化学農薬の使用とリスクに関する規制動向

- 欧州委員会は、2022年6月、植物保護製品の持続可能な使用に関する規則（2021/2115）の改正提案（2022/0196）を採択。2030年までに化学農薬の使用とリスク及びより危険な農薬の使用を50%削減するというEUの目標を定め、加盟国がEU全体の目標を達成するために拘束力のある目標設定を規定。
- 米国の一部では、化学農薬のリスク分類を見直し、低リスク農薬選択のためのガイドラインを策定する動き。

EUにおける持続可能な農薬の利用

- EUの植物保護製品の持続可能な使用に関する規則（2021/2115）の改正提案（2022/0196）
- この中で、「環境にやさしい害虫駆除:新しい措置は、すべての農家と他の農薬使用者が総合的病害虫管理(IPM)を実践することを確実化。これは、害虫予防に焦点を当て、害虫駆除代替方法を優先する環境に優しい害虫駆除システムであり、化学農薬は最後の手段としてのみ使用される。」と記載。

米国における農薬リスク分類に対する動き

- オレゴン州立大学はランセットにおいて、2020年2月、人間と環境の健康リスクを減らすための農薬の選択:グローバルガイドラインと最小農薬リストを公開。
- 659の農薬を、ヒトの健康に対する急性及び慢性のリスク(呼吸器及び発癌性の影響など)、生物濃縮、大気中のオゾン層破壊、水生生物・陸上野生生物・花粉媒介者へのリスクを含む環境リスクによって分類。
- WHO/FAOに対し、毒性の高い農薬HHP分類へのアプローチ及び最小農薬リストを検討するよう要求。

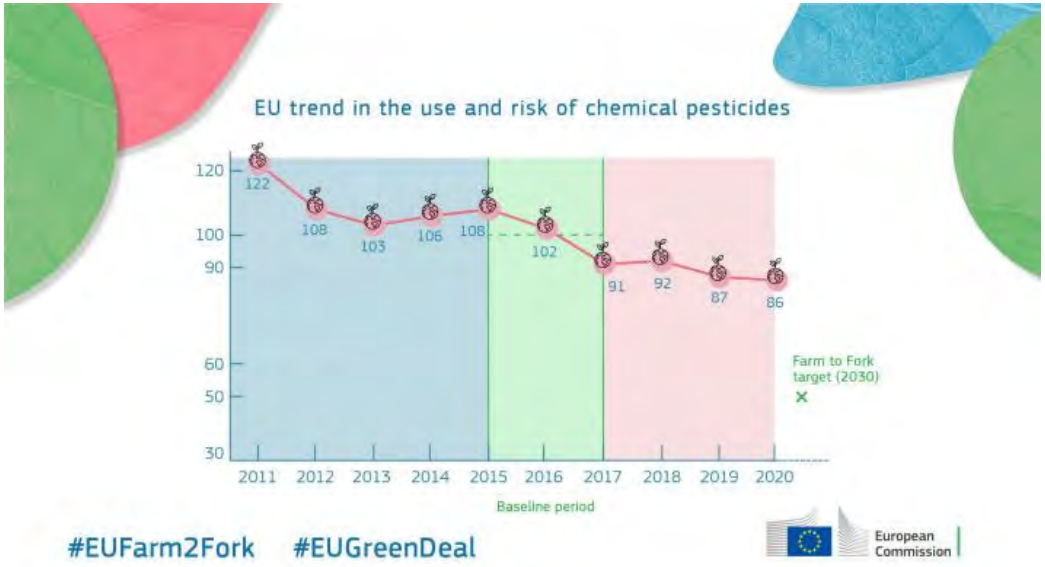
© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

EUの化学農薬の使用とリスクは、2015-2017年のベースライン期間から14%減少

- Farm to Fork戦略と生物多様性戦略は、農薬に関する2つの目標を設定。
  - 目標1:2030年までに化学農薬の使用とリスクを50%削減
  - 目標2:2030年までに、より危険な農薬の使用を50%削減
- 欧州委員会は、2022年6月15日、2011年から2020年までの期間のFarm to Fork農薬削減目標に向けた最新の進捗状況を発表。

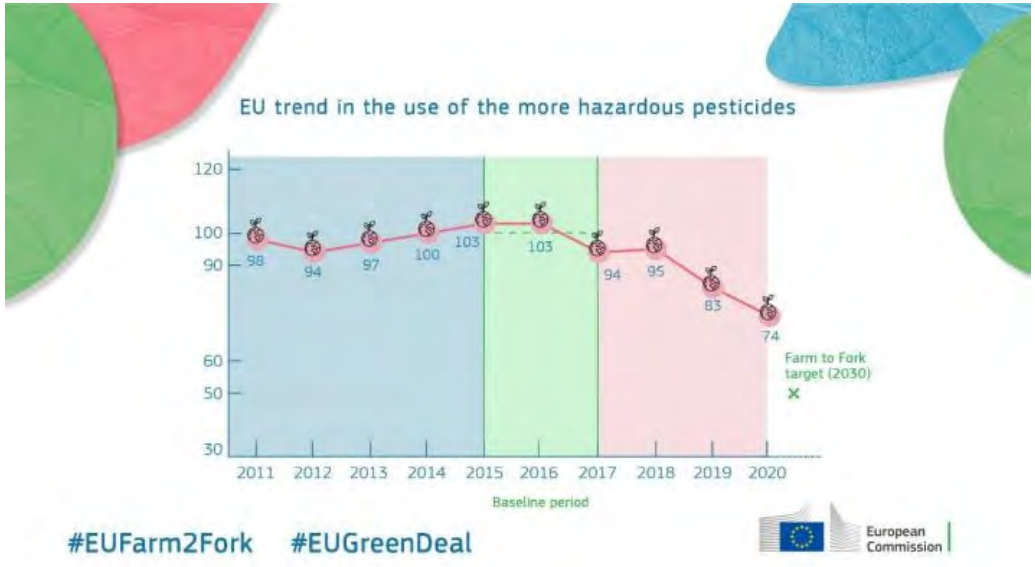
化学農薬の使用とリスク

- 化学農薬の使用とリスクは、2015-2017年のベースライン期間から14%減少し、2019年と比較して1%の減少。



より危険な農薬の使用

- より危険な農薬の使用は、2015-2017年のベースライン期間から26%減少し、2019年と比較して9%の減少。



出典:欧州委員会 WEBサイト
https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/farm-fork-targets-progress/eu-trends_en

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減 6. 低リスク農薬（2）事例

処理花粉を用いた雑草防除技術：WeedOUT（イスラエル）

- 正常な種子形成ができない独自花粉を人工受粉することで、耐性雑草を防除する方法を開発。
- 生産方法は、天然の花粉の採取とUV照射等による不稔化の2つのステップのみ。
- 処理花粉は、作物ではなく抵抗性雑草を標的とするように設計された新たなバイオ除草剤であり、既存の雑草管理手法に加えて容易に適用可能。

WeedOUT花粉を受粉したオオホナガアオゲイトウの種子

- WeedOUTの花粉による人工受粉によって得られた種子は、発芽能力を完全に失った。
- 対照の平均発芽率72%に対し、WeedOUTの花粉による人工受粉後に得られた種子はいずれも発芽しなかった。

予算規模7.1万ユーロ
／EU負担5万ユーロ
Horizon 2020
（2019年3月-2019年6月）

出典:WeedOUT WEBサイト
https://www.weedout-ibs.com/our-solution

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減 6. 低リスク農薬（2）事例

オリーブとアーモンド栽培のためのバイオ農薬

- BIOVEXOプロジェクト（オーストリア）では、オリーブとアーモンドの病気の原因となる、植物病原性*Xylella*細菌とその伝染性ツバメバチ媒介生物を標的とする生物由来農薬を研究。
- 6つの有望な生物的防除ソリューション候補が存在し、細菌株2種、微生物代謝産物、植物抽出物2種及び昆虫病原菌の生物農薬が候補。

- ヨーロッパの2つの主要なキシレラ発生地域 (イタリアのプーリア州とスペインのマヨルカ島)で実証。
- 伝統的なオリーブ果樹園と新しく植えられたオリーブ果樹園での実証を行うとともに、スペイン本土とマヨルカ島のアーモンドの木で追加の試験を行う予定。

予算規模800万ユーロ
／EU負担700万ユーロ
Horizon 2020
（2020年5月-2025年4月）

出典:BIOVEXO WEBサイト https://biovexo.eu/

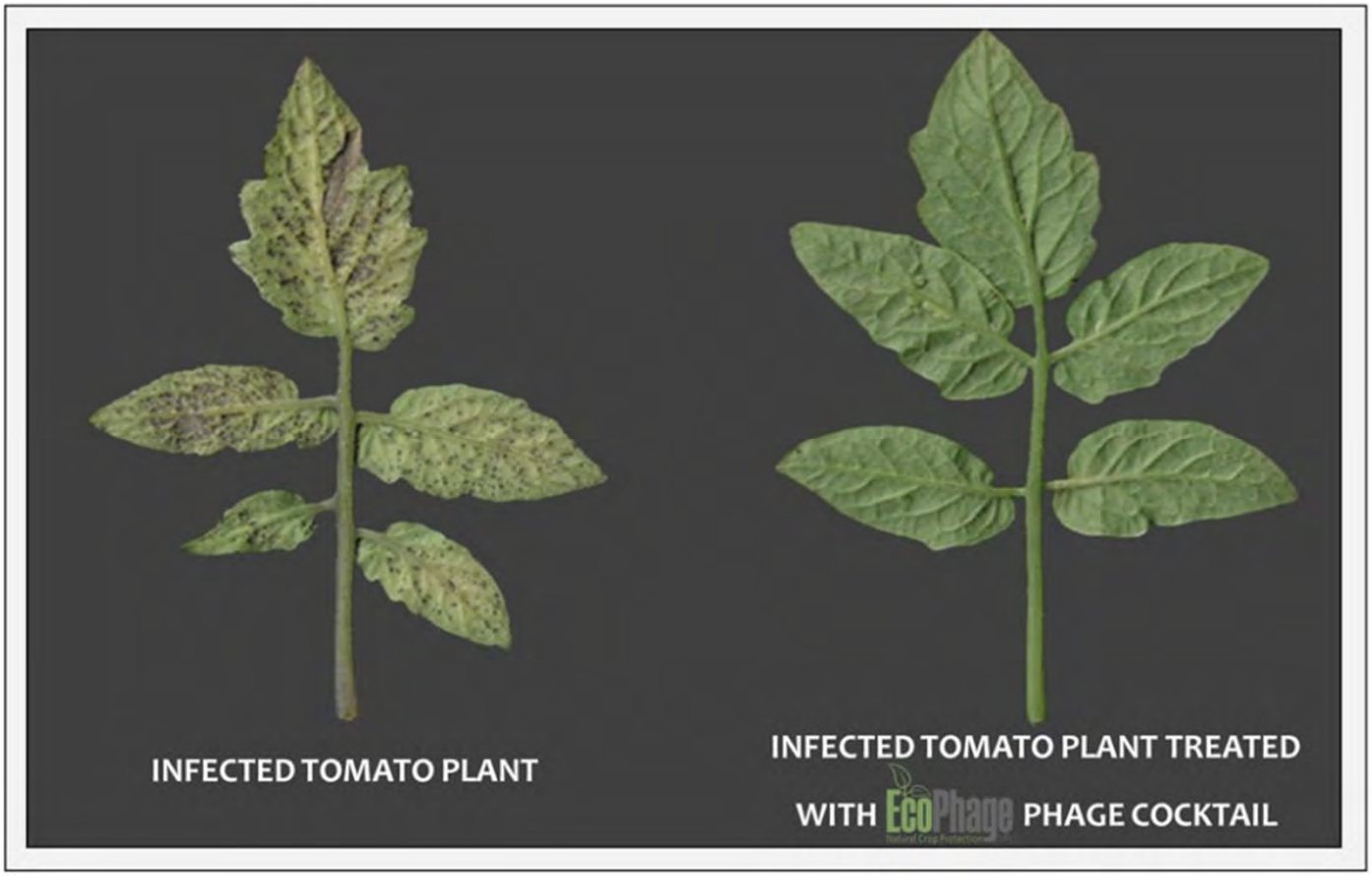
© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減　6. 低リスク農薬（2）事例

細菌性植物病害に対抗するバイオ農薬（ウィルス）

- イスラエルの科学技術研究機関ワイツマン研究所が開発した技術ライセンスを受けたアグリバイオテクノロジー企業EcoPhage社は、ファージコレクションのスクリーニングと特徴を登録したバイオデータプラットフォームを構築。
- 細菌性植物病害の病原菌に感染して細菌を死滅させるバクテリオファージを選定し、最も効果的なファージカクテルを創出。
- バクテリオファージは、細菌を標的とする自然発生のウイルスであり、人間、動物、植物に対して安全。

バクテリオファージカクテル適用したトマトの細菌性病害保護効果

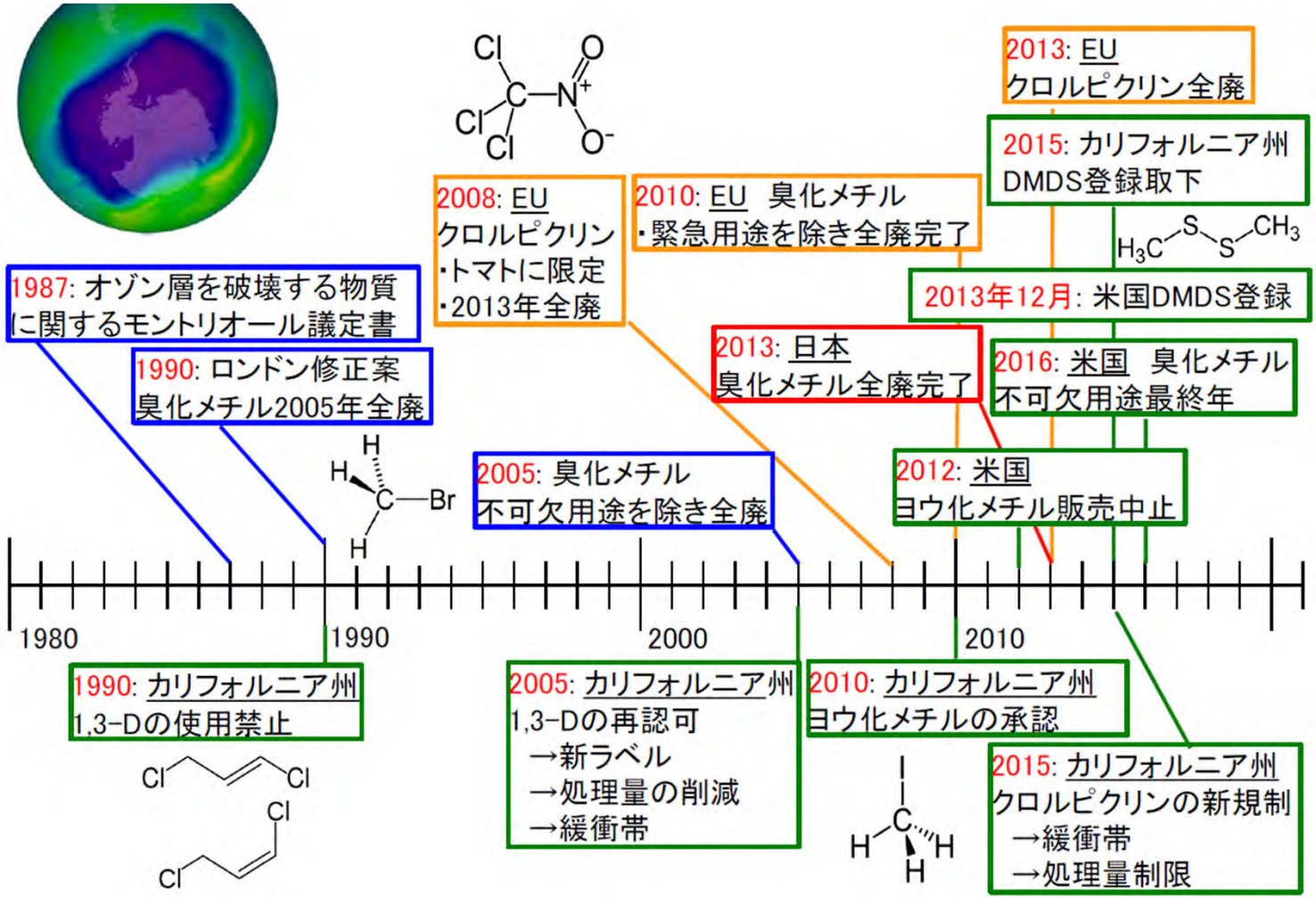


出典:EcoPhage WEBサイト　https://ecophage.com/
※アクセスできないため、図は以下から
trendlines WEBサイト https://www.trendlines.com/portfolio/ecophage/

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

土壌くん蒸剤の規制概要

- 臭化メチルはオゾン層破壊の問題から、先進国では2005年、途上国では2015年に不可欠用途を除き全廃。
- 新規代替くん蒸剤は、これまでにもいくつか開発されているが、毒性や臭い等の問題があり、数年で販売中止。この状況を打破するために化学的手法によらない土壌消毒技術が求められている。



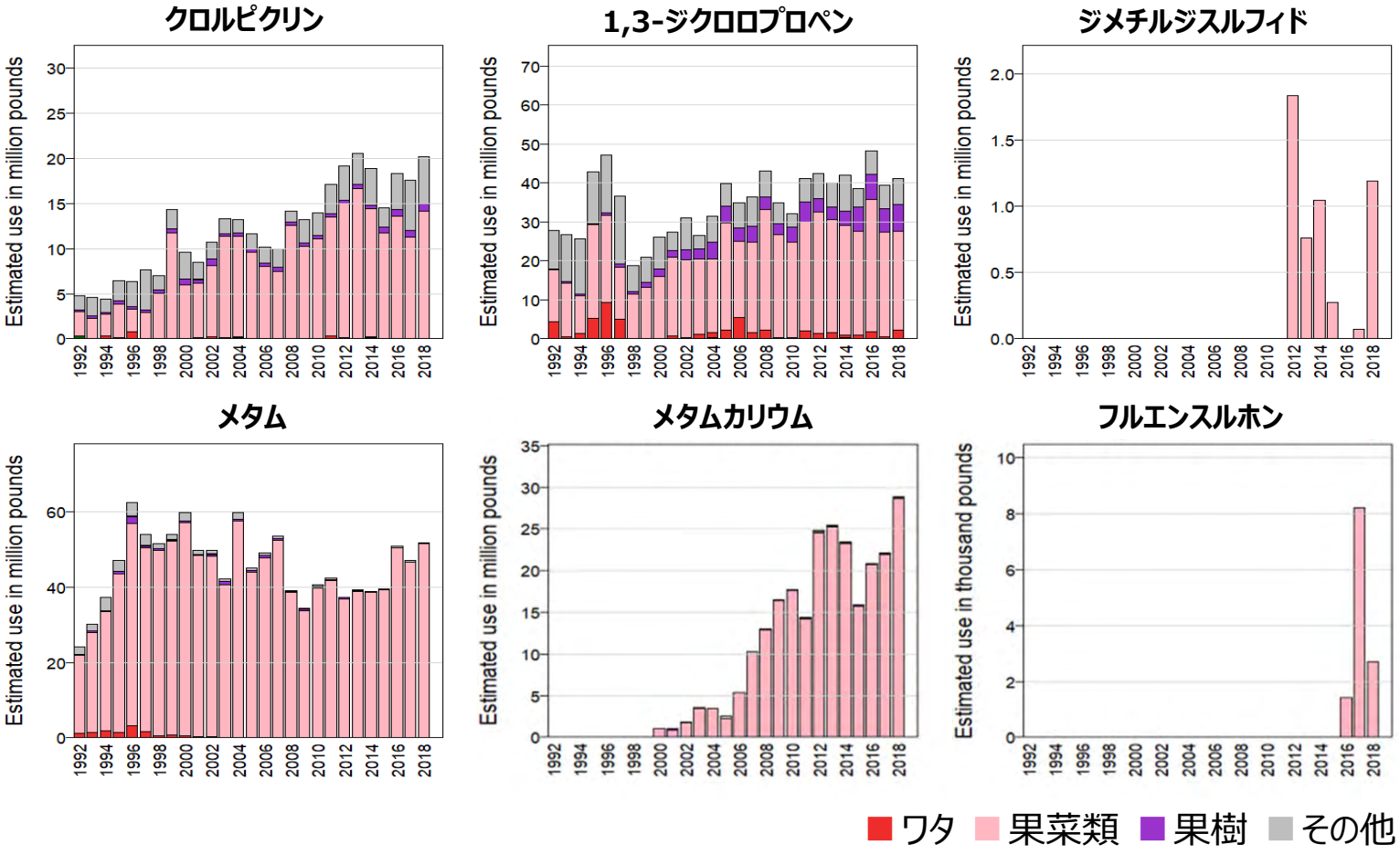
出典:農研機構 小原氏 ヒアリング資料

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国の土壌くん蒸剤利用は2018年時点で6.5万トンに達すると推定

● 米国における土壌くん蒸剤の1992年-2018年の利用動向は以下の通り。

1992-2018年の米国における作物別推定使用量の動向（低い推定値）



米国における化合物別推定使用量（低い推定値）

化合物	2018年推定使用量（トン）
クロルピクリン	9,154
1,3-ジクロロプロペン	18,671
メタム	23,444
メタムカリウム	13,092
ジメチルジスルフィド	539
フルエンスルホン	1.2

出典: Pesticide National Synthesis Project WEBサイト
https://water.usgs.gov/nawqa/pnsp/usage/maps/compound_listing.php

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国では臭化メチルの段階的廃止に伴い、土壌くん蒸剤の研究開発が急速に発展

- 臭化メチルは、先進国では2005年に廃止、発展途上国では2015年に段階的に廃止。
- 中国では、2008年に農業産業に段階的廃止を開始。この代替品の台頭に伴い、土壌くん蒸剤に関する研究開発は急速に発展。
- 土壌くん蒸面積は急速に増加しており、2022年には、中国の野菜の作付面積2,000万haの約1%である20万haにおいて土壌くん蒸剤を利用。

作物別土壌くん蒸面積予測結果（ha）

作物	2007	2012	2017	2022
イチゴ	5,752	15,037	58,955	71,157
温室作物	3,274	13,386	39,438	112,804
タバコ苗床	360	360	180	180
ニンジン	112	560	840	1,120
ショウガ	1,200	4,800	8,640	12,480
合計	10,698	34,143	108,053	197,741
中国の野菜の作付面積（千ha）	17,557	18,497	19,981	21,485*
土壌くん蒸面積割合	0.06%	0.18%	0.54%	0.92%*

＊ 2020年の中国の野菜の作付面積の数値を使用

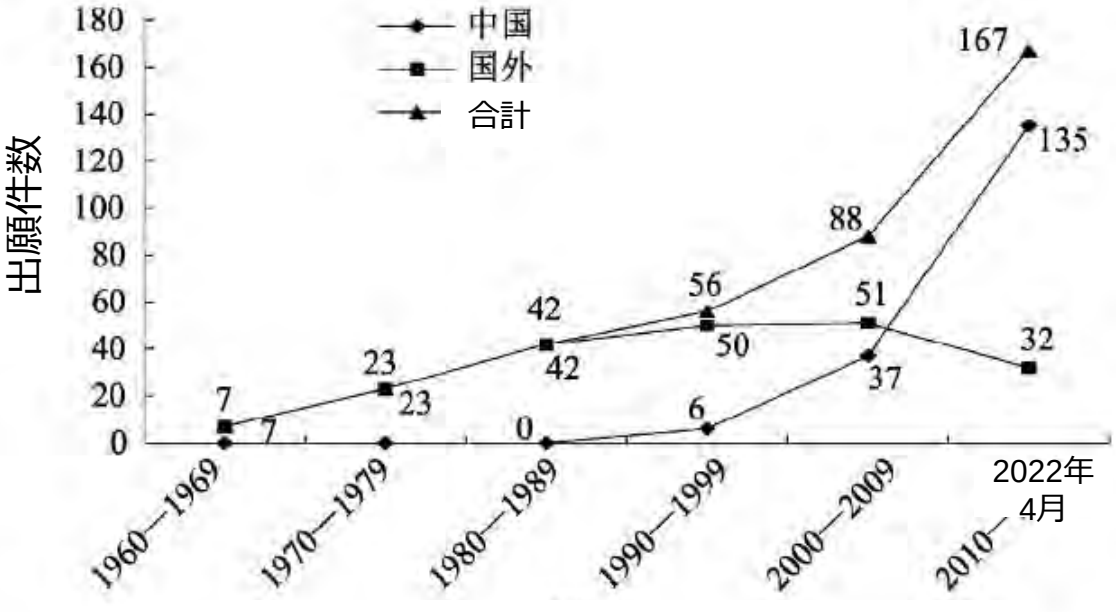
出典:中国統計年鑑2021及びWebサイトを基にNTTデータ経営研究所作成
https://wenku.baidu.com/view/b4ab752619e8b8f67c1cb9fe?aggId=b4ab752619e8b8f67c1cb9fe&fr=catalogMain

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

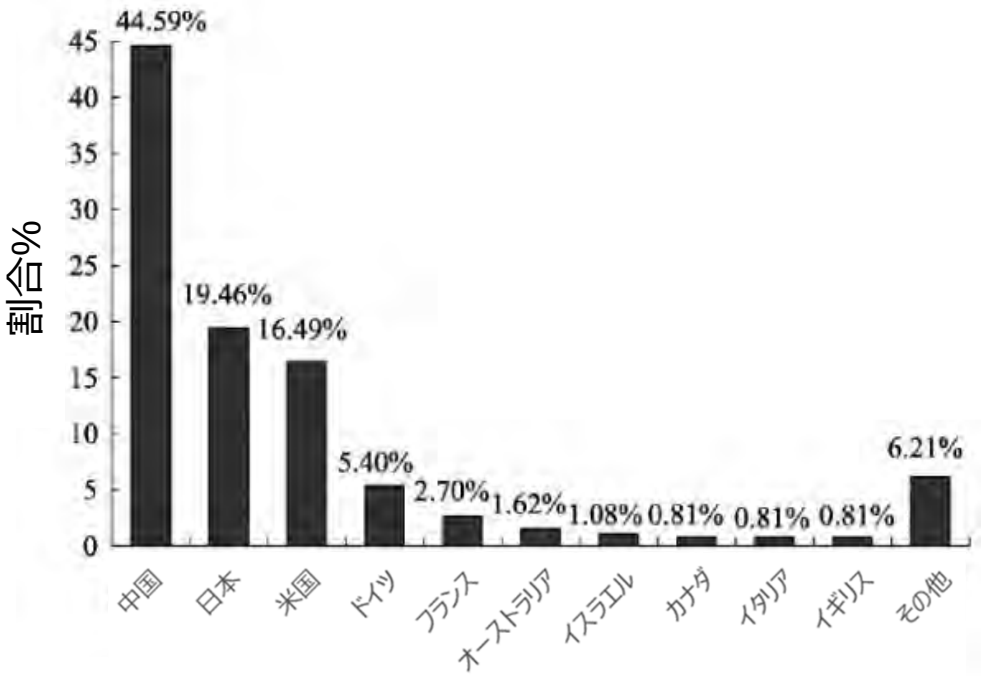
中国では臭化メチルの段階的廃止に伴い、土壌くん蒸剤の研究開発が急速に発展

- 中国における土壌くん蒸剤の特許出願数は、1990年代から急速に増加し、2010年から2022年4月までで135件。
- 国別の特許出願数では、中国が約44.6%を占め1位であり、次いで日本、米国、ドイツ、フランス、オーストラリア、イスラエル、カナダ、イタリア、イギリス。
- 中国国内外の出願は、既存くん蒸剤の配合、剤形変化などの研究に集中し、新しいくん蒸剤の開発は少ない。

土壌くん蒸剤の特許出願数の推移と、国別の出願割合（1960-2022）



中国国内外の土壌くん蒸剤特許出願数



土壌くん蒸剤の特許出願人国籍の割合

出典:陈翠翠, et al.现代农药 (2022)和訳・改変
http://www.jsppa.com.cn/news/yanfa/7580.html

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

土壌くん蒸における国内外の利用動向

● 日本では農家自身が土壌くん蒸を実施可能である一方、米国ではライセンスをもつ業者のみが実施。

国・地域	利用動向
日本	• 農家自身が実施。くん蒸剤、処理方法に関する知識の程度は不明 • 緩衝帯（バッファーゾーン）の規制なし
米国	• ライセンスを取得した土壌くん蒸請負業者のみ実施可 • 農家（研究機関・研究者含む）自身は実施不可 • 違反者に対する罰則は厳しい • 緩衝帯の義務付け（通常：300feet=90.9m、ダゾメット：500feet=151.5m） ※緩衝帯の緩和措置有 • カリフォルニアでは、D-DをCAP制により総量規制 20,936kg/93.2km^2 (90,250pound/36mil^2)township
欧州	• 2012年12月31日クロルピクリン全廃（代替技術がない場合は作物、生産者、地域等を限定して使用） • 他の土壌くん蒸剤についても全廃
中国	• クロルピクリン：請負業者のみに許可されていたが、2022年使用禁止 • D-D：登録無
韓国	• クロルピクリン、D-Dともに登録無（使用禁止）
台湾	• ダゾメットのみ登録有

出典:農研機構 小原氏 ヒアリング資料

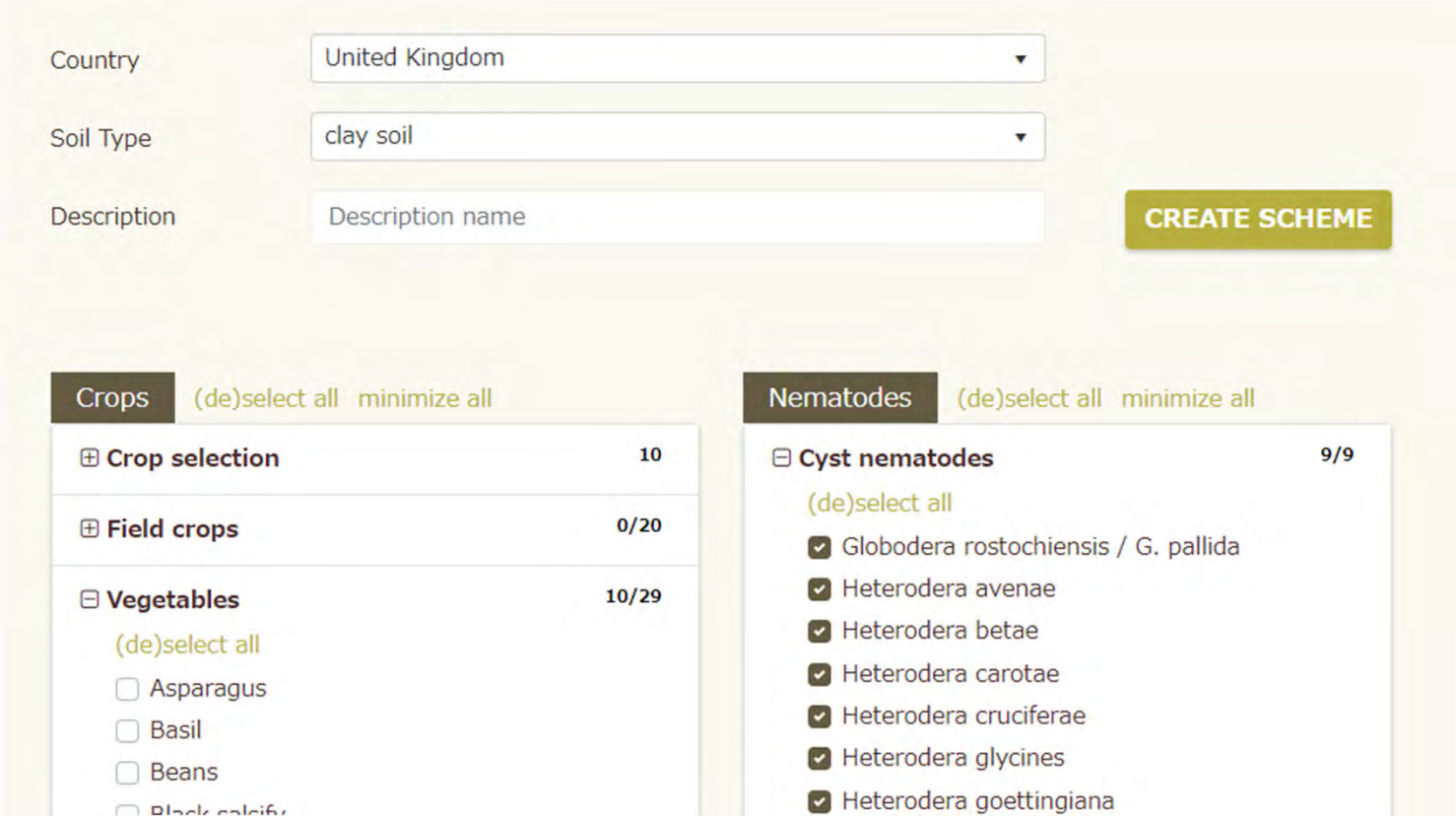
© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減　7. 土壌くん蒸剤の利用動向・代替技術（2）事例

BEST 4 SOILプロジェクト（オランダ）

- 土壌媒介性病害防除のための4つのベストプラクティス（堆肥/有機改変、緑肥/被覆作物、嫌気性土壌消毒(ASD)、バイオソラリゼーション）に関する情報をオープンアクセスデータベース（Youtube、データベース、ファクトシート）で公開。
- 全ての情報は欧州22か国の公用語で利用可能。

Best4Soil データベース
（https://www.best4soil.eu/database）



多数の線虫及び土壌媒介病原体について、宿主状態や感受性に関する情報を提供。

様々な作物栽培の最適な順序を決定するための支援ツール。

予算規模200万ユーロ
／EU負担200万ユーロ
Horizon 2020
（2018年8月-2022年3月）

出典:BEST 4 SOIL WEBサイト

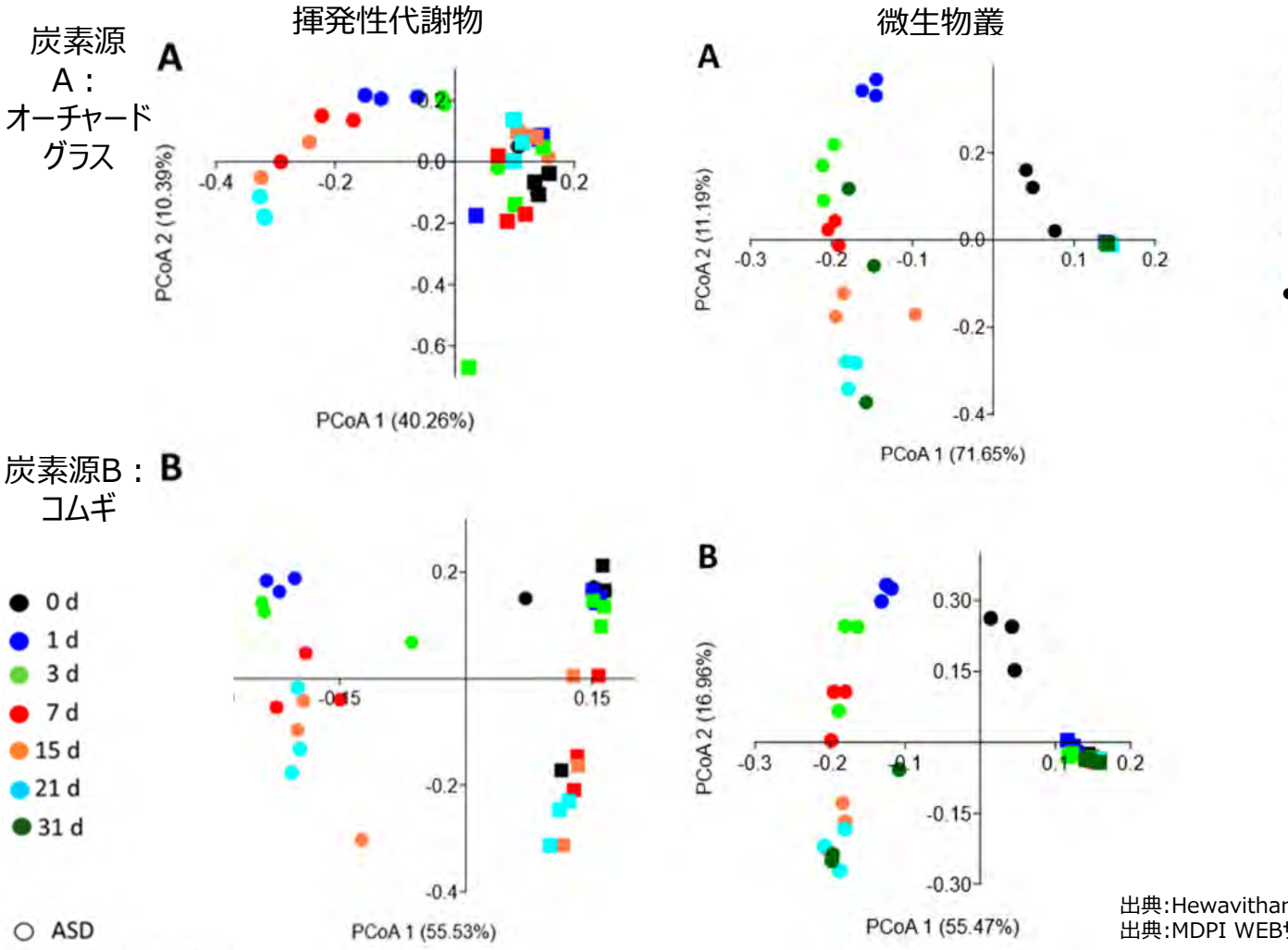
© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減　7. 土壌くん蒸剤の利用動向・代替技術（2）事例

イチゴ生産における病害管理のための嫌気性土壌消毒、輪作、品種の統合：UCSC（米国）

- 嫌気性土壌消毒（ASD）は、オーチャードグラス、コムギ、米ぬか等の有機物を土壌に混入・冠水後、フィルムで覆い密閉する手法。酸素が急激に消費されて植物病原菌が消毒される安全性の高い手法として注目。
- UCSCを中心に、アブラナ科植物の土壌還元や輪作が行われ、地域農家に普及させるプロジェクトを実施。

嫌気性土壌消毒（ASD）の炭素源が土壌メタボローム及びマイクロバイオームに及ぼす影響



- 異なる炭素源を土壌に混和、灌水後、酸素不透過性フィルムで覆い、21日間インキュベート、その後10日間の好気条件への回復。
- ASDにより揮発性代謝物プロファイル、微生物叢が経時的変化。

USDA-NIFA助成金
2,513,000ドル
（2017年8月-2023年8月）

出典:Hewavitharana SS, et al., Microorganisms (2021)改変
出典:MDPI WEBサイト　https://www.mdpi.com/2076-2607/9/8/1638/htm

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

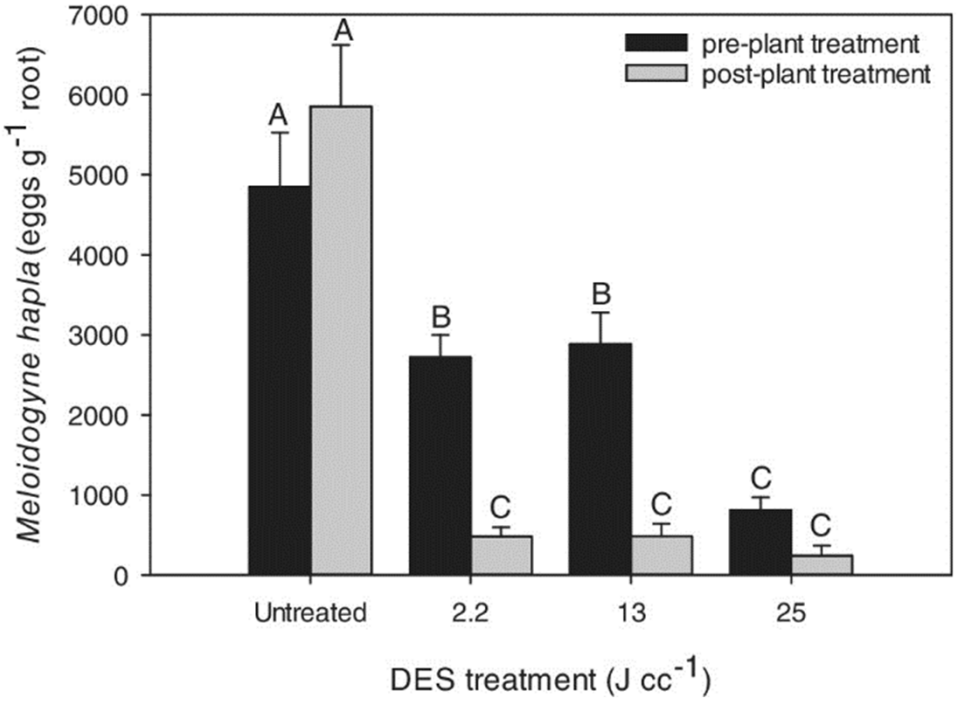
b. 化学農薬使用量の低減　7. 土壌くん蒸剤の利用動向・代替技術（2）事例

パルス電界とオーム加熱を用いた害虫駆除：オレゴン州立大学（米国）

- 苗木の苗床における、パルス電界及びオーム加熱を使用した土壌燻蒸の代替アプローチを検証。
- 線虫、真菌及び雑草を防除するためにパルス電界及びオーム加熱の有効性を比較し、土壌深度の影響や、作物の品質、経済性等を評価。

植物寄生性線虫に対する電気パルスの効果検証

トマトの植え付け前または後に指向性エネルギーシステム（DES）処理した結果、*M. hapla*（キタネコブセンチュウ）卵密度が有意に減少した。



DESの電極ピン

- パルス電界及びオーム加熱は、いずれも広範囲の害虫に対する有効性を実証済み。
- これらのツールの有効性を向上させるために、実際の耕作地において実証実験中。

USDA-NIFA助成金
44.2万ドル
（2022年9月-2025年8月）

出典:Riga E, et al. Pest Manag Sci.(2020)
出典:John Wiley & Sons, Inc.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.5745

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減　7. 土壌くん蒸剤の利用動向・代替技術（2）事例

低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒方法の開発：農研機構

- 低濃度エタノールによる土壌病害虫の発生抑制は、土壌中の酸素濃度の低下によって生育環境が大きく変化することによるもので、エタノールの直接の殺菌効果によるものではない。
- 本法で用いるエタノールは、農薬取締法上の農薬には該当しないと判断されており、「土壌還元消毒用資材」として扱われる。

土壌病害虫防除方法の効果と資材費用の比較

防除方法	ウィルス	細菌	糸状菌	線虫	土壌害虫	雑草	使用量 /10a	資材費用 /10a
低濃度エタノール	—	○	○	○	○	○	1kL	60,000 円 *2
太陽熱消毒	×	○	○	○	○	△	—	—
熱水・蒸気消毒	△～×	○	○	○	○	○～△	150kL（蒸気）	80,000 円（灯油）
抵抗性品種（台木）*1	(○)	(○)	(○)	(○)	×	×	—	—
対抗植物	×	×	×	△	×	×	—	—
ダゾメット剤	×	○	○	○	○	○	30kg	30,000 円
カーバム Na 剤	×	○	○	○	○	○	40 ～ 60L	21,000 ～ 31,500 円
D-D 剤	×	×	×	○	○	×	30L	10,000 円
クロルピクリン剤	×	○	○	○	○	△	30L	30,000 円
臭化メチル	○	○	○	○	○	○	30L	65,000 円

○：効果がある、△：やや効果がある、×：効果なし

*1　一部作物（品種）に限られる。また、全てに有効でない。

*2　原料アルコールの輸入価格（平成18年通関統計実績）、副生アルコールの利用によって資材費用の削減が可能

出典:農研機構 小原氏 ヒアリング資料
農環研ニュース（2008）
https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/niaesnews/079/news07903.pdf

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減　7. 土壌くん蒸剤の利用動向・代替技術（2）事例

ガスバリアー性フィルムによる土壌くん蒸効率の改善：農研機構

- 徳島県里浦地区の特に水捌けの悪い低地で立枯病が発生。
- ガスバリアー性フィルムの使用により、土壌くん蒸剤の漏洩を防ぎ、慣行の農業用ポリエチレンフィルムに比べて病害・収穫量ともに大幅な改善。
- 土壌くん蒸剤、フィルム、消毒機及び施用方法の改善により、施用量の低減化に期待。

慣行フィルムとガスバリアー性フィルム被覆によるクロルピクリン処理の効果比較

	農ポリ（ＰＥ）　0.03ｍｍ厚使用区	ガスバリアー性フィルム 0.02ｍｍ厚使用区
10a当り収量(kg)	1400 →	2466
秀品率（%）	10.6 →	74.6
病害発生率（%）	80.9 →	1.4
10a当たりの概算収入	1,400kgX300円=420,000円	2,466kgX300円=739,800円

※両区画共に、クロールピクリン30L/10aを使用

出典:農研機構 小原氏 ヒアリング資料

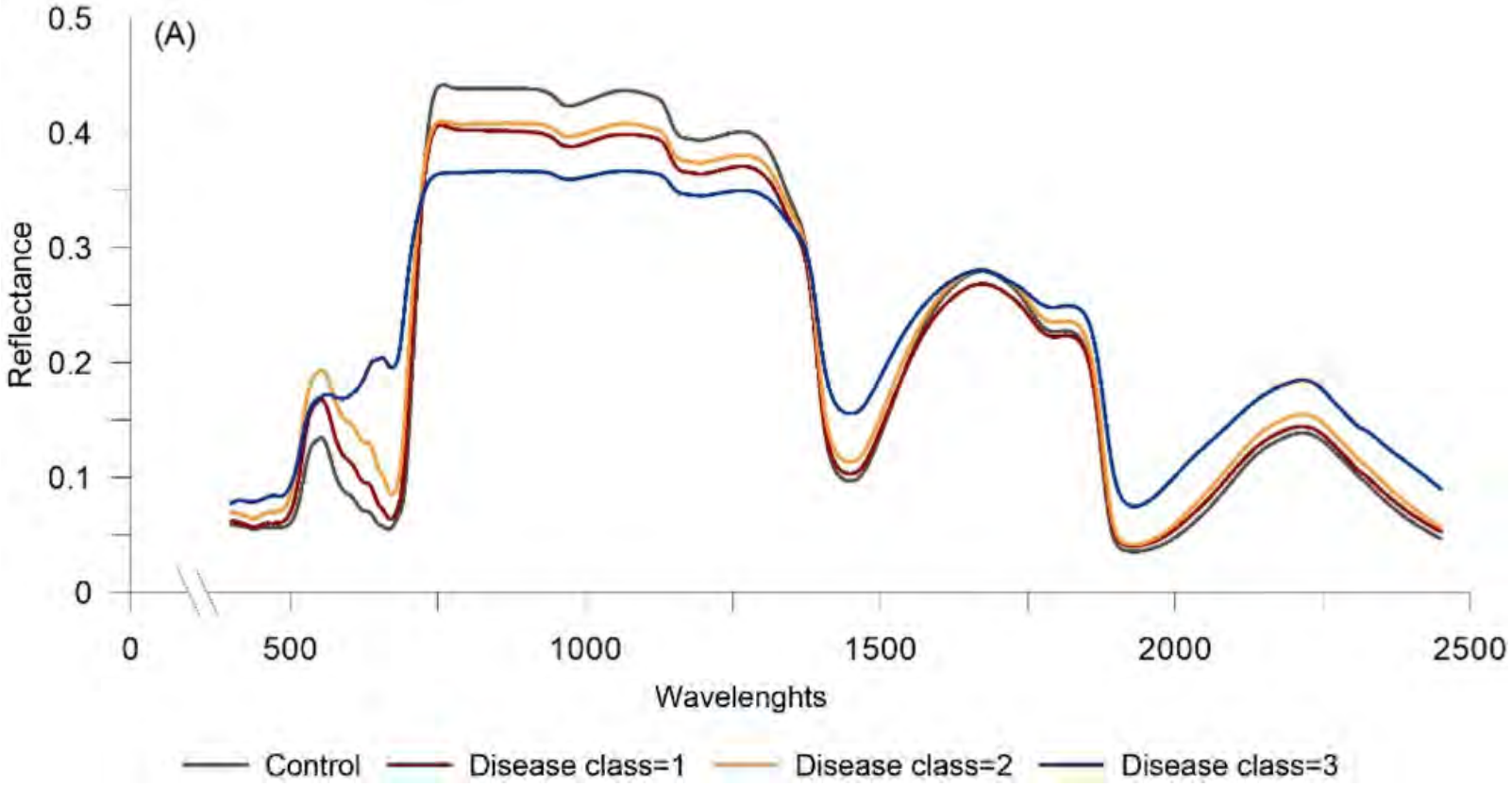
© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

b. 化学農薬使用量の低減 8. 土壌病害の発病可能性診断（2）事例

高解像度ハイパースペクトルを用いた土壌病害診断：CREA（イタリア）

- これまでにハイパースペクトルセンサーを用いた作物の健康状態の評価を検証中。
- 本研究の目的は、機械学習により環境要因の影響を排除して判別できる波長の選択と、実用化のためのハイスループット評価への移行性の評価。
- 高解像度ハイパースペクトル(350～2500 nm)から、ワイルドロケットの病害進行予測に寄与する波長を抽出。

4段階の疾患重症度レベルでリゾクトニア・ソラニ菌(RhS-D) を接種した
ワイルドロケットの350～2500nmスペクトル反射率



出典:Galieni A, et al. Sci Rep. (2022)
出典:nature briefing WEBサイト https://www.nature.com/articles/s41598-022-08969-5

© 2023 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.