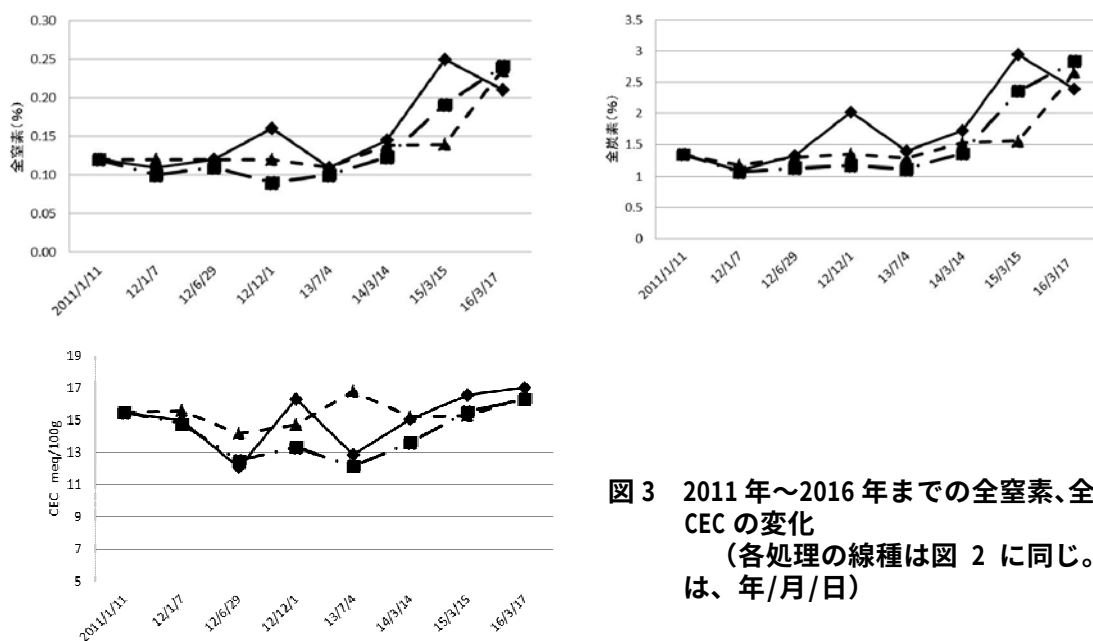


図3 2011 年～2016 年までの全窒素、全炭素、CEC の変化
(各処理の線種は図2 に同じ。横軸は、年/月/日)

5. 今後の課題

「土の健康を支えるのは、有機物が土のなかの多くの生きものの暮らしを支え、巡り巡って作物の栄養源になる」と考えている。5 年間継続した 3 つの処理法による土づくりは、土壌有機物が蓄積されて土壌生物が多様化される可能性は高いと思われた。しかし、＜耕・有・ポリ＞と＜省・有・緑・ポリ＞のダイコンの根長が短いことから作土深の改善に課題が残る。当農場の粘土質では土壌物理性の改善に耕起法は影響し、有機転換して短期的に土の作物生産能力を高めるには植物根と土壌生物の働きを活かした人為的な耕起が必要と思われる。今後は耕起方法を中心に、労働生産性を上げつつ、作物と土壌生物を生かせる土づくり体系を検討していく予定である。

培地としての有機質土壌および ロックウールが Fertigation における トマト生育に与える影響

中野 明正・趙 鉄軍・栗原 弘樹

(国研) 農研機構 野菜花き部門

1. 緒言

有機農業が農産物の品質に与える影響についてはさまざまな見解があり、トマトの食味については、プラス効果マイナス効果、双方の事例がある。良食味になるメカニズムは提案されているが、その物理性の寄与が重要であると考えられる(中野ら 2012)。本研究では、市販されている有機質土壌について、その物理性に着目して、それらの保水性の特徴を明らかにするとともに、極初期生育におよぼす影響を明らかにした。さらに、この土壌を培地として用いた場合のトマトの初期生育に与える影響も評価した。

2. 材料および方法

(1) 培地としての有機質土壌の物理性評価

① 有機質土壌の水分保持特性

培地の水分特性については、4 種類の培地、ロックウール粒状綿(RW:日東紡)、育苗用培養土(たね培土1号、スミリン農産工業株式会社)、“有機の土”(サカタのタネ社製、以下有機質土壌)、砂資材(ルナサンド)について評価した。遠心法により培地水分特性曲線を作成した。

② 培地がトマト苗の生育に与える影響

各種培地がトマトの初期生育に及ぼす影響を評価した。円筒容器(直径 2.5cm×高さ 11cm)の内面に、10cm 四方の黒不織布を設置し、その内側に各種培地 50mL 充填し、容器と黒不織布の間に播種し根を展開させることによって、トマトを生育させた。培地は飽和後 100mL の脱イオン水で洗浄し、発芽後 1 週間後に大塚 SA 処方液で一度培地を飽和させ生育させ、底面水位を表面から 8cm に維持して生育させた。この手法により、根の回収および評価が容易であった。

(2) 培地としての有機質土壌がトマトの初期生育に与える影響

ミニトマト‘千果’(タキイ種苗)およびオランダ品種の‘トレモロ’(Enza Zaden)を7月12日に播種し8月9日に定植した。培地はロックウールと有機質土壌として容量は 7.5L・株⁻¹とした。養液は大塚 SA 処方を用い、定植時に EC2.0 dS・m⁻¹に設定し、EC2.6 dS・m⁻¹まで上昇させた。給液は掛け流しで行った。その後、9月16日に第1果房10果を収穫し、新鮮重、糖度および果実硬度を測定した。

3. 結果

(1) 培地としての有機質土壌の水分保持特性

養液栽培で使用する培地では、弱い結合の水の保持パターンに顕著に特徴が認められそれぞれ異なった(図1)。有機質土壌は育苗用培養土に近い水分特性曲線を示したが-237kPaの水分

放出量は、育苗用培養土に比べ多くなった。

(2) 培地としての有機質土壌がトマトの初期生育に与える影響

極初期のトマト生育において、2次元で根を展開させた場合、その生育は圃場容水量との相関が高く、この時期では弱い力で保持された水分が極めて重要であると考えられた（データ省略）。

(3) 培地としての有機質土壌がトマト果実の品質に与える影響

ミニトマトの生育については、第1果房付近の葉の展開が有機質土壌でロックウールに比べて優れる結果が認められた（データ省略）。一方で、1果重はわずかではあるが有意に減少した（図2）。品質（糖度、硬度）については、培地による差異は認められなかった。

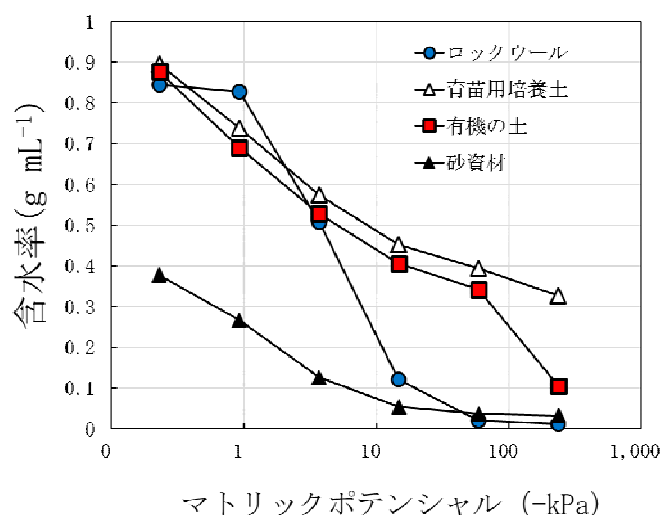


図1 各種培地の水分保持特性曲線

4. 考察

ロックウール培地は、物理性が優れる培地として評価されているが、市販の有機質土壌の方がトマトの生育が良い場合があった。このような“土壌”は、ロックウール粒状綿や、ココピート、バーミキュライト等の混合物であると考えられ、場合によっては、ロックウールより生産性を高められる可能性もある。安定生産のための最適な土壌（培地）については再考する必要がある。有機質土壌を、養液栽培の培地として使用する場合は、十分な灌水施肥が行われているため、水分ストレスが負荷されにくい。そのために、果実の糖度や硬度は、ロックウールを培地として用いる場合と比べても同等であると考えられた。

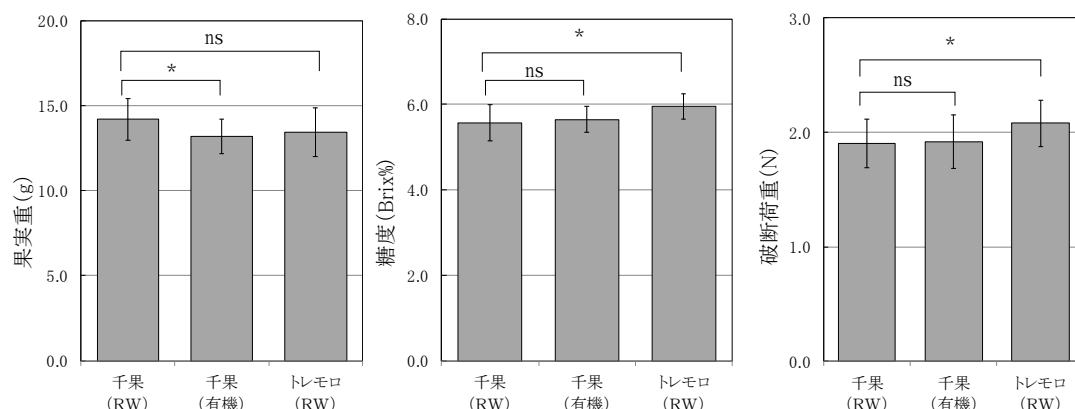


図2 培地がミニトマト果実の品質に与える影響

† 検定により、*：5%の危険率で有意差あり、ns：有意差なし。

5. 引用文献

中野明正（2012）インテグレート有機農業論，誠文堂新光社。

穴肥・超疎植多本仕立・ 野草帯・育種による無灌水有機施設栽培

小川 光

チャルジョウ農場

1. 有機施設栽培の特徴

施設栽培は、露地栽培と比べ、以下のように、有機栽培に有利な点が多い。

- (1) 雨が入らないため、病害、特に藻菌類病が出にくい。
- (2) 雨が入らないため、土が乾き、雑草種子が発芽しにくく害虫も発生しにくい。
- (3) 鳥獣害を防ぎやすい。
- (4) 天井から吊る誘引ができるので、葉が重ならないよう、空間を有効に利用できる。
- (5) 夏の日中ハウスを密閉し、湛水して透明マルチすることにより、土中の病害虫を殺すことができる。

一方、有機栽培に不利な点も次のようにある。

- (1) 大型の害虫が侵入すると、天敵である小鳥などが入れないので増殖しやすい。
- (2) ハダニ、うどんこ病など雨に弱い病害虫（恐らく天敵が水分を好む）が増殖する。
- (3) 紫外線が少ない条件で軟弱に育った作物は、アブラムシや灰色かび病などに侵されやすい。
- (4) パイプ支柱などの構造物に蔓草が登る。
- (5) 灌水すると、ハウス内に湿気がこもり、雑草やさまざまな病害虫に好適な条件となる。

2. 無灌水無農薬栽培技術の確立

これらのハウス栽培の特性を生かして、私は「無灌水無農薬栽培技術」を確立した（図 1）。

この技術は、次の 4 つの柱から成る。

- (1) 施肥方法は、全層全面ではなく、粗大有機物の穴肥や溝施肥による部分耕とし、この部分に水を蓄え、定植後は無灌水。
- (2) 株間は従来の何倍も広く、若苗定植、多本仕立、接木の場合は台葉、台果を残す共生栽培。不良果以外の摘果はしない。
- (3) パイプ際には野草帯を設置。ヨモギなど草種を選んで残すことで天敵や花粉媒介昆虫を育て、土壌浸食を防止する。
- (4) この栽培に適した品種を育成する。草勢強くみずみずしい果実の系統。

この技術により、1994 年より褐色森林土のハウスで現在まで、2010 年からは灌水が困難なために放棄されてきた、高台の砂地にあって水利費が高い大型ハウスで、それぞれ定植後水をやらないでミニトマトやメロンなどの栽培に成功し、5 年間生産販売を続けている。

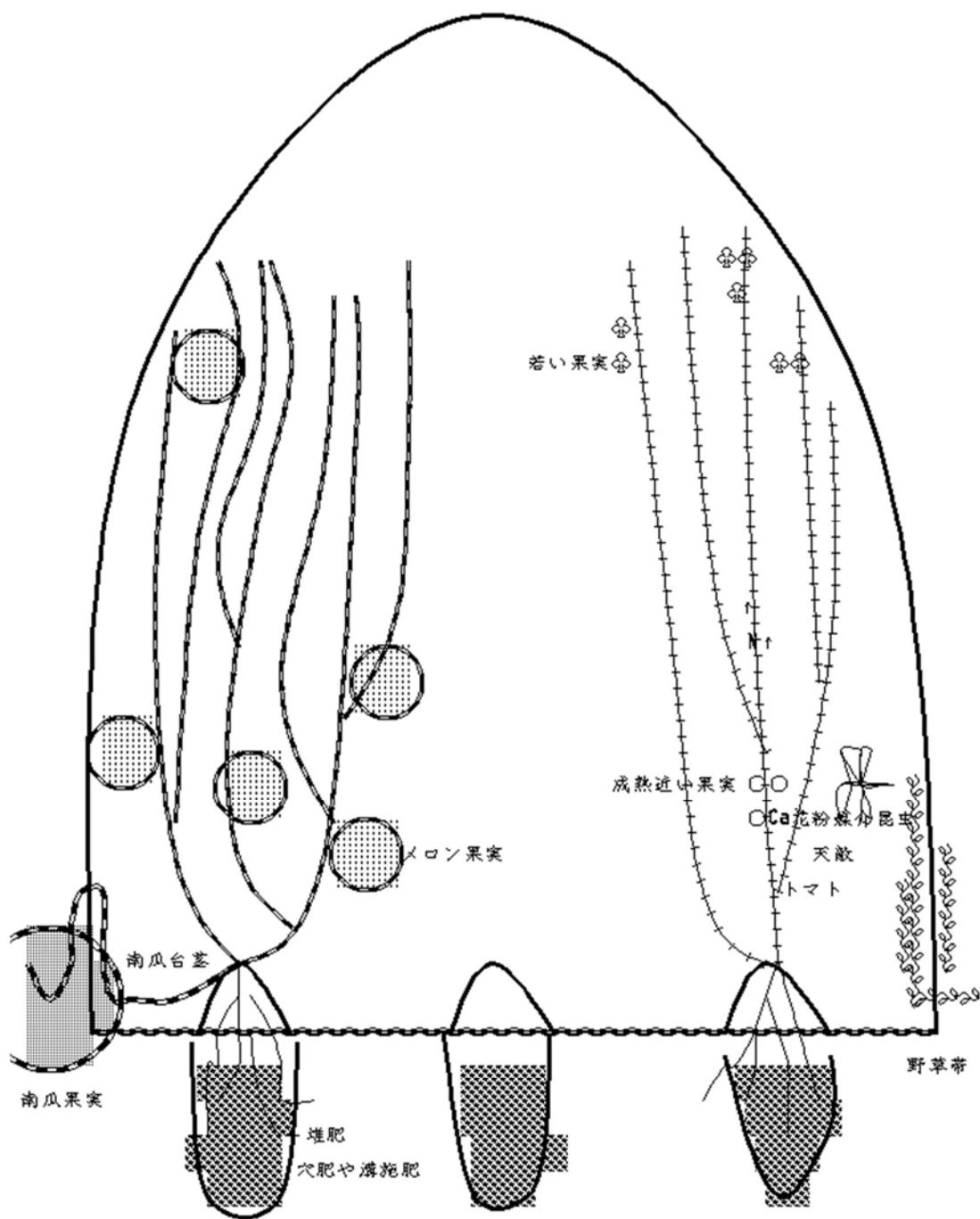


図1 無灌水無農薬栽培の模式図

- ①左はメロン、右はトマト、中央は省略。メロンおよび南瓜の「格子」は果実を表す。
- ②トマトの図で、「N↑」は、窒素が若い果実へ流れ、「Ca」はカルシウムが成熟間近の果実にとどまることを示している。多本仕立は、若い果実がたくさん成っているので果実内のC/N率が崩れず、尻腐れになりにくい。
- ③メロンの図で、台木果実を着ける理由は、台葉への養分供給ルートを確認し、枯らさないようにするためである。着果が多いと根への養分供給が滞りがちになるが、台葉があれば養分を確保し枯らさないことができる。

緑肥間作とその敷草が 土壌およびトマトの品質に及ぼす影響

○加藤 茂・徐 啓聰・徐 会連

(公財) 自然農法国際研究開発センター研究部

1. はじめに

有機農業では、作物への養分吸収や病虫害、雑草対策を目的とした緑肥の導入が広まりつつある。従来から言われるように、緑肥の導入により土壌団粒化の促進や腐植の増大、土壌生物の多様性の高まりによる病虫害の抑制など多くの効果が期待できる。

そこで本試験では、トマト栽培時にリビングマルチとして緑肥を導入し、それを定期的に刈り敷くことによってもたらされる土壌やトマト果実への影響を明らかにする。

2. 方法

2015 年 10 月に、長野県松本市波田の黒ボク土の露地圃場（全 C：44.3 g/kg、全 N：3.84 g/kg、有効態 P：185 mg/kg、交換性 K：879 mg/kg、CEC：17.3 cmol(+)/kg）に、5 種類のイネ科緑肥（ケンタッキーブルーグラス、トールフェスク、オーチャードグラス、フルーツグラス、イタリアンライグラス）を各種 0.93g/m² ずつ混播した。

翌年4月にトマトを定植する作付部の草を剥いだ。作付部の幅は40と90cm。剥がさずに残した緑肥帯の幅は90cmとした。5月下旬に36日苗のトマト(品種:妙紅と桃太郎8)を株間50cmで定植し、1本仕立てで栽培した。元肥、追肥は行わなかった。緑肥は適宜に刈り取って作付部に還元した。この時、還元方法の違いによる次の3処理を設けた。

- ①作付部全面に刈った草を敷く区（敷草区）
- ②作付部と緑肥帯の境界に溝を掘り、そこに刈り草を集積させる区（溝草区）
- ③緑肥帯を設けず刈り草を還元しない区（裸地区）

1区当たりの長さを3mとして6株のトマトを植えた。各処理3反復。試験区の全容を図1に示す。栽培期間における各処理区の土壌の粒形や三相分布、アブラムシの寄生や輪紋病の程度、トマト果実の成分や収量などの比較を行った。

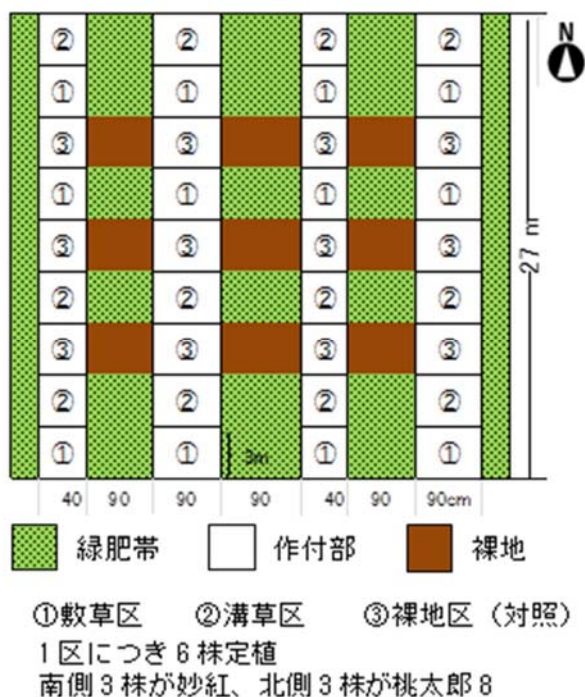


図1 試験区の割り付け

3. 結果および考察

敷草区と裸地区の土壌を比較すると、土壌粒形が 1mm 以上である割合は敷草区が高く、0.5mm 以下である割合は裸地区が高かった。また、敷草区は三相分布の液相の割合が他区より高く、これらの結果から敷草をすることにより敷草下の土壌の団粒化が促進され、毛細管の形成等により保水性が高まったと考えられる。

アブラムシの寄生が甚大な株が全株中どの程度あるかを目視で調べたところ、敷草区と溝草区の値は裸地区より著しく低かった。また、輪紋病に罹病している葉の面積が全葉面積に占める割合も敷草および溝草区が裸地区より低かったことから、緑肥間作による病虫害抑制効果が示唆された。

第 1、第 2 花房のトマト果実の品質を比較すると、糖度は敷草区がもっとも高く、次いで溝草区、裸地区の順となった。また、アスコルビン酸は作付幅 90cm の裸地区が最低値となったが、処理間に統計的有意差はみられなかった。

第 1、第 2 花房のトマト収量は敷草区がもっとも高く、次いで溝草区、裸地区の順となった。また、品種では妙紅が桃太郎 8 より有意に収量が高く、作付幅では統計的な有意差は無いものの 90 が 40cm より高まる傾向がみられた。

4. まとめ

トマト畑の畝間に緑肥を間作し、それを適宜に刈り敷くと、刈り敷かない場合に比べて土壌の団粒化が進んで保水性が向上した。また、アブラムシの寄生や輪紋病の発生が軽減し、糖度および収量が高まった。

草と共に生きる ～オーレックの草刈機開発～

関 雅文・大坪 耕二

株式会社 オーレック ブランディング広報グループ

1. はじめに・・・

株式会社オーレックは、創業 69 年目を迎え、主に自走草刈機及び乗用草刈機などを製造し、国内では他社ブランドでの供給もあわせると 60%を超える圧倒的なシェアを誇る企業です。

草を生かし草の力で健全な土壌を作り、安全・安心な農作物を育む農家の皆様をこれからも支援して参ります。

同時に、更なる農業発展に関わる新たな事業にも取り組んでおり、その一部が、青汁や石鹼など健康事業に関する製品の販売や「菜園ナビ」(<http://saien-navi.jp/>) という家庭菜園者向けの SNS サイトの運営などです。「菜園ナビ」に関しては、会員数が現在 14,500 人を超え、国内最大の家庭菜園特化型の SNS に成長しています。

弊社は現在、積極的なブランディング活動をおこなっており、緑の 4 本の草マークをあしらったロゴはそのコンセプトを表しています。我々は「草と共に生きる」を掲げ、これからも世の中に役立つものを誰よりも先に創ることに努めて参ります。



有機農業技術の一つである草生栽培。それを可能にする自走式草刈機の開発が私たちの出発点でした。

草を刈り、土を耕し、自然の力を引き出し、安全・安心な食づくりと緑豊かな社会づくりへ。私たちは人々の幸せを願い、農業・緑化・環境に貢献します。

2. 具体的には・・・

では、どのように「草と共に生きる」から「草生栽培」を促進しているのかの具体例の一部を紹介します。

果樹園などでは果樹の下の草刈りを乗用の草刈機を活用しておこないます。

日本国内の農家で一般的によく使われている軽 4 輪トラックの荷台に収まるような積載重量及びサイズで設計し、運搬を容易にしています。



この乗用草刈機の導入により、ある果樹園における草刈りに要する時間が 1 日かかっていたものが、1 時間程度に短縮された具体例など多数あります。

弊社の乗用草刈機はボルドー・シャンパーニュ・ブルゴーニュなどのフランスの著名なワイン産地におけるブドウ畑で 20 年以上前から導入され、活躍しています。

水田の畔では、畔の上面と側面を同時に草刈りができる自走式草刈機を開発・導入し、畔の崩壊を草によって食い止めています。



傾斜地では、アームを最大 2.0m まで伸ばすことができる自走式草刈機を開発・導入し、傾斜地上面の平らな部分から、より安全な傾斜地の草刈りを実現しています。

このような乗用式及び自走式草刈機において業界初の製品を次々に開発・導入することで草生栽培を促進し、消費者の方に安心・安全な農作物が供給できる環境づくりへの支援をおこなっています。

14 農法の異なる農耕地土壌の生物多様性評価

— 亜熱帯における大型及び徘徊性土壌動物について —

田淵浩康¹⁾・河原崎秀志¹⁾・具志章一郎¹⁾・勝倉光徳²⁾・
萬両美幸¹⁾・濱口一宏¹⁾・森田明雄³⁾・陽 捷行¹⁾

¹⁾公財・農業環境健康研究所、²⁾一社・MOA 自然農法文化事業団、³⁾静岡大学

1. はじめに

農業は本来、農業生態系に生息する多様な生物からの恩恵（生態系サービス）を受けて成り立っている。近年国内外で化学肥料・農薬などの活用による集約農業が進展した。一方、環境保全の視点から持続可能な農業の重要性が指摘され、有機農業・自然農法を見直す動きも増えてきている。しかし、これらの農法における系統だった生物多様性調査については、特に日本を含めたアジア圏においてはあまり行われていない。

今回、亜寒帯の北海道から熱帯のタイの農耕地における土壌動物多様性について調査を行った。既に温帯地域に位置する静岡県の長期連作試験圃場を対象に、大型や中型土壌動物相、および徘徊性土壌動物相の調査を行い、化学肥料の連用に比べ、草質堆肥の連用は土壌動物多様性を豊かにする等の結果を報告している。

本研究では、亜熱帯に位置する沖縄県内の果樹圃場を対象に、大型土壌動物相や徘徊性土壌動物相の調査結果について報告し、これまでの成果とともに農法の異なる農耕地土壌の生物多様性について議論したい。

2. 調査地及び調査方法

調査地は、沖縄県大宜味村にある本研究所大宜味研究農場や生産農家、あるいは東村の生産農家のマンゴーおよびパイナップル圃場、そして周辺の林地とした。調査対象地については表 1 に示した。

調査方法は、各調査圃場から 25cm×25cm、深さ 5cm 分の土壌を 3 反復で採取し、ハンドソーティング (HS) 法により大型土壌動物相を調査した。徘徊性土壌動物相は 2014 年 4 月から 7 月の期間に月 1 回の頻度でピットホールトラップ (PFT) 法によりマンゴー圃場を対象に実施した。土壌動物の同定分類は青木の方法 (1995) 及び図解検索 (2015) を用いて目あるいは科までとした。調査項目として、個体数、出現群数、重量密度等を測定した。また植生については植物社会学的調査方法により調査した。

表 1 沖縄県における土壌動物相の調査対象地について

作目	栽培内容or処理区	採取日(HS法)	採取日(PFT法)	耕起	雑草・表面管理	位 置
マンゴー	1)自然農法	'14.4.20、12.3	'14.4、5、6、7	—	雑草草生	大宜味農場(沖縄県大宜味村)
	2)慣行農法	'14.4.18、12.2	'14.4、5、6、7	—	手取り除草	K氏農場(沖縄県大宜味村)
パイナップル	3)自然農法	'14.4.23、12.5	—	—	雑草草生	大宜味農場(沖縄県大宜味村)
	4)慣行農法	'14.4.23、12.5	—	—	除草剤	I氏農場(沖縄県東村)
林地	5)周辺林	'14.4.21、12.7	—	—	—	大宜味農場(沖縄県大宜味村)

3. 結果と考察

期間中、大型土壌動物として 22 群 2,346 個体、徘徊性土壌動物として 17 群 3,463 個体を収集し分類した。HS 法による大型土壌動物では、4 月マンゴー圃場の出現群数と重量密度の 2 つの項目において、12 月パイナップル圃場の総個体数と出現群数、そして重量密度の 3 つの項目において、自然農法が慣行農法に比べ有意に高い値を示した。大型土壌動物の各群別の個体密度では、ミミズ綱、イシムカデ目、ヨコエビ目、甲虫目が、時期や作目に依らず自然農法で高く、慣行農法で低かった。ヤスデ綱は自然農法より慣行農法のマンゴー圃場で個体密度が高かった。

PFT 法による徘徊性土壌動物では、7 月の個体数／日／トラップにおいて、自然農法が慣行農法に比べ有意に高い値を示した。徘徊性土壌動物の各群別の個体数／日／トラップでは、ヨコエビ目が時期に関わらず自然農法で多く、慣行農法で低かった。甲虫目、ワラジムシ目、カメムシ目は 5 月から 7 月にかけて自然農法で高く、慣行農法で低かった。ヤスデ綱は自然農法より慣行農法のマンゴー圃場で個体密度が高かった。

植生調査での植物種数は、自然農法＞慣行農法＞周辺林との順で高い値を示した。

これらの結果から、大型土壌動物相や徘徊性土壌動物、とくに HS 法による前者は果樹園土壌における施肥履歴や農法の違いを評価する指標として有望であること、そして亜熱帯地域である沖縄県の自然農法果樹園土壌は、慣行農法果樹園土壌に比べて土壌動物多様性が豊かであることが示唆された。

謝 辞

本研究は、公益財団法人平和中島財団 平成 26 年度国際学術共同研究助成「日本およびタイにおける有機農業実践地域の生物多様性評価に関わる研究とその教育・普及活動」の一環として行われた。

参考文献

青木淳一（1995）、土壌動物を用いた環境診断．千葉県環境部、197-263.

青木淳一 編（2015）．日本産土壌動物第二版．東海大学出版会、pp. 1984.

田渕浩康、河原崎秀志、横田克長、加藤孝太郎、奈良吉主、萬両美幸、勝倉光徳、森田明雄（2015）施用資材の異なる長期連作試験圃場における土壌生物多様性評価—大型及び徘徊性土壌動物について—、第 16 回日本有機農業学会大会資料集、p.143-144

有機農業への転換技術の留意点

藤田 正雄

NPO 法人有機農業参入促進協議会

2006年に施行された「有機農業の推進に関する法律」において、有機農業とは「化学的に合成された肥料および農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業」（第2条）と定義されている。しかし、「化学肥料や農薬を使用しない」という行為より、「化学肥料や農薬を必要としない」生産システムを創り上げることに、有機農業の本質がある（西村2013）。

有機農業の実施面積を増やすには、収量・品質を落とさずに慣行栽培から有機農業に転換できる技術が必要となる。それには、作物栽培には化学肥料や農薬が欠かせないと考えている農家に、有機農業を正しく理解したうえで、有機農業への転換を図ってもらうことが欠かせない。

そこで、化学肥料や農薬に頼り切った慣行栽培により崩壊した（必要とされなかった）、多様な生物による農地の食物網や物質循環の構造を回復し、有機農業に転換するための留意点を紹介する。

(1) 農地の有機物を増やす

有機農業に転換し安定した作物を生産するには、農地を豊かな生物群集にすることが欠かせない。それには、生産者である植物（作物）を栽培し、動物や微生物の餌となる有機物を還元することである。多様な餌や棲みかの存在が、多様な生物を育むのである。

具体的には、転換初期に堆肥の搬入と生産量の多い緑肥作物（イタリアンライグラス、ソルゴーなど）の栽培を行い、土壌中の有機物（腐植）の増加を図ることを第1とする。農地の状況に応じて、1年目から換金作物を栽培せず、生育の旺盛な緑肥作物を栽培した方がよい場合もあることも考慮すべきである。加えて、緑肥作物を栽培した場合、農薬を使用する必要がないという利点もある。

なお、牛糞堆肥などの単一な有機物を多量に投入すると、それを餌とする特定の生物が多量に増え、農地の生物群集は単純になる。堆肥と緑肥作物を組み合わせるなどして、多様な有機物資源を農地に還元することを心掛けるべきである。

(2) 過度な耕耘を控える

農地の耕作を放棄し放置すると、いずれは安定した植物群集にたどり着く。また、一般に慣行栽培で行われている過度の耕耘（攪乱）は、生物の多様性を損なう。

農地に多様な生物群集を維持するには、適度の攪乱は必要である。具体的には、一斉耕起を避け、生物の存在を常に意識しながら、耕耘時に一時的に避難できる場所を確保することで、栽培作物にあった農地の生物群集が維持されるのである。

また、トマト、ピーマン、ナス、キュウリ、オクラ、カボチャ、大豆など過度の耕起を必要としない作物を作付けたり、前作に収穫時に掘り返すジャガイモ、サトイモなどの根菜類を利用したりして、農地の耕耘を少なくする工夫も大切である。

(3) 有機農業への転換時期を見極める

有機農産物の収量、品質が安定する農地になるには、有機農業への転換後、少なくとも 2～3 年は必要と言われている(図 1)。農地の生物群集が安定するには、時間(歴史性)が必要なのである。

この安定した生産量が得られるまでの時間を短縮するには、転換前に農地に有機物を還元し、生物群集の多様化を図ることである。

生物生産力の大きいところには、多種多様な生物が棲息している。

多様な捕食者(天敵)がいる農地になるには、その生物の餌や棲みかが欠かせない。ミミズやササラダニ、トビムシなどの土壤動物が多く棲息するようになると、作物を栽培していない時期でも、年中棲息しているこれらの土壤動物がクモなどの広食性(多種類のものを対象に食べる性質をもつ)天敵の餌となり、農地に天敵が常駐できるようになる。したがって、作物を栽培後、作物を餌とする植食者(害虫)が来ても、害虫の棲息数を抑制することが可能となるのである。

また、農地の近くの野山から、落ち葉、枯れ草、腐葉土を農地に搬入することで、そこに棲息している動物や微生物を農地に移入することができる。事前に農地の有機物(腐植)を増やし、餌や棲みかを確保したうえで、これら地域の環境に適応した土壤生物を移入することで、多種多様な生物を農地への定着を速めることが可能となる。

(4) 多様な作物を栽培する

安定した生物群集を持続するには、年間を通じて、時間的にも、空間的にも多様な作物を栽培し、農地を裸地にしないことである。すなわち、多品目を混作、間作、輪作を組み合わせることで、耕耘や除草などの攪乱を行ったときの土壤生物の避難場所を確保することができるのである。

加えて、農地の周りにデントコーン、ソルゴー、ヒマワリなどをバンカープランツとして栽培することで、バンカープランツにいる害虫を餌にする広食性天敵の棲息を可能にし、作物の害虫を抑制することもできる。

(5) 種子を選ぶ

生物と環境の相互作用、作物の環境への順応、適応を考えたとき、その地域で栽培されてきた在来種が、その地域の環境にうまく適応しやすいようになっていることは容易に想像できるであろう。たとえば、トウモロコシを北海道で栽培したとき、アメリカ産より北海道産の種子の方が、作物と共生する菌根菌の着生(感染率)が多くなるという(小林ら 2007)。

また、市販品種のエダマメと有機農業畑で自家採種したエダマメを有機農業畑と慣行栽培畑で比較栽培した。播種後雨が多い年には、タネバエによる種子への加害は有機農業畑で自家採種し

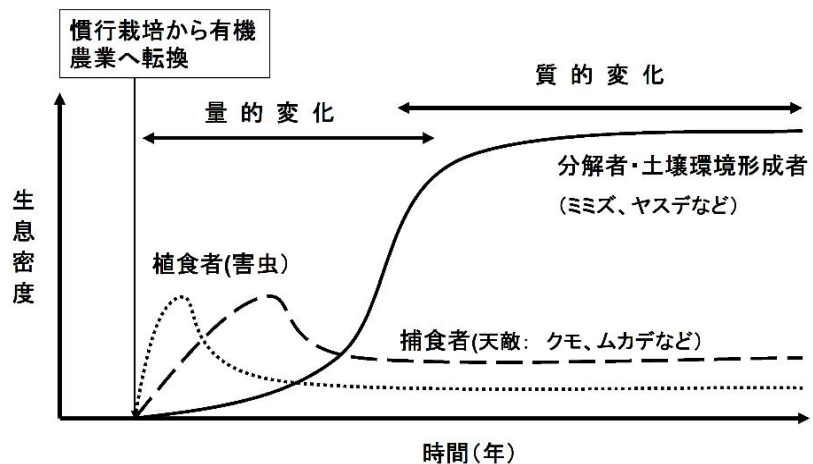


図 1 土壌動物の棲息を配慮した畑地の動物群集の変化

量的変化から質的变化への移行は、土壌の状態や転換後の管理方法によって異なる。2～3 年でみられる場合もあるが、10 年以上かかる場合もある。藤田 2010 に加筆。

た種を栽培した場合にはほとんど見られなかったが、市販品種では両方の畑で多くなった（藤田、未発表）。有機農業畑で採種された種子の方が、有機栽培に適した多くの情報（対処の仕方）を持っていることは容易に想像できるであろう。

加えて、作物は野生種の性質を強く引き継いでいることから、その原産地の環境と野生種の性質を栽培に応用することも大切である。

以上、生態学的な視点を持って、農地に棲息する多様な生物に配慮した有機農業に取り組むことが、結果として持続可能な栽培となることを理解してもらえたと思う。

有機農業への転換は、慣行農業とは異なる技術路線への転換である。すなわち転換とは、農地に生息する生物を貧弱な状態に留めてきた栽培から、農薬・化学肥料をやめ、そこに多様な生物の生息を保障しようとする行為である。

したがって、作物が栽培可能な生態系に落ち着くまでには、それ相応の時間が必要である。この期間が有機農業への転換期間なのである。したがって、準備をして転換すればそのリスクはある程度軽減できる。しかし、この時期は肥料の種類を化学肥料から有機肥料に変えただけではなく、農地生態系そのものの転換期なのである。一定のリスクは覚悟し、行政担当者、消費者ともに、リスクを実施者のみに負担させることのないシステム（支援体制）も必要である。

栽培規模や地域の栽培条件や経営形態によって、すぐにできること、できにくいことがあると思うが、直接見ることができないが多様なはたらきに関与している土中の多種多様な生物に思いを馳せながら、それぞれの栽培環境に応じた方法を検討し、実行してもらいたい。

引用文献

- 小林創平・村木正則・榎 宏征・加藤邦彦・唐澤敏彦・野副卓人(2007) トウモロコシにおけるアーバスキュラー菌根菌感染率の品種間差とその要因、第 223 回日本作物学会講演会要旨集：346-347.
- 西村和雄（2013）有機農業とは、『有機農業を仕事に!!』、全国新規就農相談センター4-6.
- 藤田正雄（2010）健康な土をつくるー有機農業における土と肥料の考え方、『有機農業の技術と考え方』（中島紀一・金子美登・西村和雄編著）、コモンズ：140-162.

第 3 部

簡易土壌診断に基づく 適正施肥の最前線

- ◆ 自然の土壌で土壌生物が駆動する窒素循環
- ◆ 水田風乾土可給態窒素の簡易迅速評価法の開発
- ◆ 畑の可給態窒素簡易診断による秋冬レタスでの診断施肥
- ◆ 畑の水溶性リン酸の簡易評価と施設キュウリでの基肥リン酸省略
- ◆ 緑肥による土作りと減肥

自然の土壌で土壌生物が駆動する窒素循環

金子 信博

横浜国立大学大学院環境情報研究院

1. なぜ、無施肥栽培が可能なのか？

近年、無肥料栽培で品質の高い農産物を生産する農家がよく話題に上る。一般的には肥料をやらないと十分な生産継続できないと思われるが、なぜ無肥料で栽培が継続可能なのであろうか？ また、不耕起草生栽培で無肥料を実践している農家も多い。雑草と作物は光、水、そして栄養塩を巡って競争関係にあるはずである。もっとも可能性が高いのは、すでに以前からその農地で行われてきた施肥により十分な栄養塩が土壌に存在するというケースだろう。しかし、よく考えてみると、森林や草原では施肥をしなくても植物が健全に生長する。放棄されて何年も経つ農地では、雑草が恐ろしいほどの勢いで生長するところもある。

常識的には、植物は大気中の二酸化炭素を炭素源とし、水と太陽エネルギーを利用して炭水化物を生産している。そして、炭素と酸素、水素以外の必須元素は土壌から吸収している。したがって、野生植物が健全に生育している場合、施肥をしなくても土壌から何らかの形で植物に必要な必須元素が供給されていることになる。

自然の陸上生態系では、植生遷移の過程で土壌が形成され、風化した岩石から栄養塩類が供給される。また、長い時間で見ると黄砂（風成塵）による元素の補給もある。ある程度遷移が進行した群落では、植物と土壌との間に元素の循環が成立し、植物が吸収した元素とほぼ等しい量が落葉、落枝などの形で土壌に還元され、そこで微生物や土壌動物によって分解され、植物に再利用される。

農業は自然の植生遷移を人為的に攪乱し、人が食料として利用したい植物を継続的に植栽して利用している。また、土壌が十分保持していない元素は、肥料として補充することで生産力を維持、向上させてきた。ほとんどの植物はAM菌や外生菌根菌などとの共生関係を持ち、炭水化物を菌類に供給する代わりに、窒素やリンなどの元素を菌根から得ている。興味深いことに、化学肥料の施用は、植物と菌根の共生を解消させることが知られている。おそらく、植物は炭水化物を供給して菌根に吸収してもらうより、根から直接吸収出来る場合、共生関係を解消し、炭水化物供給のコストを削減するのだろう。逆に、農地で肥料を少なくし、あるいは無施肥にする場合、植物は菌根との共生関係を強化し、足りない元素を頼るようになるだろう。したがって、無施肥栽培に関しては、根や菌根菌を定量化し、元素の収支を冷静に測定することで、その妥当性を確かめることができるだろう。また、窒素施肥は、土壌微生物全体の量を減少させる（Miura *et al.* 2016）。このことは、土壌動物による窒素駆動と大きな関係がある。

2. 土壌動物による窒素の駆動

土壌には有機態の形で多量の窒素があるが、窒素循環に土壌動物が大きく寄与していることは、一般にはあまり知られていない（Osler & Sommerkorn 2007）。土壌動物も私たちも共通して食物を食べ、排泄する。このとき、体に入った窒素は消化吸収され、利用されるが、体からは未消

化のものと体の老廃物として廃棄させる窒素が排泄される。体重が変化しないとしたら、この量は釣り合うので、動物は生きていく上で常に一定量の有機態窒素を処理して無機態として排泄する。一方、微生物は排泄する仕組みを持たないので、基本的に取り込んだ窒素を使って増殖する。土壌中では微生物と植物が窒素を初めとしてさまざまな元素を巡って競争関係にあるが、一般に微生物のほうがうまく吸収できる (Bardgett *et al.* 2002)。もし、植物と微生物だけの系を作ると、微生物は植物より有利に元素を吸収するだろう。このような系に微生物を食べる動物を投入するとどうなるだろうか？

センチュウを使った実験系では、無菌の土壌よりも、バクテリアを加える処理の方が土壌中のアンモニア態窒素が多いが、そこにバクテリア食のセンチュウを加えることでアンモニア態窒素はさらに増加していた (Huixin *et al.* 2001)。一方、カビ食のセンチュウを加えてもその効果は少なく (Okada & Ferris 2001)、岡田 (岡田浩明 2002) は、餌と動物のCN比の関係が無機化に影響しているとした。

さらに植物が加わるとどうなるだろうか？ 野外でシカによるミヤコザサの食害が、根を介して土壌食物網を駆動し、結果的にササに利用できる窒素が増えたという例を紹介しよう (図1)。Niwaら (Niwa *et al.* 2008) は高萩市の森林に設けたシカの食害試験調査区で、シカによるミヤコザサの摂食を模擬して、新葉だけをわずかに摘葉した。すると土壌中の有機態炭素が増え、細菌が増え、細菌食のセンチュウが増えた。センチュウの増加は、すでに説明したように無機態窒素量の増加をもたらした。植物は地上部の摘葉に応じて根からの滲出物量を増加させる場合がある。ミヤコザサはそのことにより土壌中の食物網を駆動して、再び生長するために必要な窒素をより多く獲得していた。

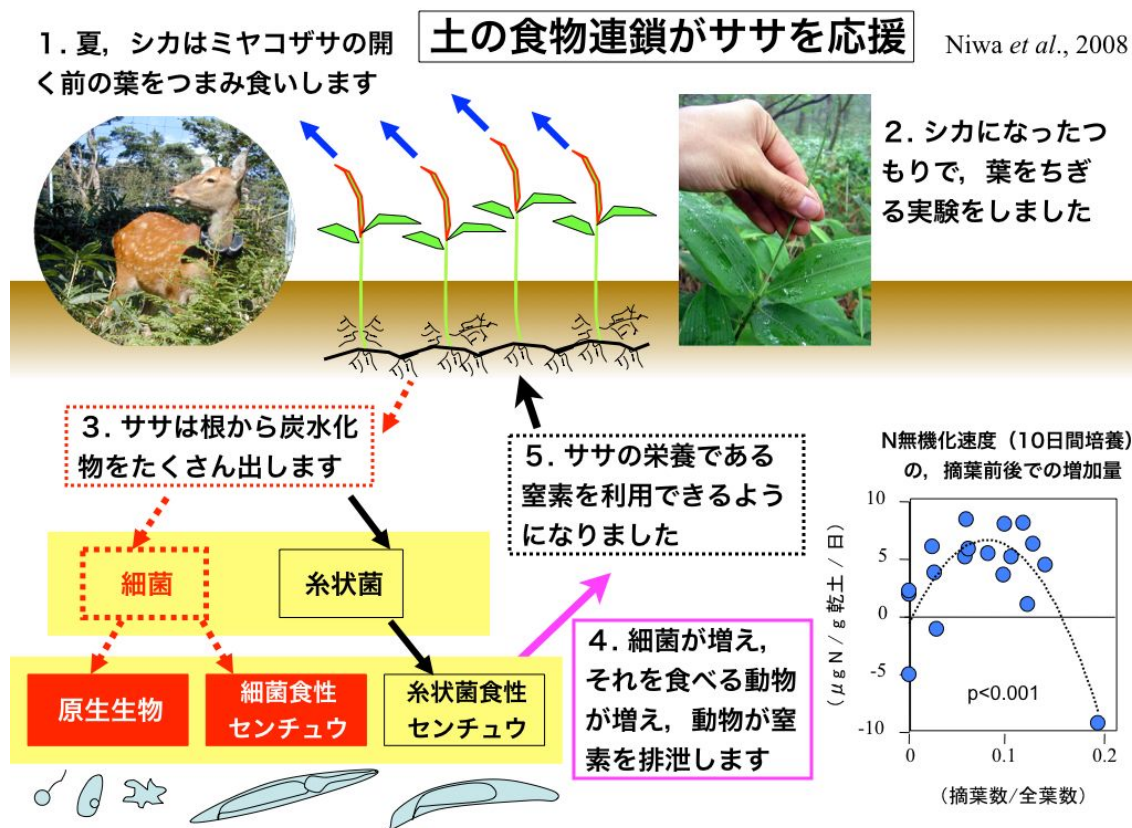


図-1 シカによる食害が土壌中の食物連鎖を変化させた様子 (Niwa *et al.*, 2008)

以上の例は、微生物を食べる動物によるものであったが、腐植食の場合はどうだろうか？ 農地にも多数生息するヒメミミズによるアンモニア態窒素の放出量がデンマークの湿地で推定され、年間 3kg ha^{-1} であった（Nieminen 2008）。また、ヒメミミズによる窒素無機化量は年間 6kg ha^{-1} で、この湿地での年間無機態窒素量（ 43kg ha^{-1} ）の14%に相当した。

農地を耕すと、ミミズのような大型土壌動物は生息できないが、攪乱がきわめて激しくても、微生物や微生物食性の動物（センチュウ、原生生物）は土壌に生息している。現在の集約的農業では、微生物と微生物食者の食う-食われるの関係が窒素を植物に供給している。

3. 土壌の食物網を発達させる

保全農業の方向性は、土壌をなるべく攪乱しないこと（不耕起、省耕起）、マルチ、そして輪作である。このような農法を採用すると、慣行農法に比べて土壌動物の多様性や量が増加する。

大学の試験地で、不耕起草生と耕起を比較した試験の結果を紹介する。もともと草地であったところを2010年から試験とし、不耕起草生の処理区は草地のまま、作物を植えるところだけ幅30センチで草を抜き、播種している。一方耕起区は、雑草をすべて抜き、家庭用のカルチベータで耕した。それぞれ施肥をしない区と有機肥料を窒素で年 100kg ha^{-1} となる量を2回に分けて散布する施肥区を設けた。以来、夏は大豆、冬は小麦を栽培し、現在まで継続している。

2012年の春の土壌生物群集を見ると、微生物の現存量は耕起区で不耕起区より少なく、1/3から1/5の量であった（金子信博 2015）。ミミズは耕起区ではほとんど出現せず、現在に至っている。他の土壌動物も不耕起区で多く生息していた。これらのデータと、それぞれの生物の炭素・窒素比を使って窒素の無機化モデルを計算することができる（Hunt *et al.* 1987）。

土壌生物による窒素駆動量の推定

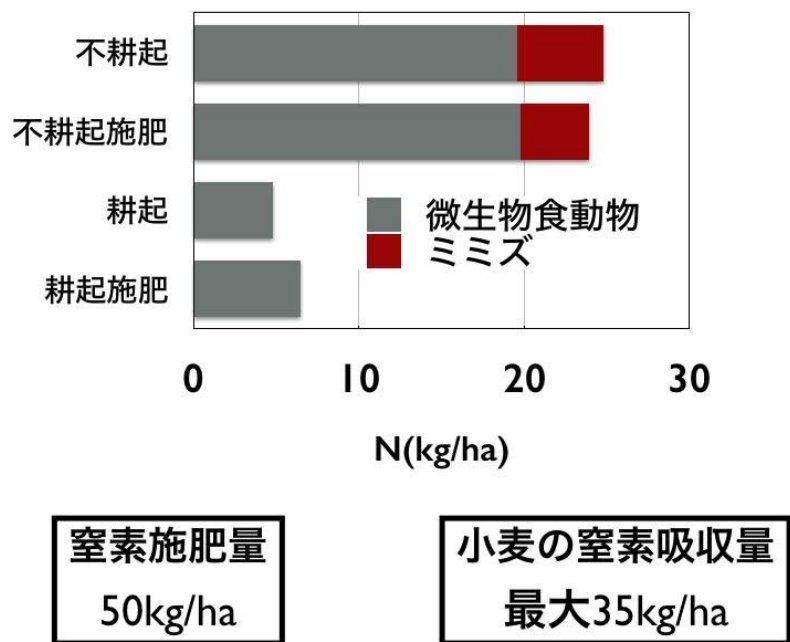


図-2 横浜国立大学の試験圃場における土壌動物による窒素無機化量の推定

ここでは、微生物を節足動物が食べ、ミミズが落葉と微生物を食べるモデルを計算し、その合計を求めた。耕起するとミミズがいなくなるが、ミミズの現存量は不耕起草生でとても多かったのも、ミミズの有無は窒素の無機化量に大きな影響がある。それと同時に、微生物が少なく、微生物を食べる動物が少ないことも、窒素に関しては大きなちがいをもたらしていた。このモデルは原生動物やセンチュウの評価を加えていないが、耕起と不耕起の関係はこれらの動物でも同じと考えて良いので、不耕起区で土壌動物を介した窒素無機化がとて多いことがわかる。ミミズは作物の生長を有意に増加させるが、その効果は窒素肥料を増やすことで小さくなる（van Groenigen *et al.* 2014）。

不耕起草生では、土壌からの窒素供給が思った以上に期待できるので、作物と雑草の競争をうまく調整できれば、施肥を減らすことが可能であろう。むしろ雑草の根も含めて多量の根により土壌食物が駆動され、菌根共生も加わって土壌から効率よく栄養塩を集めているといえよう。

4. 土壌構造

よく、「不耕起や省耕起で栽培を行うと土の中の孔隙がなくなり、土が硬くなるのではないか？」という質問を受ける。確かに、土壌構造を改変する何らかの行為、あるいは生物がいなければ、土壌はどんどん目詰まりし、固くなるだろう。雨が降ると水たまりができる学校の土のグラウンドを想像するとよくわかる。

一般に、不耕起栽培を継続しても土壌の物理性が悪化しないことはすでに、世界中の観測データに比較から明らかになっている（Strudley *et al.* 2008）。不耕起草生をすると、土壌炭素が増加する（Arai *et al.* 2014; Yagioka *et al.* 2014）。大学の試験地は草地から試験地に移行したので、不耕起草生区では栽培を継続しても土壌炭素が増加しないが、開始時の値から維持されていた。一方、耕起区は1%程度低いままであった。土壌の団粒構造は、ミミズや植物の根によって発達する（Arai *et al.* 2013）。土壌中の孔隙は、小型節足動物の個体数を規定しており、孔隙が増加すると動物の個体数も増加する。小型節足動物には微生物食の動物が多く割合を占めるので、微生物から動物を介して駆動される窒素量が増大することが期待できる。一方、ミミズの活動は土壌からの一酸化窒素の放出を増大させると考えられており（van Groenigen *et al.* 2015）、温室効果ガスの管理にミミズの活動も考慮する必要がある。

まとめ

無肥料栽培では、窒素だけでなくリンやカリウムといった多量元素、そして他の必須元素の収支も考える必要がある。しかし、陸上生態系や農地の生産力を大きく規定している窒素で考えた場合、土壌微生物とともに土壌動物が多くなる土壌管理をすることで、施肥量を減らしても植物に利用可能な窒素が確保されることがわかる。土壌には多量の有機態窒素が貯留されており、不耕起草生栽培では、炭素量の増加とともに窒素量も増加する。その有機態窒素を植物に利用可能にするには微生物と土壌動物が土壌有機物を分解して、有機物中の窒素を無機化することが必要である。土壌の食物網の出発点にあたるのが土壌微生物である。不耕起草生栽培は、窒素の無機化だけでなく、土壌構造の発達や地上部の天敵のための餌資源の増加など多機能の改善が期待できる。このように生態系レベルで何が変化しているかを考えることで、コストを抑えつつ環境負荷の少ない栽培を行う方法の理解が進むだろう。

引用文献

- Arai M, Minamiya Y, Tsuzura H, Watanabe Y, Yagioka A, Kaneko N (2014) Changes in water stable aggregate and soil carbon accumulation in a no-tillage with weed mulch management site after conversion from conventional management practices. *Geoderma* 221-222C: 50-60. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.01.022
- Arai M, Tayasu I, Komatsuzaki M, Uchida M, Shibata Y, Kaneko N (2013) Changes in soil aggregate carbon dynamics under no-tillage with respect to earthworm biomass revealed by radiocarbon analysis. *Soil and Tillage Research* 126: 42-49. DOI: 10.1016/j.still.2012.07.003
- Bardgett RD, Streeter TC, Cole L, Hartley IR (2002) Linkages between soil biota, nitrogen availability, and plant nitrogen uptake in a mountain ecosystem in the Scottish Highlands. *Applied Soil Ecology* 19: 121-134.
- Huixin L, Niubushi K, Miwa J (2001) Effects of temperature on population growth and N mineralization of soil bacteria and a bacterial-feeding nematode. *Microbes and Environment* 16: 141-146.
- Hunt HW, Clomena DC, Ingham ER, Ingham RE, Elliot ET, Moore JC, Rose SL, Reid CPP, Morley CR (1987) The detrital food web in a shortgrass prairie. *Biol Fertil Soils* 3: 57-68.
- Miura T, Owada K, Nishina K, Utomo M, Niswati A, Kaneko N, Fujie K (2016) The Effects of Nitrogen Fertilizer on Soil Microbial Communities Under Conventional and Conservation Agricultural Managements in a Tropical Clay-Rich Ultisol. *Soil Science* 181: 68-74. DOI: 10.1097/ss.0000000000000140
- Nieminen JK (2008) Soil animals and ecosystem processes: How much does nutrient cycling explain? *Pedobiologia* 51: 367-373.
- Niwa S, Kaneko N, Okada H, Sakamoto K (2008) Effects of fine-scale simulation of deer browsing on soil micro-foodweb structure and N mineralization rate in a temperate forest. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 699-708.
- Okada H, Ferris H (2001) Effect of temperature on growth and nitrogen mineralization of fungi and fungal-feeding nematodes. *Plant Soil* 234: 253-262.
- Osler GHR, Sommerkorn M (2007) Toward a complete soil C and N cycle: incorporating the soil fauna. *Ecology* 88: 1611-1621.
- Strudley MW, Green TR, Ascough JC (2008) Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil & Tillage Research* 99: 4-48. DOI: 10.1016/j.still.2008.01.007
- van Groenigen JW, Huygens D, Boeckx P, Kuyper TW, Lubbers IM, Rütting T, Groffman PM (2015) The soil N cycle: new insights and key challenges. *Soil* 1: 235-256. DOI: 10.5194/soil-1-235-2015
- van Groenigen JW, Lubbers IM, Vos HMJ, Brown GG, De Deyn GB, van Groenigen KJ (2014) Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Scientific reports* 4: 6365. DOI: 10.1038/srep06365
- Yagioka A, Komatsuzaki M, Kaneko N (2014) The effect of minimum tillage with weed cover mulching on organic daikon (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus* cv. *Taibyousoufutori*) yield and quality and on soil carbon and nitrogen dynamics. *Biological Agriculture & Horticulture*: 1-15. DOI:

10.1080/01448765.2014.922897

岡田浩明（2002） 土壌生態系における線虫の働き-特に無機態窒素の動態への関わり-. 根の研究 11: 3-6.

金子信博（2015） 土のなかの生物多様性を農業に活かす. 科学 85: 1091-1095.

水田風乾土可給態窒素の 簡易迅速評価法の開発

高橋 茂

(国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壌診断グループ

1. はじめに

施肥の基本は、土壌に不足する養分を適切な時期に適切な方法で適量施用することである。したがって、土壌診断をおこなって土壌の養分状態を知ることが、適正施肥の第一歩となる。なかでも土壌からゆっくりと作物に供給される窒素（地力窒素）は、土壌の作物生産力を左右する重要な診断項目の一つである。堆肥などの有機質資材を施用して地力窒素を維持・向上させることは大切だが、地力窒素が必要以上に高まると、作物への窒素供給の調節が難しくなり、過繁茂・倒伏などが生じる。このため、地力窒素の多少に応じた窒素施肥や有機物施用が望まれている。

土壌からの窒素供給の指標となる可給態窒素の水田における改善目標値は、地力増進法（昭和59 年法律第 34 号）に基づく地力増進基本指針において、「乾土 100g 当たり 8mg 以上 20mg 以下」と示されており、土壌を風乾後 30℃の温度下、湛水密栓状態で 4 週間培養した場合の無機態窒素の生成量から求める（図 1）。この標準的方法は長時間を要すること、また、この間の試料の管理に労力を要することなどが土壌診断実施の障害となっている。

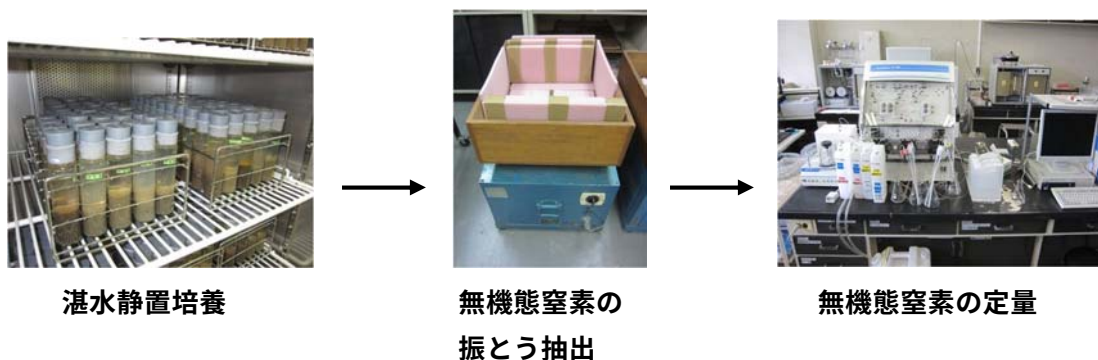


図 1 水田土壌可給態窒素の測定（従来法）

私たちの研究グループでは、畑土壌可給態窒の簡易・迅速評価法として、80℃16 時間水抽出法を先に開発した。しかし、本手法を水田土壌に用いたところ精度が劣ることが分かった。そこで、畑土壌用とは別の水田土壌に適用可能な可給態窒素の評価法を開発したので、その概要を紹介する。詳細については農研機構のホームページ掲載のマニュアルを参照いただきたい。なお、土壌

診断にあたっては圃場の代表となる土壌をサンプリングすることが重要であり、成書を参考のこと（例えば、「土壌環境分析法」博有社）。

2. 分析法の概要

実験用器具等の整備状況に応じて土壌診断が実施できるように、大別して2つの分析手順を用意している。1つは主に試験研究機関や土壌分析機関等を対象とした方法で、もう1つは普及指導機関などを対象とした方法であり、どちらの方法でも2日程度で分析が可能である。

(1) 試験研究・分析機関向け（絶乾土水振とう抽出法）

絶乾土水振とう抽出法は、風乾土を105℃で24時間乾熱した絶乾土（水分を含まない状態）に調整した水田土壌に25℃の水を加え、1時間振とう、ろ過し、ろ液の有機態炭素量（TOC）を測定して回帰式に当てはめて可給態窒素を推定する方法である（図2）。この方法では、通風乾燥機や振とう機、TOC測定機器が必要となる。TOC測定は化学的酸素要求量（COD）簡易測定キットでの代用も可能である（後述）。

抽出液のTOCと培養法による可給態窒素との関係を図3に示した。図中には黒ボク土および灰色低地土などの非黒ボク土、また、田畑輪換土を含んでいるが、ひとつの回帰式（ $y=0.26x-4.41$ ）で決定係数0.86と高い相関のある関係が得られ、TOCから可給態窒素の推定が可能である。なお、COD簡易測定キットを用いる場合の回帰式はマニュアルを参照する。

TOCを抽出する際の振とう温度（室温・水温）は、25℃を中心として±5℃までなら、抽出量に有意差はなかった（図4）。また、乾熱時間（24時間）を変えると抽出されるTOCも変化し、上記の回帰式が成り立たないので、時間を守る必要がある（図5）。なお、圃場から採取した生土（湿潤土）を直接、絶乾処理することは想定していない。

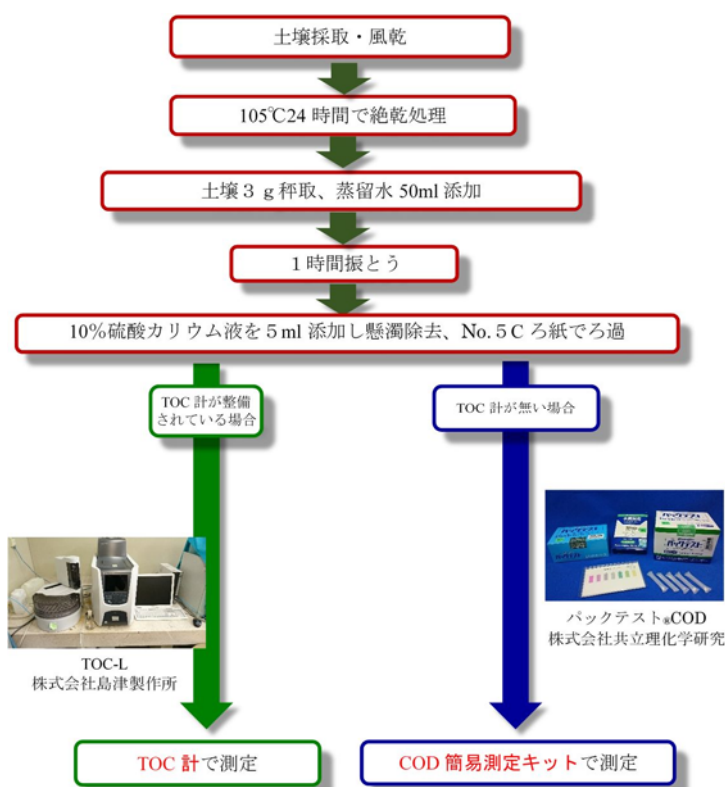


図2 可給態窒素の簡易評価法（試験研究・分析機関が対象）

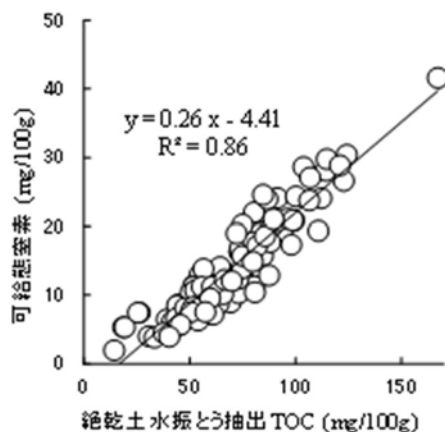


図3 絶乾土水振とう抽出法による TOC と可給態窒素の関係

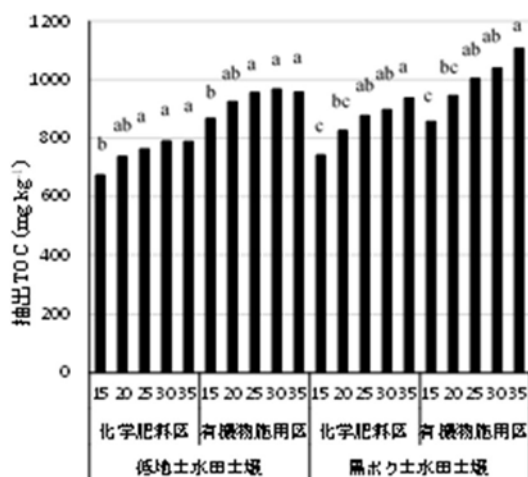


図4 振とう温度(°C)の違いが TOC に及ぼす影響

※図中の同一土壌に表示した異なるアルファベットは多重比較検定法 ($p < 0.05$) により有意差があることを示す (n=5)

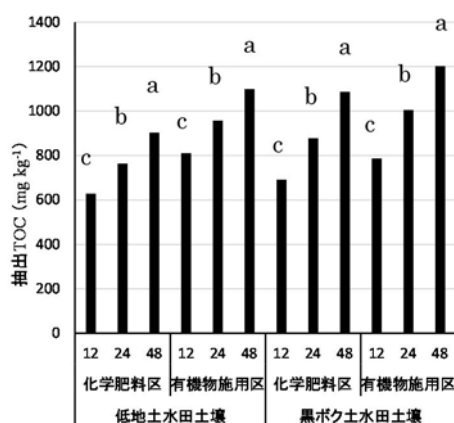


図5 105°C乾熱時間(hr)の違いが TOC に及ぼす影響

※図中の同一土壌に表示した異なるアルファベットは多重比較検定法 ($p < 0.05$) により有意差があることを示す (n=5)

(2) 普及指導機関など向け（簡易乾熱土水抽出法）

簡易乾熱土水抽出法は、通風乾燥機や振とう機が整備されていない機関でも測定ができるように、家庭用オーブンの利用と振とう機を使用しない抽出を組み合わせた簡易評価法である（図 6）。本法では、水田土壌を 120℃に設定したオーブンで 2 時間乾熱し、冷却後に水を加えて攪拌した後、1 時間静置してろ過し、ろ液の COD を測定して可給態窒素を推定する。

COD の測定には、簡易測定キット（バックテスト®COD、(株)共立理化学研究所）を用いるので、特別な測定機器は必要としない。COD 簡易測定キットは、インターネット販売などで入手できる。オーブンは熱ムラを少なくするために熱風循環式（コンベクション式）の製品を使用し、乾熱処理前にあらかじめオーブンの予熱機能で庫内温度を 120℃にしておく。抽出に用いる水は、蒸留水のほか市販のミネラルウォーターも利用できるが、事前に COD がゼロであること確認しておく必要がある。

図 7 は簡易乾熱土水抽出法による簡易測定キットで測定した COD と TOC の関係を示しており、両者の間には決定係数 0.86 と高い正の相関関係がある。したがって、簡易乾熱土水抽出法により得られる試料液中の COD を簡易測定キットで求めれば可給態窒素を推定することができる（図 8）。



図 6 可給態窒素の簡易評価法（普及指導機関等が対象）

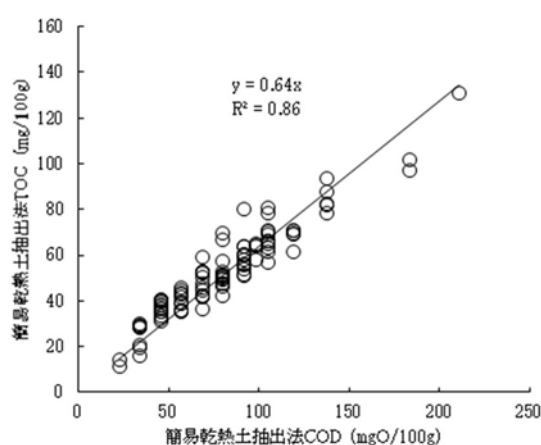


図 7 簡易乾熱土抽出法による COD と TOC の関係

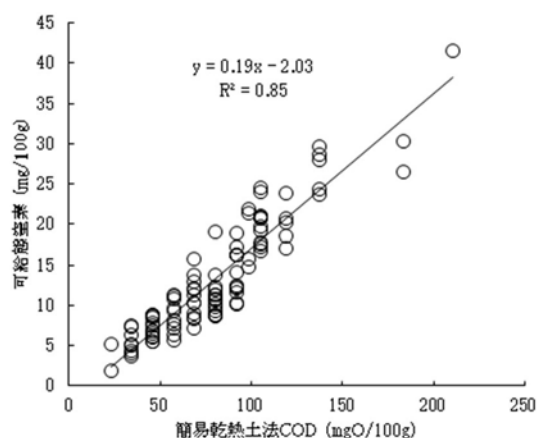


図 8 簡易乾熱土抽出法による COD と可給態窒素の関係

3. 評価法の活用と今後の展開

可給態窒素を分析項目に含めている分析・指導機関は少ないのが現状であり、今回紹介した簡易・迅速評価により土壌管理などに起因する圃場間の地力窒素の違いなどの実態把握が進むことを期待する。また、冒頭で述べた農林水産省委託プロジェクト研究において、公設試験研究機関および JA 全農営農・技術センターとともに、水田土壌可給態窒素の簡易測定を活用した適正施肥技術の開発に取り組んでいる。マニュアルは適宜改訂を予定しており、通風乾燥機はあるが振とう機や TOC 計が整備されていない普及指導機関等を対象とした絶乾土水不振とう抽出法を追記する予定である。その他にも要望等があれば連絡いただきたい。さらには、畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法についても合わせてご覧いただければ幸いである。

謝辞

本成果の一部は平成 27 年度から開始された農林水産省委託プロジェクト研究「生産コストの削減に向けた効率的かつ効果的な施肥技術の開発」で得られた成果である。試験に用いた土壌は、岩手県、山形県、栃木県、茨城県、千葉県、山梨県、新潟県、長野県、富山県、福井県、岐阜県、三重県、滋賀県、兵庫県、和歌山県、岡山県、高知県、鳥取県、山口県、福岡県、長崎県、熊本県、鹿児島県、農研機構東北農研大仙研究拠点および中央農研北陸研究拠点の研究機関および専門技術指導機関より提供いただいた。

参考文献等

- 東 英男・上蘭一郎・野原茂樹・高橋 茂・加藤直人（2016）日本の水田土壌の湛水培養無機化窒素量の特徴とその簡易迅速評価法の開発 第 2 報 絶乾土水振とう抽出有機態炭素量による水田風乾土可給態窒素の迅速評価、日本土壌肥科学雑誌、86、188～197.
- 野原茂樹・高橋 茂・東 英男・加藤直人（2016）日本の水田土壌の湛水培養無機化窒素量の特徴とその簡易迅速評価法の開発 第 3 報 オープンによる乾熱処理と不振とう水抽出および COD 簡易測定による水田土壌の風乾土培養可給態窒素の簡易評価法、日本土壌肥科学雑誌、87、125～128.
- 上蘭一郎・加藤直人・森泉美穂子（2010）80℃16 時間水抽出液の COD 簡易測定による畑土壌可給態窒素含量の迅速評価、日本土壌肥科学雑誌、81、252～255.
- 東 英男・高橋 茂・加藤直人（2016）日本の水田土壌の湛水培養無機化窒素量の特徴とその簡易迅速評価法の開発 第 1 報 無機化窒素量と土壌含水率及び水稻収量との関係、日本土壌肥科学雑誌、86、175～187.
- 上蘭一郎・加藤直人・森泉美穂子（2010）日本の畑土壌に対する 80℃16 時間水抽出法による可給態窒素簡易評価法の適用性、日本土壌肥科学雑誌、81、39～43.
- 農研機構中央農業研究センター土壌肥料研究領域（2016）水田土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル（http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/narc/manual/062019.html）
- 農研機構中央農業研究センター土壌肥料研究領域：畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法（https://www.naro.affrc.go.jp/narc/result_digest/files/snmanu.pdf）

畑の可給態窒素簡易診断による 秋冬レタスでの診断施肥

藤田 裕

茨城県農業総合センター

1. はじめに

土壌中の窒素は、農地の肥沃度を評価する上で重要な成分である。土壌中の窒素は「無機態窒素」と「有機態窒素」とに大別され、これらのうち作物に直接利用されるものは無機態窒素（アンモニア態窒素や硝酸態窒素など）である。一方の有機態窒素は、土壌微生物の働きによって無機態窒素に変化した後に、作物に利用される。

有機態窒素に由来する窒素供給（いわゆる地力窒素）には土壌微生物が関与しているため、作物栽培中に無機化する窒素量は作付け期間の長さやその間の地温等の環境要因に応じて異なる。このように地力窒素の発現は様々な条件が影響するので、各圃場の地力窒素を比較するためには測定条件を一定にしなければならない。一般的には、地力増進法に基づく地力増進基本指針（H20、農水省）に示されているように、「土壌を風乾後 30℃の温度下、畑状態で4週間培養した場合の無機態窒素の生成量」を畑の可給態窒素として評価する。

肥料は、作物の生育を良好にして収量や品質を向上させるため、土壌に不足する養分を補う資材である。したがって、適正な窒素施肥を行うためには、土壌の無機態窒素や可給態窒素を把握する必要がある。

2. 畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法（中央農研開発技術）

可給態窒素の測定法は、前述のとおり4週間にわたって土壌を培養する必要があるため結果を得るまでに時間がかかり、また測定操作は簡単ではない。そのため、これまでに多くの簡易推定法が提案されてきたが、土壌の種類によっては使用できないものや高価な分析機器が必要であるものなど、汎用性や利便性等に課題があった。

これらの課題を改善した簡易推定法として、「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法」が2010年に農研機構 中央農業研究センターによって開発された（図1）。この方法は、土壌分析機関のみならず、普及センターや生産者自らが操作できるように簡易化されている。また、測定に要する期間は2日であり、これまでの方法と比べて大幅に迅速化されている。なお、具体的な測定方法は、インターネットに測定マニュアルが公開されている。

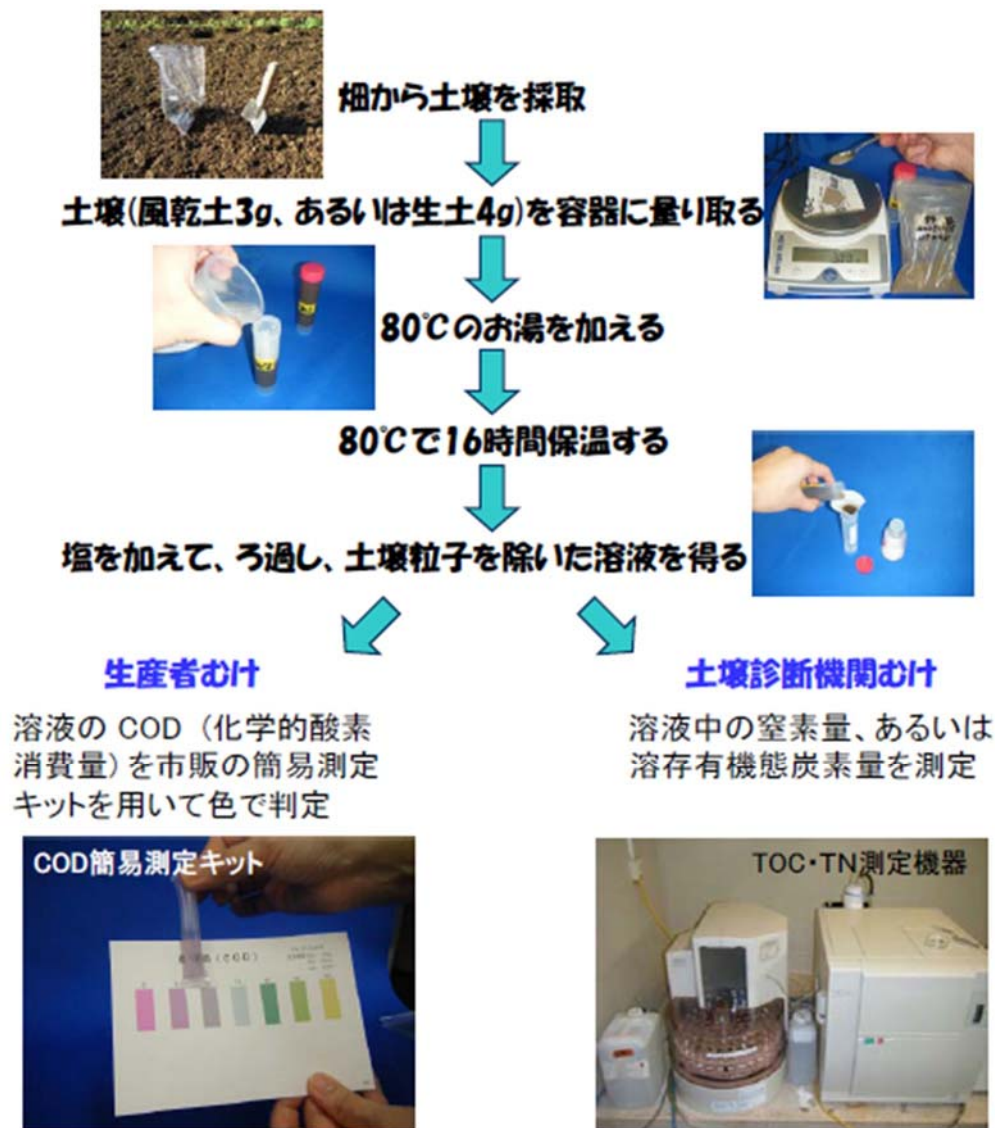


図 1 畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法の概要

3. 茨城県のレタス栽培の課題と診断施肥技術の開発

茨城県のレタス生産は、出荷量が8万6千トン程度（H26年度）で全国で2番目に多く、本県の主力品目の一つである。主な産地は県西地域の4市町（坂東市、境町、古河市、結城市）であり、県全体のレタス作付け面積の約8割を占める。また、主な作型は、3～5月に収穫する春レタスと10～12月に収穫する秋冬レタスである。

レタスは窒素過多によって肥大しすぎたり形状が乱れたりしやすく、その場合は商品価値が大幅に低下する。特に、秋冬レタスは、比較的気温の高い時期に生育するため地力窒素の影響が大きく、高品質安定生産が課題であった。

そこで、茨城県農業総合センター園芸研究所（以下、茨城園研）は、目標とする大きさのレタスを効率的に生産するための窒素量（供給窒素量）が施肥窒素だけでなく土壌中の窒素を加味することで説明できることを明らかにし（図2）、可給態窒素や土壌に残存する硝酸態窒素量に応じた

施肥を行う「秋冬レタス診断施肥技術」を開発した。なお、この技術では、10a の土壌重量を 100t（作土深 15cm、黒ボク土の仮比重 0.67）と見なして、土壌の硝酸態窒素及び可給態窒素の測定値（mg/100g）は、そのまま 10a 当たりの kg に読み替えて用いた。



図2 秋冬レタス重量に影響する窒素（供給窒素量）と施肥および土壌中の窒素との関係式

4. 可給態窒素簡易評価法の活用事例

茨城園研が開発した「秋冬レタス診断施肥技術」は土壌の硝酸態窒素及び可給態窒素の測定が必須であり、これは作付け前の限られた期間に迅速に行う必要がある。また、この技術を産地で広く活用するためには、産地の指導機関である普及センターにおいて測定できることが重要である。なお、本県の普及センターには土壌診断室が設置されており、硝酸態窒素は測定できるが、土壌を培養する方法での可給態窒素の測定は行えない。

そこで、可給態窒素の測定に「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法」を活用して、秋冬レタスの収穫時期別の診断施肥について検討した。試験は、坂東市の現地レタス圃場において、茨城園研、地域の普及センターおよび生産者と共同で実施した。目標とするレタスの大きさ（階級）は、取引単価の高い「L品」とした。

(1) 秋冬レタス（収穫時期別）の診断施肥

現地圃場において、あらかじめ、施肥前土壌の硝酸態窒素含量と可給態窒素（簡易評価法）を測定した。可給態窒素の影響は作型毎に異なると考えられたので、収穫時期を「10月」「11月上旬」「11月中下旬」の3つに分類して、各時期の供給窒素量の適正値を検討した。具体的には、供給窒素量をそれぞれ1～4水準設定して、供給窒素量から土壌の硝酸態窒素と可給態窒素を差し引いた量の窒素を施肥して栽培し、最適な供給窒素量を明らかにした。

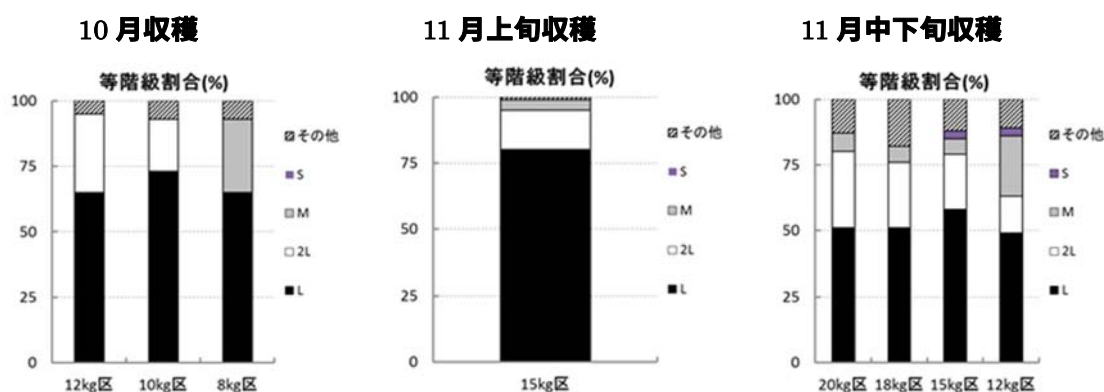


図3 収穫時期別の供給窒素量の違いがレタス階級（L品率）に及ぼす影響

その結果、目標とする大きさ（L 品）を効率的に収穫できる供給窒素量は、10 月収穫作型が 10kg/10a、11 月中下旬収穫作型が 15kg/10a であった（図 3）。また、11 月上旬収穫作型は、供給窒素量 15kg/10a で栽培した場合の L 品率は 80% となり、設定した供給窒素量は適正と考えられた（図 3）。

(2) 秋冬レタス診断施肥の普及状況

秋冬レタス診断施肥技術の有効性と作型毎の供給窒素量が明らかになったので、平成 25 年から県内レタス産地への普及活動を開始し、関係機関で連携して推進した。特に、坂東地域では、若手生産者グループと普及センターで協議して「秋レタス施肥マニュアル」を作成し、診断施肥技術とそれによる施肥量を分かりやすく示すことで普及を図った（図 4）。

導入当初（平成 25 年）は、生産者 80 人（226 圃場）について簡易評価法による可給態窒素を測定して診断施肥を行った。平成 27 年には生産者 167 人（589 圃場）となり、徐々に取組が拡大している（図 5）。地力窒素等を科学的に評価した施肥管理が広まりつつあり、秋冬レタスの安定的な生産につながっている。



図 4 秋レタス施肥マニュアル

注:「惣レタスプレミアム」は地域で導入している専用肥料（10-8-6、20kg 袋）

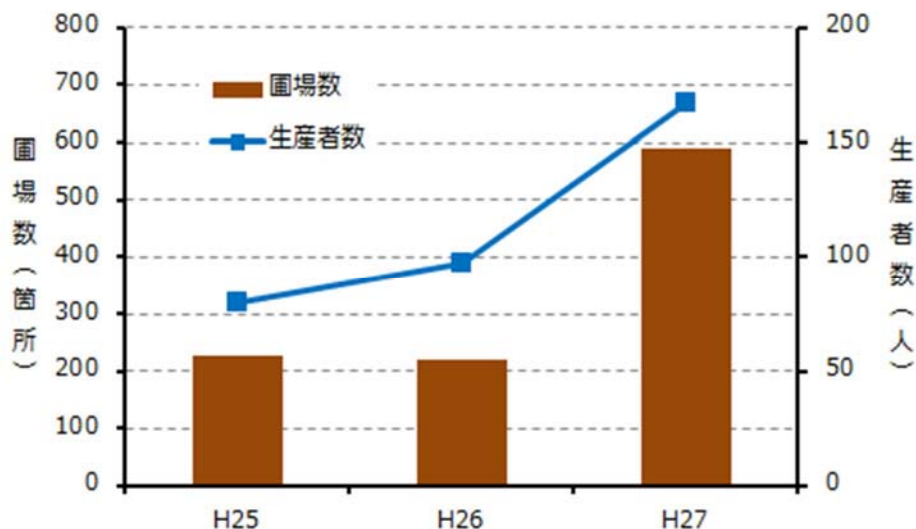


図 5 産地における秋冬レタス診断施肥技術の普及状況

(3) 今後の課題

畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法の導入により、秋冬レタス診断施肥が現実的な技術となった。高品質安定生産の他、環境にやさしい施肥や肥料コスト低減などの課題を解決する上で、診断施肥技術に対する期待は高い。しかし、前述したとおり、可給態窒素の測定値は地力窒素の潜在能力を示したもののなので、新たな作物に適用するためには本稿で示したような栽培試験を行う必要がある。

今後、診断施肥技術を他作物に広く適用するためには、栽培期間や地域の気温等から可給態窒素の肥料効果を予測する技術の開発が重要である。

5. 参考資料（下記の情報及びマニュアルは、インターネットに掲載されています）

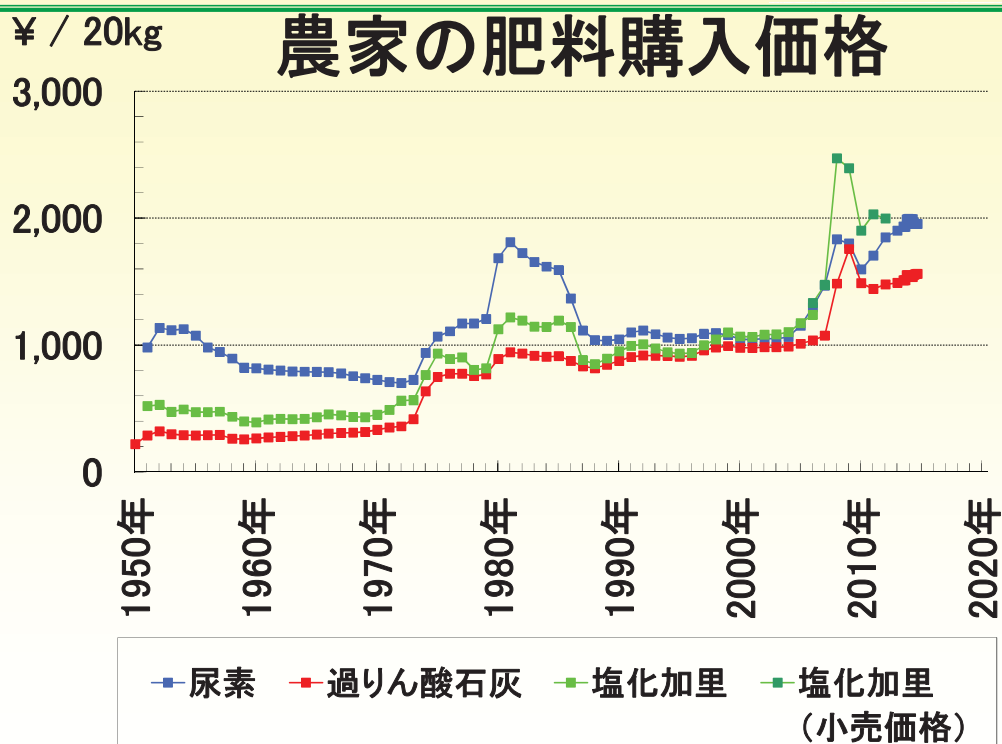
- 1) 地力増進基本指針（平成 20 年），農林水産省
- 2) 80℃16 時間水抽出と COD 簡易測定キットによる畑土壌可給態窒素の簡易判定（2009 年），農研機構中央農業総合研究センター 成果情報
- 3) 畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法，農研機構中央農業総合研究センター
- 4) 秋冬レタスは土壌の硝酸態窒素および可給態窒素含量により診断施肥できる（平成 24 年度），茨城県農業総合センター園芸研究所 研究成果

畑の水溶性リン酸の 簡易評価と施設キュウリ での基肥リン酸省略

農研機構中央農業研究センター
金澤 健二

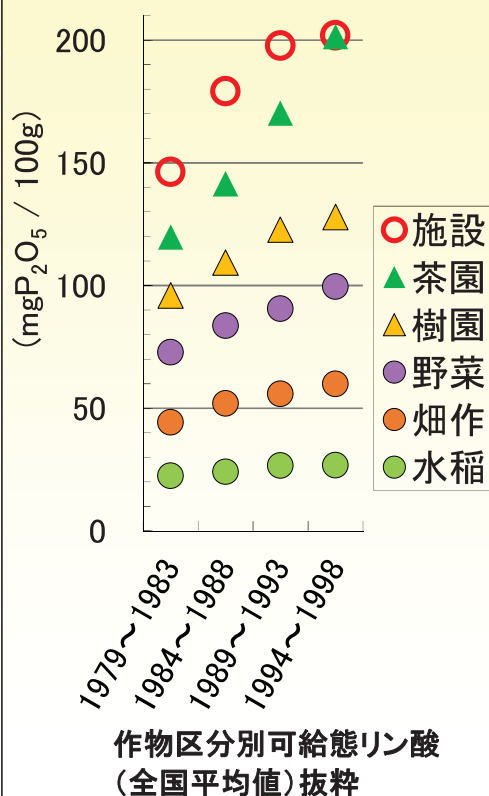
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

<背景> 肥料価格高騰



肥料価格高騰の後、かつての価格水準に回復するか？

<背景> 土壌へのリン酸蓄積



農林水産省委託プロジェクト研究 (H21~25)
「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2系(平成23年度からは、気候変動に対応した
循環型食料生産等の確立のためのプロジェクトB 2系)」

安全・簡便な
畑土壤中リン酸の
現場型評価法に基づく
施設キュウリ栽培での
リン酸減肥

水稲作における
リン酸施肥量削減の
基本指針

畑の水溶性リン酸の簡易評価法

<これまでの方法>

しんとう機利用・
強酸抽出



強酸・重金属含有試薬
による反応



研究用機械による測定



<新しい方法>

静置・水抽出



簡易キット試薬
(毒劇物なし)
による反応



簡易吸光度計
による測定



劇物や実験用設備等なしに実施可能。

新評価法の特徴

- 抽出力は振とうした場合と同等。
- 抽出温度の影響が比較的少ない。
- △ やや時間はかかる。
- △ リン酸蓄積圃場向き。

- 測定可能な濃度範囲が広範。
- 反応温度の影響が比較的少ない。
- 廃液処理の問題がない。
- P ランニングコストは比較的低廉。

- 目視によらない評価が可能。
- P 導入コストは比較的低廉。

＜新しい方法＞

静置・水抽出



簡易測定キット
(毒劇物フリー)

による反応

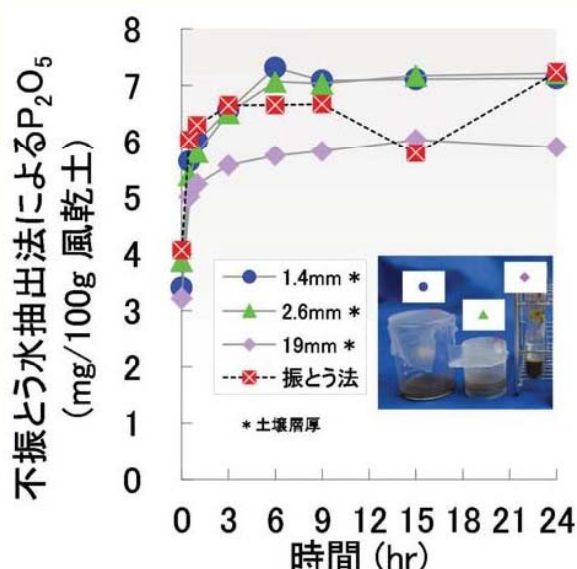


簡易吸光度計

による測定

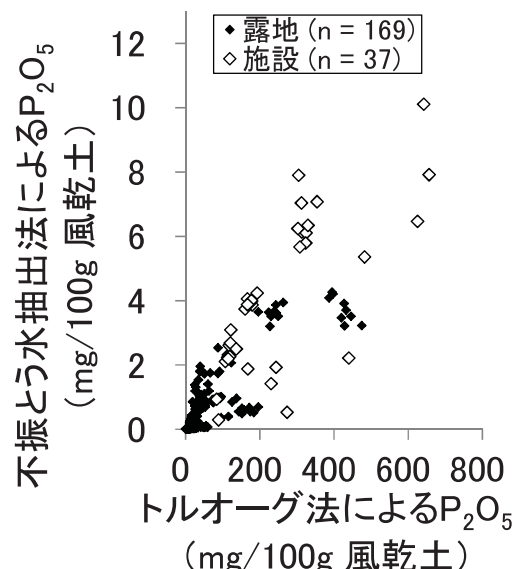


新評価法の特徴 振とうしない水抽出



不振とう水抽出法における土層厚がリン酸抽出経過へ及ぼす影響

土壌試料が薄い層となるよう、十分な広さの容器を用いて水抽出を行うと、振とうを行わなくても振とうした場合と同様に畑土壌中の水溶性リン酸が抽出可能。



トルオーグ法と不振とう水抽出法で評価した土壌リン酸の関係

不振とう水抽出されたリン酸の量は、定法同様に施設を含めた畑土壌の広範なリン蓄積度を反映。

新評価法の特徴

- 抽出力は振とうした場合と同等。
- 抽出温度の影響が比較的少ない。
- △ やや時間はかかる。
- △ リン酸蓄積圃場向き。

- 測定可能な濃度範囲が広範。
- 反応温度の影響が比較的少ない。
- 廃液処理の問題がない。
- P ランニングコストは比較的低廉。

- 目視によらない評価が可能。
- P 導入コストは比較的低廉。

＜新しい方法＞

静置・水抽出



簡易測定キット
(毒劇物フリー)

による反応

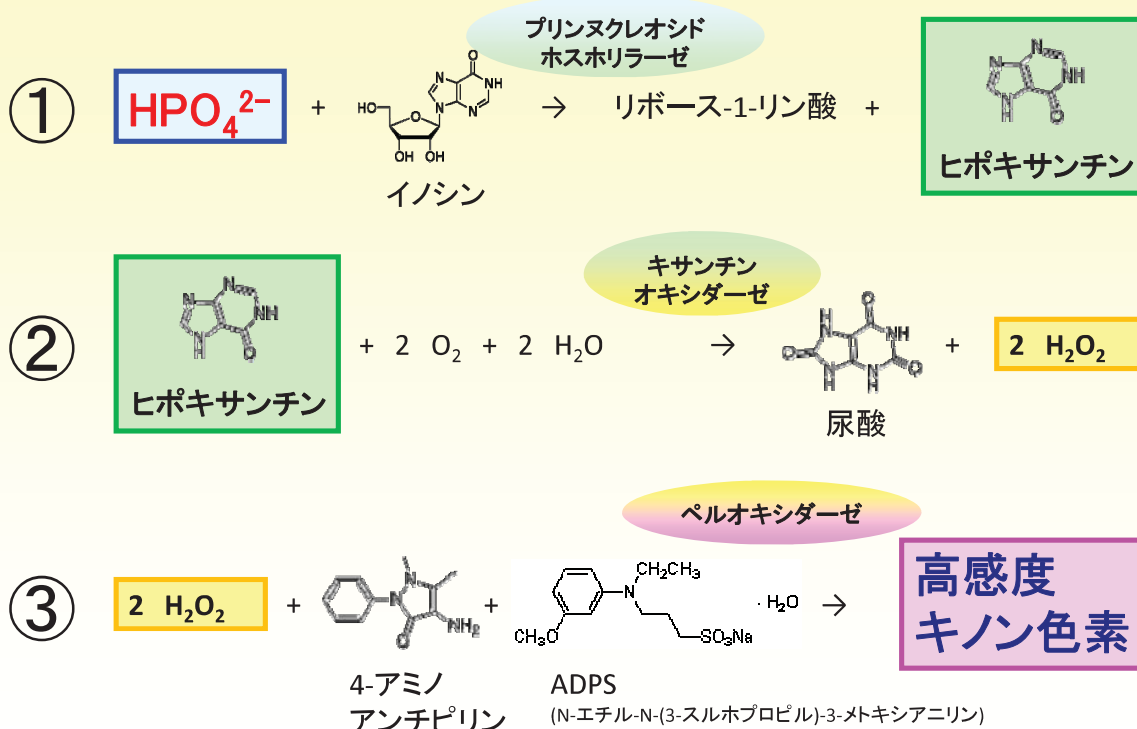


簡易吸光度計

による測定

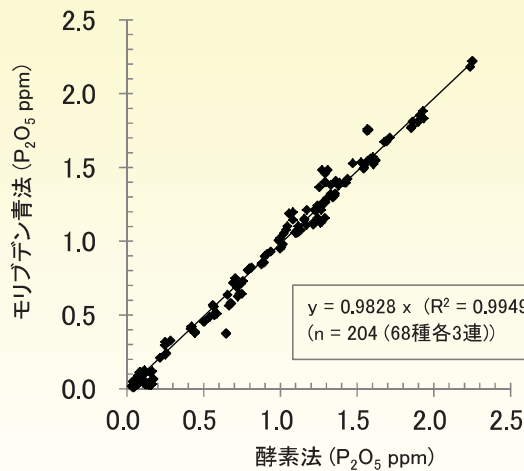


＜参考＞酵素法の原理

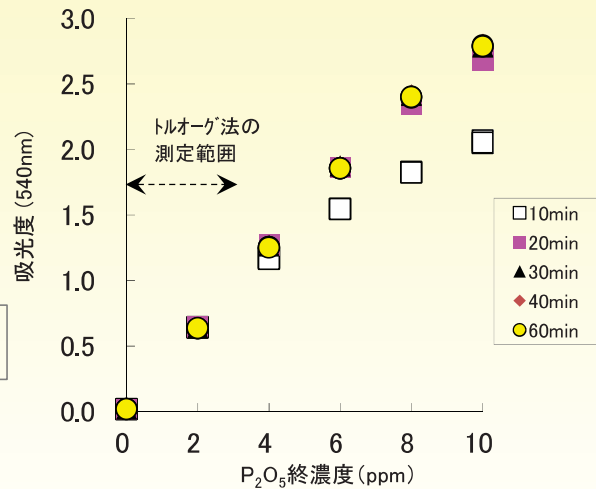


ほぼ中性のクエン酸緩衝液中にて反応。**毒劇物フリー**。

新評価法の特徴 酵素法による分析



酵素法とモリブデン青法で評価した不振とう水抽出リン酸

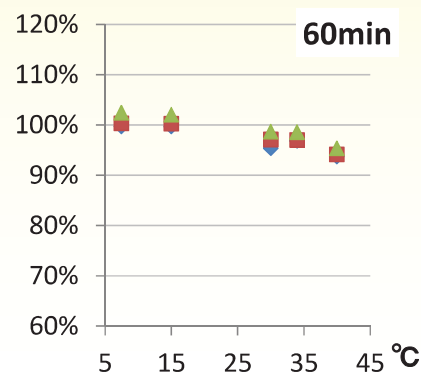
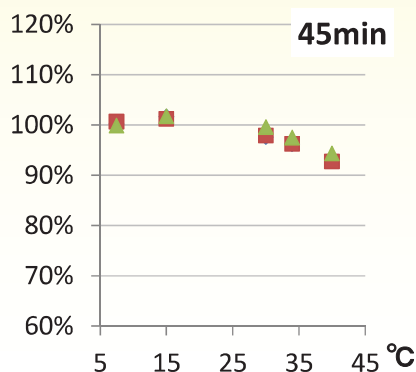
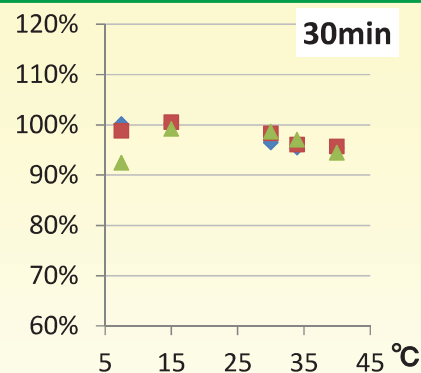
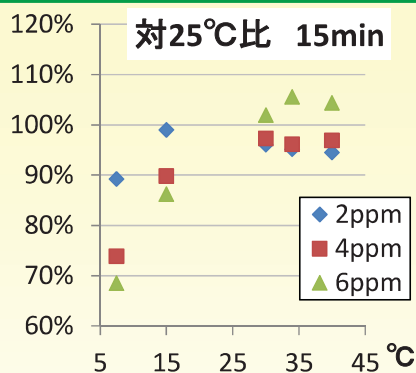


新たな分析法の分析範囲に及ぼす反応時間の影響

不振とう水抽出リン酸は、酵素法でもモリブデン青法とほぼ同様に評価できる

反応時間の延長等で、モリブデン青法よりもひろい測定範囲を確保できる

新評価法の特徴 酵素法による分析



低温・高温条件ではやや低。15～25℃の範囲では大差なし。

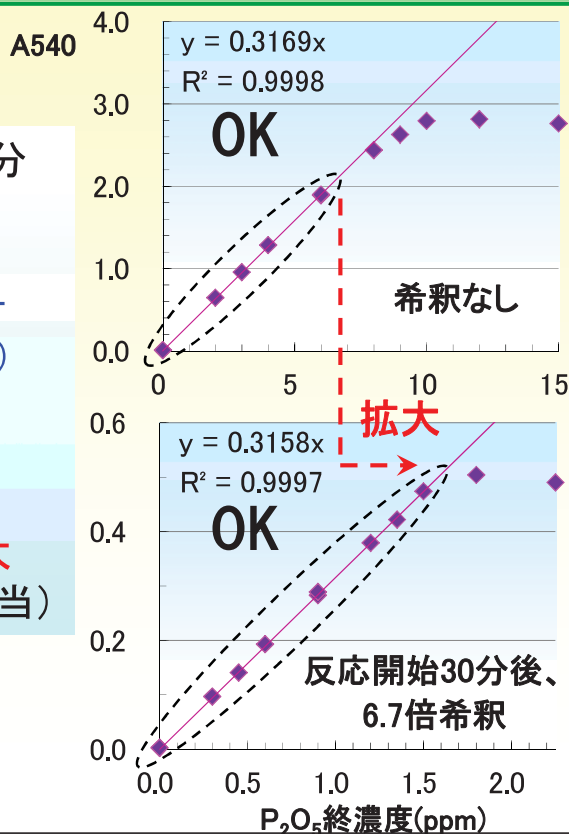
新評価法の特徴 酵素法による分析

メーカー指示の用量で30分以上反応させた後、

➡ **希釈して測定可能**

⇒ 低廉な簡易吸光度計
(キュベット容量10mL)
が利用可能

また、この希釈によって、
➡ **定量範囲可能域は拡大**
(希釈前段階換算10ppm相当)



他の成分分析も記載のマニュアル



簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた
畑土壌分析マニュアル (Ver. 1.2)



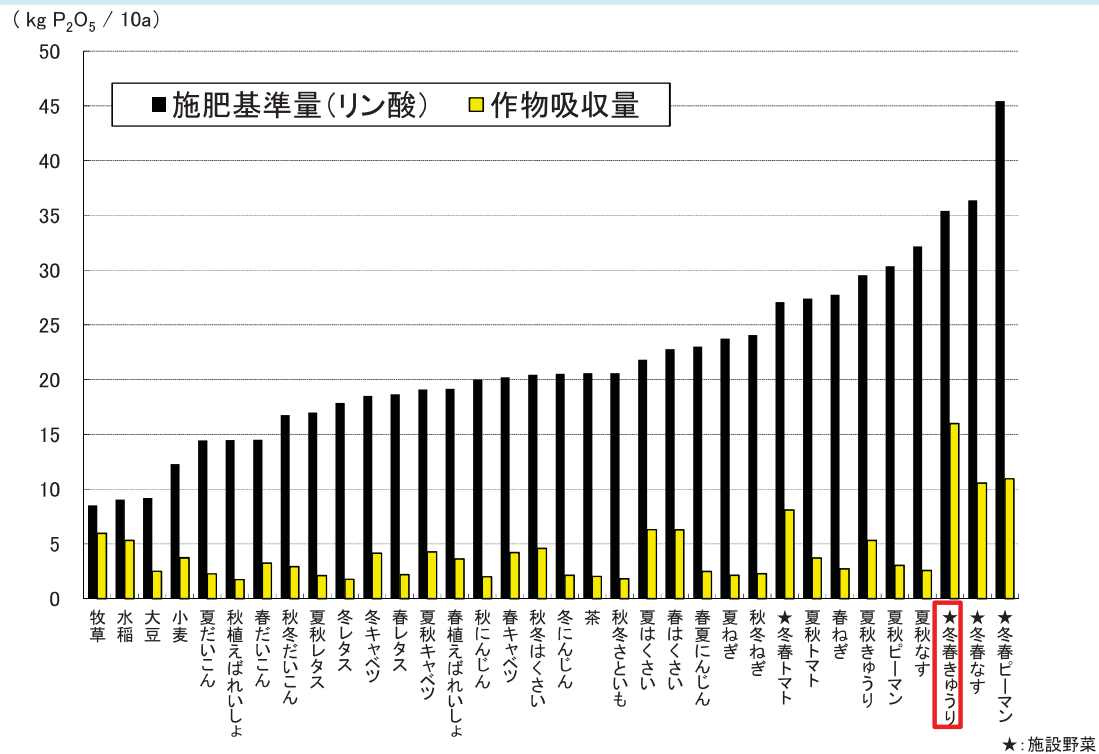
- 不振とう水抽出リン酸
- 可給態窒素(簡易予測)
- 硝酸態窒素

2013年10月

(独) 農研機構・中央農業総合研究センター

施設キュウリでの基肥リン酸省略

対象：リン酸施肥量が多く作付面積が大きい施設キュウリ



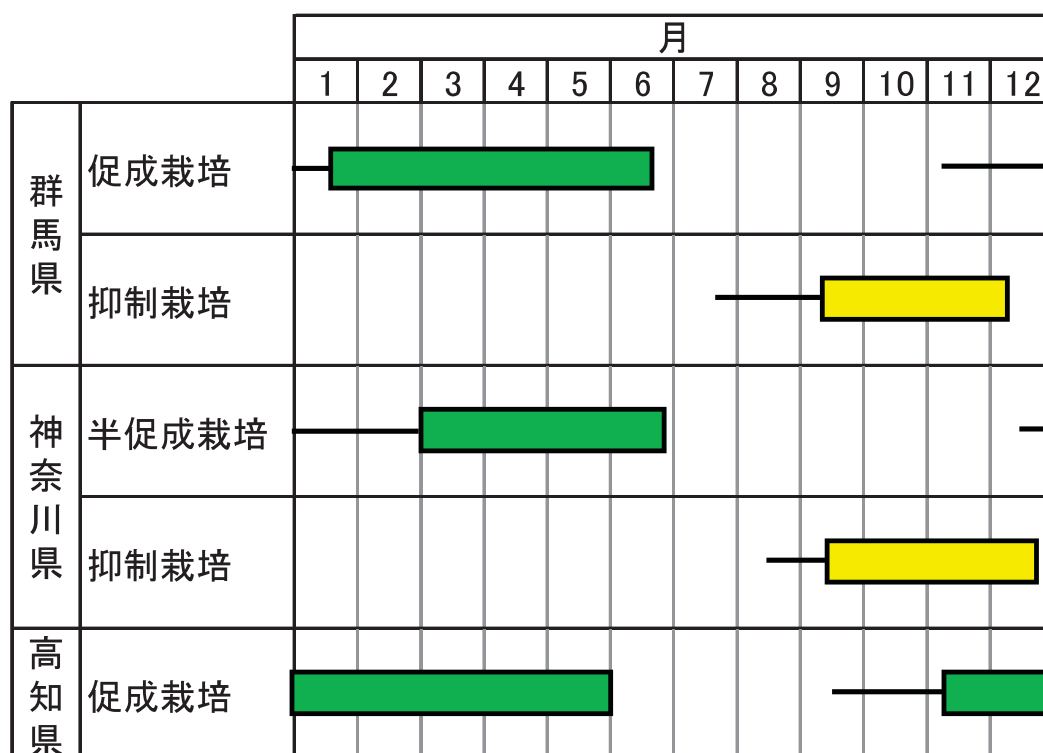
試験概要

● 場内用量試験

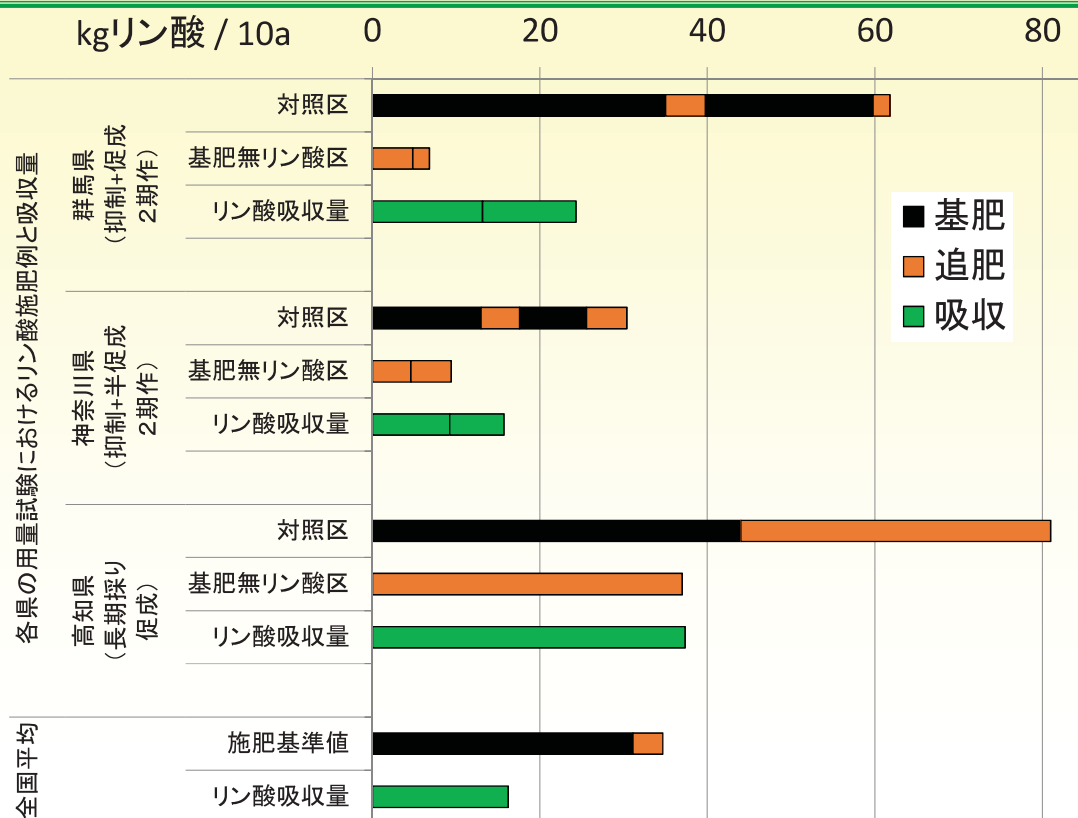
- 供試土壌：灰色低地土(、黒ボク土(神奈川県))
- 作物：施設キュウリ
- 作型：抑制・促成2期作、長期採り1期作(高知県)
- 処理：可給態リン酸水準2～3
基肥リン酸無施肥他
土耕(群馬県)、ドレインベッド栽培
- 反復：2
- 調査項目：収量(・品質)、土壌養分の推移、
リン酸吸収量等

● 現地実証試験(神奈川県、高知県各2戸)

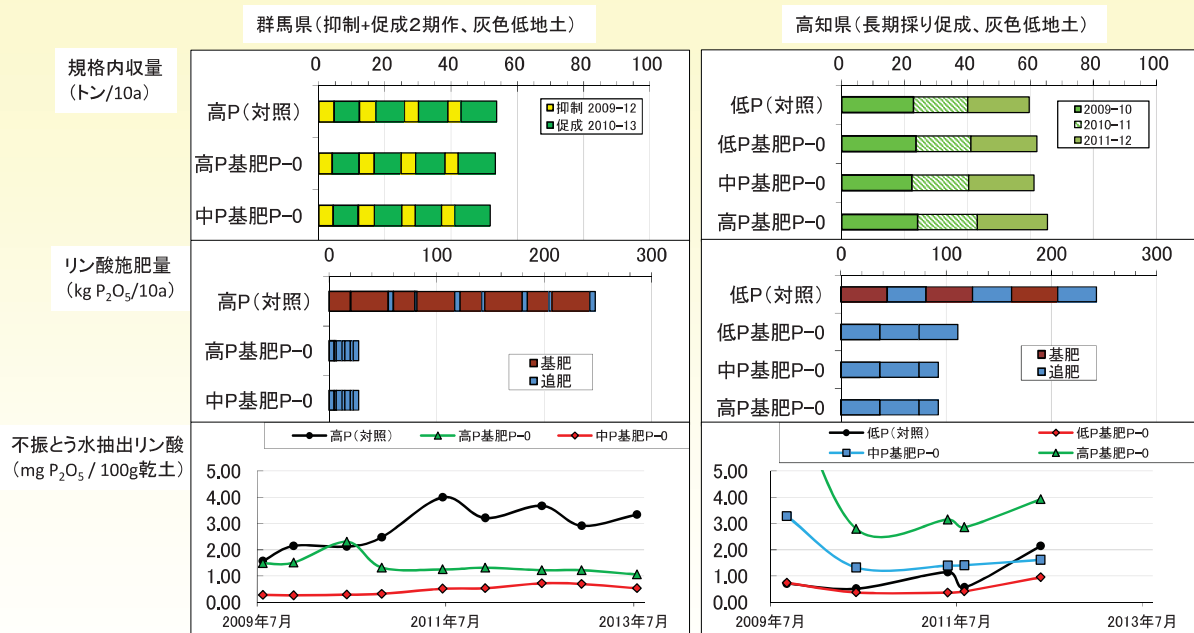
各県の作型の例



各県の施肥処理、吸収量の例

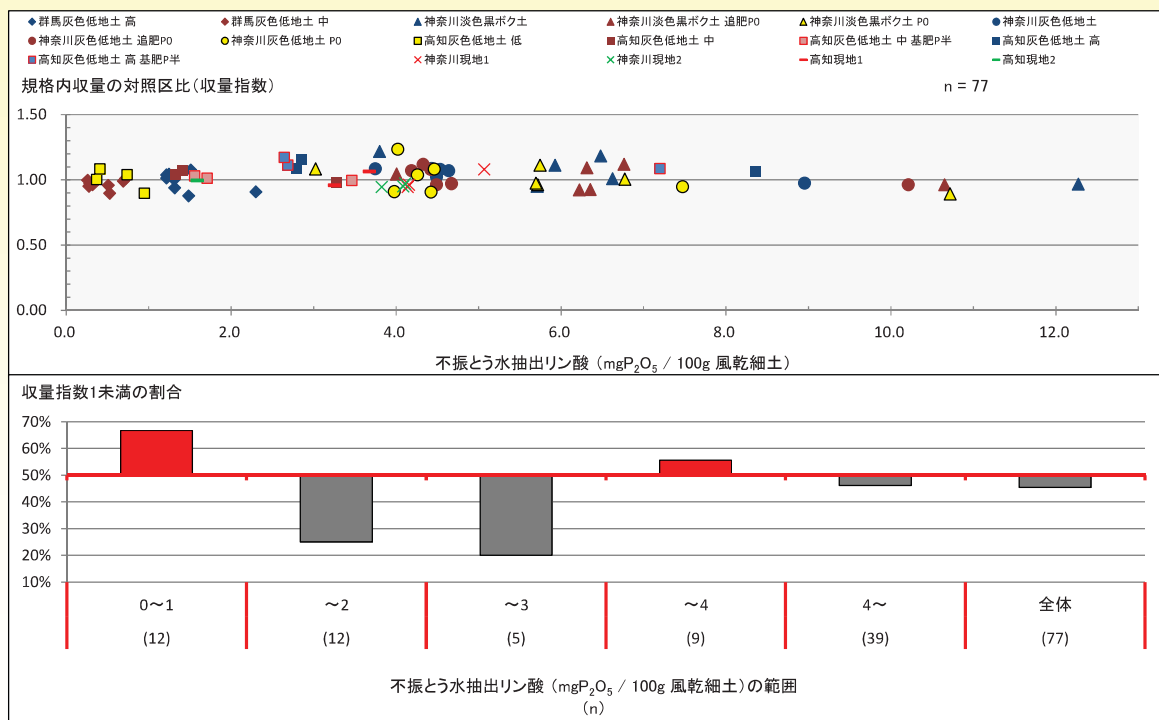


結果



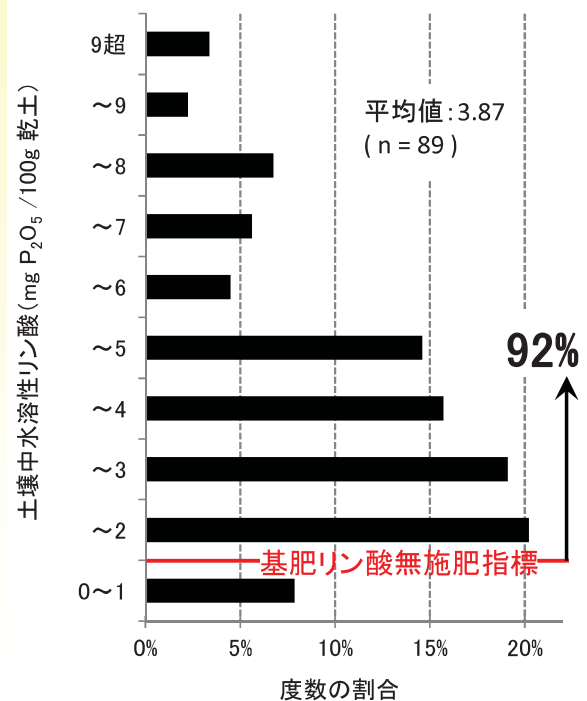
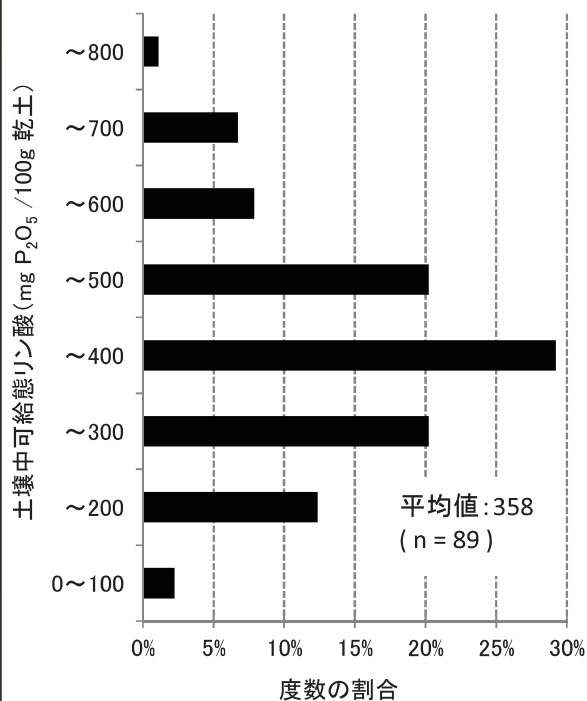
場内用量試験例。減肥による収量・品質への影響は無し。

結果



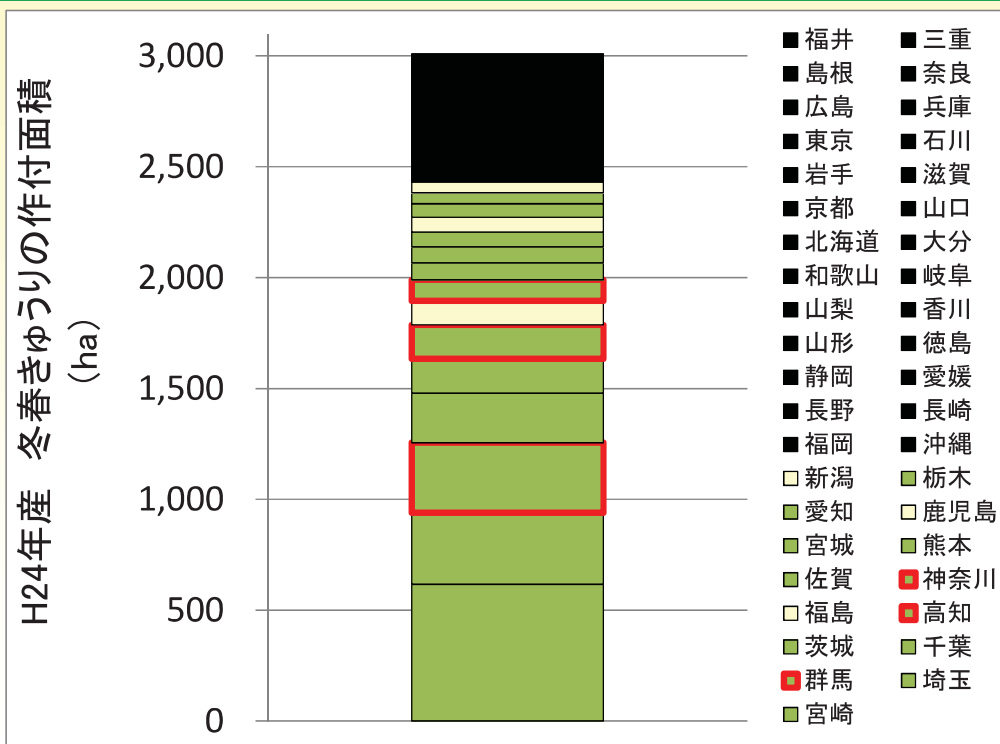
場内、現地実証試験における収量指数とNSWEの関係。

基肥リン酸省略の可能性



現地実態調査に基づく適応可能圃場割合の推計。

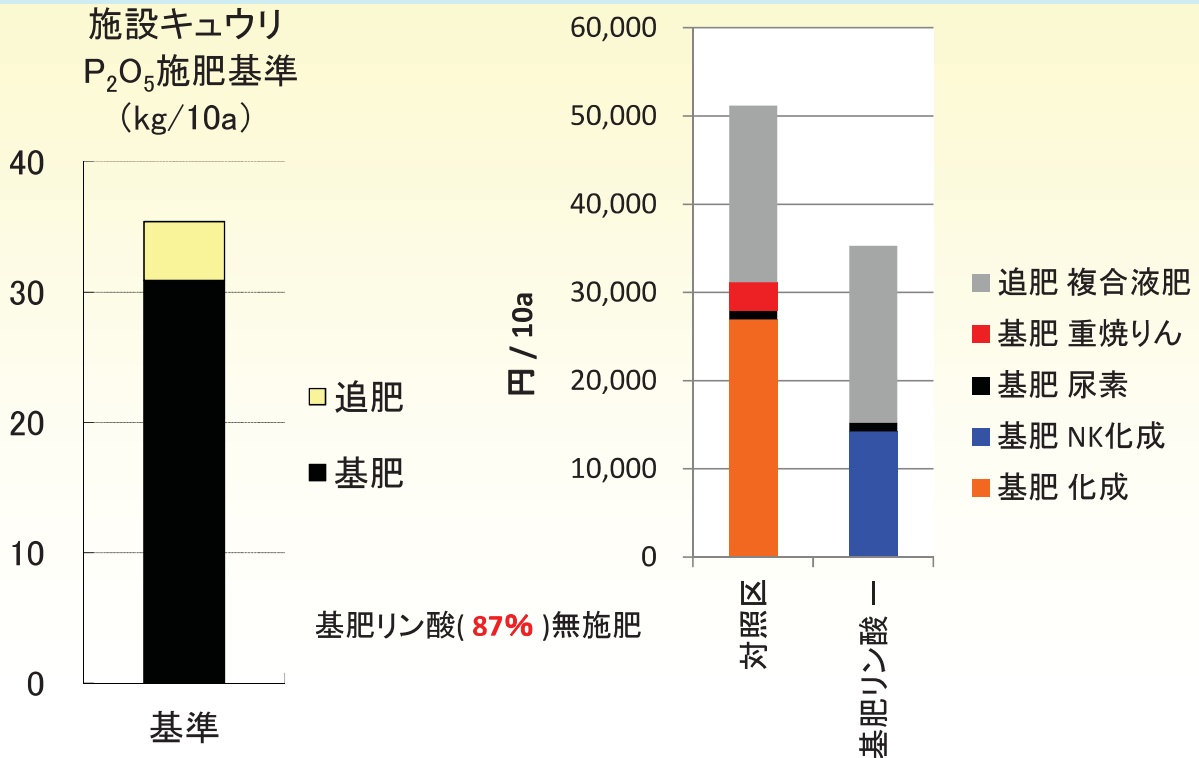
基肥リン酸省略の可能性



立地は水田跡地中心。どこでもそうなのか？

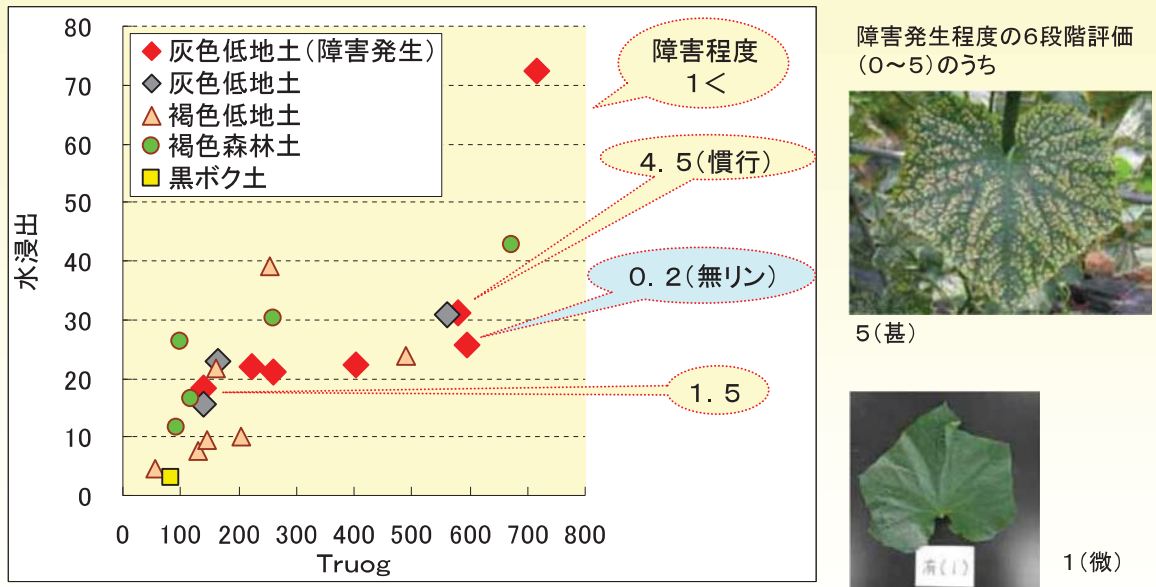
コストへの影響（試算）

基肥リン酸(87%)無施肥 ➡ 施肥コスト31%カット



土壌の健全性の保全

きゅうりのリン酸過剰症と土壤可給態リン酸



長野県 平成21年度 普及に移す農業技術(第2回)

普及技術 「りん酸蓄積ほ場でのきゅうりの土壌および葉柄搾汁液りん濃度
測定に基づくりん酸施肥の要否判定技術」(南信農業試験場栽培部)
から作成

新評価法とそれに基づく減肥指標を含むマニュアル



安全・簡便な畑土壤中リン酸の現場型評価法に基づく
施設キュウリ栽培でのリン酸減肥マニュアル



2014年1月

(株) 農研機構・中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域
群馬県農業技術センター
神奈川県農業技術センター
高知県農業技術センター

- 安全・簡便な畑土壤中リン酸の現場型評価法
- 施設キュウリにおけるリン酸減肥指標
- 留意事項等



終

緑肥による土づくりと減肥

唐澤 敏彦

(国研) 農研機構 中央農業研究センター 土壌生物グループ

1. はじめに

緑肥とは、栽培している植物を、収穫せずそのまま田畑にすき込み、後から栽培する作物の肥料とすること、またはそのための植物のことである。近年、緑肥の従来の利用目的である有機物の補給や養分の供給以外にも、雑草抑制、線虫抑制、土壌病害対策、透水性の改善、飛砂防止、景観美化など、緑肥のもつ様々な効果が明らかになってきた。このため、新たに明らかになった効果を期待した緑肥の栽培が広まっている。また、農耕地周辺の宅地化が進み、臭気などの問題から堆肥を使いにくくなり、土づくりのために緑肥を導入する地域も増えている。ただ、緑肥をすき込んだ後の作物に対して、その肥料効果に応じて、施肥を削減している事例は必ずしも多くない。化学肥料の使用量を減らすためには、緑肥の従来の効果である肥料効果を評価して、化学肥料の削減につなげることが重要である。昨今、化学肥料の価格が高止まりし、肥料費が生産コストを高める原因になっており、また、環境への負荷低減や食の安全性といった観点から化学肥料を減らした農法が注目されるようになってきたことから、かつて重要な肥料の一つであった緑肥を、化学肥料の削減のために利用することが期待される。

2. 緑肥導入による窒素・加里の減肥

根粒で空中窒素を固定できるマメ科作物を窒素源として作物を栽培する方法は、古くから用いられてきた。水田で、冬の間、栽培されてきたレンゲは、その一例である。レンゲのほか、ベッチ、クロタラリア、クローバ、ルーピンなどが、マメ科緑肥として使われている。また、マメ科を使わずに窒素の供給を増やすこともできる。野菜などを収穫した時、作土中には、野菜が吸い残した窒素（多くは硝酸態）がたくさん残っているが、野菜の収穫後に裸地の期間がある栽培体系では、硝酸態窒素は降雨にともなって地下へ流亡し、その後に作付ける作物は吸収できなくなる。そこで、野菜収穫後の裸地の期間に緑肥を作付ければ、地下に流れるはずの硝酸態窒素を緑肥が吸い上げ、それをすき込むと、次の作物の窒素源になることが期待できる。

加里については、土壌中では、作物が利用しやすい交換性と利用しにくい非交換性の形態があることが知られているが、緑肥の導入で、土壌中の交換性加里が増えることが、北海道、千葉県、鹿児島県などにおける試験で明らかになっている。

これらの効果を利用して、北海道では、緑肥をすき込んだ場合、その種類や作型、収量などに応じて、窒素と加里がどの程度減肥できるか、減肥可能量を示している（表 1）。窒素については、緑肥の分解に伴う放出がすき込み時の C/N 比によって大きく異なり、C/N 比の低いものほど速やかで放出量も多い。このため、緑肥の乾物重と C/N 比に応じて、窒素の減肥可能量が算出されている。加里については、緑肥の吸収量は 10～30 kg/10a 程度と多く、すき込み後このうちの 80% が化学肥料相当量になると見なされている。そこで、土壌中の交換性カリが土壌診断基準値を超える圃場では、各緑肥のすき込み後、表 1 に示した量の加里を減肥することが示されている。

表 1 緑肥作物各種における減肥可能量の目安（2009. タキイ最前線 冬春号）

緑肥作物（作型）	標準的生重 (t/10a)	標準的乾物重 (kg/10a)	すき込み時 C/N 比	減肥可能量 (kg/10a)	
				N	K ₂ O
えん麦（後作）	2.5～4.0	400～600	15～25	0～4	10～20
えん麦（休閑）	3.5～5.5	500～800	20～30	0～4	10～20
シロカラシ（後作）	3.0～4.5	350～550	12～20	4～6	10～20
シロカラシ（秋小麦前作）	3.5～5.0	400～600	15～25	2～5	10～20
赤クローバ（間作）	1.2～2.5	150～350	10～13	2～4	4～8
赤クローバ（秋小麦前作）	2.5～4.0	350～550	11～15	5～6	8～14
赤クローバ（休閑）	3.0～4.5	400～700	13～16	6～8	8～14
ヘアリーベッチ（後作）	1.5～2.5	150～250	10～11	3～5	6～10
ひまわり（後作）	1.5～3.5	200～500	13～20	2～4	6～14
ひまわり（秋小麦前作）	3.5～7.0	500～1000	20～40	-1～2	20～30
とうもろこし（秋小麦前作）	4.5～6.5	600～900	20～30	0～4	15～25
とうもろこし（休閑）	6.5～8.5	900～1300	30～35	-1～0	15～25
ソルガム（秋小麦前作）	4.5～7.0	600～1000	20～35	-1～4	18～28
ソルガム（休閑）	7.0～9.0	1000～1500	30～45	-2～0	18～28

注 加里減肥可能量には緑肥に含まれる加里の 80%を示す

北海道緑肥作物等栽培利用指針（改訂版）（北海道農政部、2004）を一部、改変

3. 緑肥導入によるリン酸減肥

前出の北海道緑肥作物等栽培指針（改訂版）では、「緑肥のすき込みにより、作土のリン酸含量や亜鉛・ホウ素等の微量要素は増加するが、リン酸は有効態リン酸の増加量がわずかであり、微量要素は緑肥栽培時に施用されないので、後作物栽培における減肥の対象としない」とされている。他の都道府県の施肥標準などにおいても、緑肥を導入した場合にリン酸減肥は勧められていないようである。しかし、緑肥の導入により、窒素・加里とあわせて、リン酸も減肥できれば、より効果的な化学肥料の削減につながる事が期待できる。

ソルガム、エンバク、ベッチなど、リン酸吸収量が多い緑肥を栽培した場合、圃場にすき込まれるリン酸は 10a あたり 4～5kg であり、これは、次に栽培する作物が吸収するリン酸と同等以上と考えられる。しかし、標準的なリン酸施肥量は、次作物の吸収量の数倍であることが多く、例えば、リン酸の施肥標準量が 18 kg/10a であるスイートコーンにとっては、緑肥としてすき込まれるリン酸 4～5 kg は、施肥標準量の 25%程度である。

緑肥には、作物のリン酸吸収を助ける働きをもつ土壌微生物などを増やす効果があることも明らかになりつつある。様々な作物の根に共生して、そのリン酸吸収を促進する VA 菌根菌（アーバスキュラー菌根菌とも呼ぶ。以下、菌根菌。）は、アブラナ科（シロガラシ、ナタネなど）、タデ科（ソバ）などを除く多くの緑肥で増え、緑肥の栽培で増えた菌根菌によって、次の作物のリン酸吸収が増えることが明らかとなった。

表 2 は、トウモロコシを栽培する前の年に、菌根菌を増やす緑肥を栽培した効果を調べるため

に行った試験の概要を示している。菌根菌と共生して、土着の菌根菌を増やす植物を宿主、共生せず、菌根菌を増やさない植物を非宿主と呼ぶが、ここでは、宿主として、ヒマワリ、エンバク、非宿主として、ソバを緑肥として用いている。なお、裸地にも、菌根菌を増やす効果はない。

表 2 トウモロコシ前の緑肥の導入時期

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	⋯⋯	5月	6月	7月	8月	9月	
CA-FL	●	-	----	----	○				◆	-	----	----	----	◇
FL-BW				■	-	----	----	□	◆	-	----	----	----	◇
CA-SF	●	-	----	----	○	■	-	----	◆	-	----	----	----	◇
FL-OT				■	-	----	----	□	◆	-	----	----	----	◇
Maize	◆	-	----	----	----	----	----	◇	◆	-	----	----	----	◇

●、○：キャベツの定植および収穫。■、□：ソバ、ヒマワリ、エンバクの播種および収穫。
◆、◇：トウモロコシの播種および収穫。

CA-FL：1年目 キャベツ（非宿主）－裸地、2年目 トウモロコシ

FL-BW：1年目 裸地－ソバ（非宿主）、2年目 トウモロコシ

CA-SF：1年目 キャベツ（非宿主）－ヒマワリ（宿主）、2年目 トウモロコシ

FL-OT：1年目 裸地－エンバク（宿主）、2年目 トウモロコシ

Maize：1年目 トウモロコシ（宿主）、2年目 トウモロコシ

*Karasawa & Takebe（2012）を一部、改変

トウモロコシを栽培する前年に、菌根菌を増やす宿主が1度も作付されない CA-FL、FL-BW 区と非宿主のキャベツ収穫後などに宿主を緑肥として3ヶ月弱栽培した CA-SF、FL-OT 区、前年もトウモロコシで、宿主が5ヶ月間栽培されていた Maize 区を設け（表2）、翌年のトウモロコシの菌根菌感染率と生育を調べた。前年に5ヶ月間、宿主が栽培されていた Maize 区では菌根菌感染率や生育が優ったのに対し、前年に宿主が1度も栽培されていない CA-FL、FL-BW 区では菌根菌感染率、生育が劣った。一方、前年に非宿主のキャベツを栽培した場合などでも、その後宿主を緑肥として栽培した CA-SF、FL-OT 区では、菌根菌感染率、生育が著しく改善された（図1）。これは、緑肥として栽培したヒマワリ、エンバクが、菌根菌と共生する宿主であったため、その栽培期間中に土着の菌根菌が増え、翌年栽培したトウモロコシの菌根菌感染率を高め、リン酸吸収が促進されたものと考えられる。

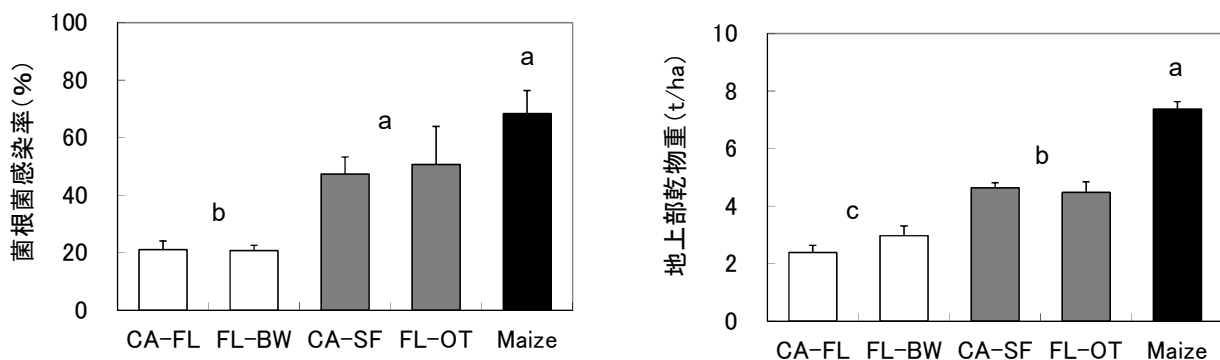


図 1 前年の栽培作物、緑肥の導入がトウモロコシの菌根菌感染率（左）、生育（右）に及ぼす影響

横軸の説明は、表2の通り

Karasawa & Takebe（2012）を一部、改変

緑肥の栽培中に、根に共生した菌根菌が増えるほか、緑肥をすき込んだ後には、それを炭素源とする微生物が増殖する。その結果、植物が吸収しにくい難溶性のリン酸を可溶化する働きをもつリン溶解菌（図2、3）が増えたり、あるいは、植物が吸収しにくい有機態のリン酸を無機化する働きをもつホスファターゼという酵素の活性が高まったりする。

リン溶解菌やホスファターゼの作用で可給化（作物に吸収利用されやすい形態に変換）されたリン酸は、作物に利用されるほか、土壌中の微生物にも取り込まれる。土壌微生物の菌体内に含まれるリン酸であるバイオマスリンも、緑肥のすき込みで増える場合があり、それは、栽培期間中の作物にとって、リン酸栄養のプールとなると考えられる。

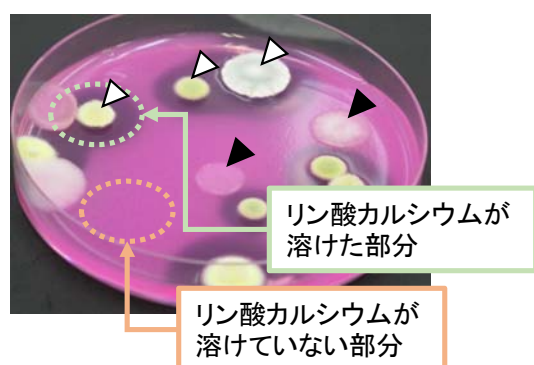


図2 リン溶解菌

周りが透明な（黒い）コロニーがリン溶解菌（白矢印）

周りが透明にならないコロニーはリンを溶解しない糸状菌（黒矢印）

＊リン酸減肥のための緑肥の使い方（2014）より

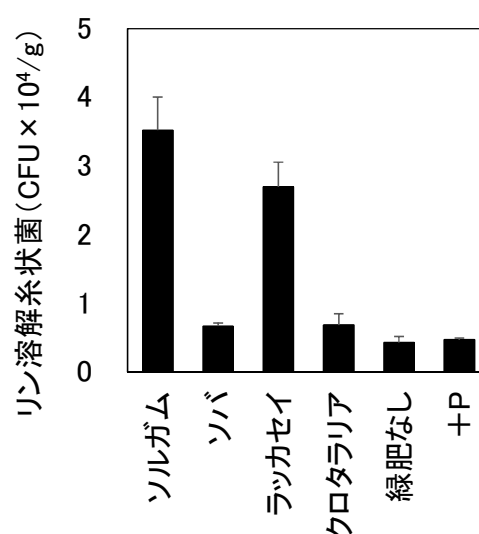


図3 各種緑肥すき込み跡地土壌のリン溶解糸状菌数

Karasawa & Takahashi (2015) を一部改変

4. 緑肥の導入による土づくりと減肥に関する農水省の委託プロジェクト研究

昨年度より始まった農水省の委託プロジェクト研究「生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発」では、緑肥を利用した土づくりと減肥についての技術開発に取り組んでいる。上述のように、緑肥については、古くから知られていたマメ科作物による窒素供給だけでなく、溶脱する硝酸の回収による窒素供給、交換性加里の増加やリン酸吸収を助ける微生物の増殖などの可能性が示されたことから、本プロジェクトでは、緑肥を導入した後、窒素、リン酸、加里をそれぞれ削減することを目指している。

その中で、植物機能を利用する方法としては、窒素、リン酸、加里の吸収量が多い緑肥を使って、緑肥が吸収した養分を次の作物の肥料として使わせることが検討されている（表3）。植物と微生物の共生を利用する方法としては、窒素については、マメ科緑肥を導入し、根粒菌との共生系を使うことが検討され、リン酸については、菌根菌と共生する緑肥（マメ科、イネ科、キク科など）を栽培して、土着菌根菌を増やすことが検討されている。土壌中の微生物機能を利用する方法と

しては、すき込んだ緑肥を炭素源として、リン酸や加里の循環に関わる微生物や酵素活性を増やす技術が考えられている。

表 3 植物機能、共生機能、微生物機能を利用した窒素、リン酸、加里減肥の試み

減肥する養分とそれに用いる機能	主な参画研究機関
窒素	
窒素吸収能の高い緑肥（植物機能、溶脱する硝酸の回収）	栃木県、長野県、愛知県
根粒菌（共生機能、マメ科による空中窒素固定）	秋田県立大、秋田県、雪印種苗、 長崎県、山梨県、愛知県
リン酸	
リン酸吸収能の高い緑肥（植物機能）	中央農研、千葉県
菌根菌（共生機能）	中央農研、千葉県、秋田県立大
リン溶解菌、ホスファターゼ（微生物機能）	中央農研、千葉県
加里	
加里吸収能の高い緑肥（植物機能、交換性加里の増加）	長野県、中央農研
加里溶解菌（微生物機能）	中央農研

今回のプロジェクト研究では、緑肥の種類やすき込み時の生育ステージごとに、窒素、リン酸、加里の減肥可能な量が明らかになり、緑肥の導入が化学肥料の削減につながることを期待される。また、すでに緑肥を導入しているものの、線虫や土壌病害の抑制など、肥料以外の効果を期待して緑肥を導入している現場でも、減肥可能量を示すことで、化学肥料の削減につながることを期待される。

5. 米国における緑肥を利用した有機農業技術開発

平成 19 年 12 月と少し前のことになるが、米国農務省農業研究局（USDA-ARS）などに有機農業に関する研究の調査に行った。具体的には、ベルツビル農業研究センター（メリーランド州ベルツビル）、国立ピーナッツ研究所（ジョージア州ドーソン）、作物保護・管理研究ユニット（ジョージア州ティフトン）、作物改良・保護研究ユニット（カリフォルニア州サリナス）、有機農業研究財団（カリフォルニア州サンタクルーズ）を訪問し、米国において、当時、どのような有機農業に関する研究が行われているのかを視察した。今回訪れた USDA-ARS の 4 つの研究所のうち、3 つの研究所では、有機農業研究のキーテクに、カバークロップが挙げられていた。

そこで、カバークロップ（緑肥）について、有機農業に役立てるために、米国でどのような研究がなされていたのかについても紹介したい。

6. おわりに

今回紹介した緑肥導入に関する研究は、化学肥料の削減を目指したものが多く、必ずしも有機農業のための技術開発ではないが、緑肥には、養分の供給のみならず、雑草抑制、線虫抑制、土壌病害対策など、有機農業でも重要となる効果があることが明らかになってきている。また、家畜ふん堆肥などを利用した有機栽培では、窒素に比べて、リン酸や加里が過剰となる場面も考え

られるが、マメ科の緑肥などを組み合わせることは、養分のバランスを適正に保ちつつ、持続的に有機栽培を行うためにも、有効であると考えられる。USDA-ARS で、有機農業のキーテクとして緑肥が研究されていることから、現在の緑肥を使った減肥の研究が、有機農業の推進にも役立つことを期待している。

参考資料

新版 緑肥を使いこなす（橋爪健、農文協、2007）

北海道緑肥作物等栽培利用指針（改訂版）（北海道農政部、2004）

リン酸減肥のための緑肥の使い方（中央農研、2014）

米国における有機農業研究の現状と動向調査（農林水産技術会議事務局、2008）

Toshihiko Karasawa & Masako Takebe （2012） Plant Soil 353:355-366

Toshihiko Karasawa & Shigeru Takahashi （2015） Nutr Cycl Agroecosyst 103:15-28

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。

2016 年 10 月 26 日発行

有機農業研究者会議 2016 資料集

「有機農業研究者会議 2016」実行委員会事務局

〒390-1401 長野県松本市波田 5632-1

Tel/FAX : 0263-92-6622

Email : office@yuki-hajimeru.net