



**Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
Zakład Ochrony Roślin Sadowniczych**

Sprawozdanie z realizacji zadania w 2016 roku

Sadownictwo metodami ekologicznymi - badania w zakresie określenia źródeł oraz przyczyn niezamierzonego występowania w produktach ekologicznych środków niedopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Określenie dobrych praktyk, standardów postępowania, opracowanie przewodnika oraz wytycznych w zakresie przeciwdziałania takim przypadkom.

KIEROWNIK PROJEKTU

**DYREKTOR INSTYTUTU
OGRODNICTWA**

dr hab. Barbara H. Łabanowska, prof. IO

prof. dr hab. Małgorzata Korbin

Wykonawcy: dr hab. Barbara H. Łabanowska prof. IO, dr Małgorzata Tartanus, dr hab. Eligio Malusa prof. IO, prof., dr Artur Miszczak, dr Szymczak Jolanta, dr Wojciech Warabieda, mgr Andrea Cetti, mgr Joanna Kicińska, mgr Wojciech Piotrowski, mgr Michał Hołdaj, mgr Damian Gorzka, mgr Krzysztof Rudziński, mgr Jadwiga Czajkowska, mgr Ilona Kuśmierska, mgr Rafał Pejski, mgr Anna Markowicz, mgr Renata Nowak, inż. Barbara Sobieszek, techn. Bożena Pawlik, techn. Stanisław Lesiak, mgr. Małgorzata Bartosik, techn. Tadeusz Mańkowski, techn. Grzegorz Skorupiński, techn. Katarzyna Gręda, techn. Katarzyna Kubik, techn. Teresa Bil

Wstęp

DDT w Polsce stosowane było powszechnie w ochronie roślin w latach 50-70 ubiegłego wieku. Po ukazaniu się na rynku środków fosforoorganicznych i innych, zaczęto eliminować bardziej toksyczne środki chloroorganiczne a zwłaszcza te, które zawierały DDT. Zakaz stosowania środków z tej grupy wprowadzono prawie 30 lat temu, jednak nadal gleba i niektóre produkty roślinne zanieczyszczone są pozostałościami tej substancji lub jej metabolitami. Stanowi to tym większe zagrożenie dla środowiska, iż zarówno woda, gleba, jak i różne osady wykazują skłonności do bioakumulacji tych substancji. Istotne są też fakty potwierdzające, że rośliny mogą akumulować substancje chemiczne (np. z grupy pestycydów chlorowcopochodnych) obecne w glebie nawet w bardzo ograniczonej ilości. Z tego powodu, w celu zapewnienia wysokiej jakości produktów ekologicznych i zgodności technologii produkcji tych surowców z przepisami prawnymi regulującymi system ekologicznej produkcji, ważne jest wyjaśnienie i zrozumienie faktu znajdowania pozostałości DDT i jego metabolitów w produktach ekologicznych lub w glebach, na których ta substancja mogła być stosowana bardzo dawno temu. Trzeba mieć świadomość, że przypadkowa obecność pozostałości DDT w glebie może spowodować zanieczyszczenie produktów ekologicznych, a więc wycofanie zaświadczenia, potwierdzającego, że uzyskane produkty pochodzą z bezpiecznej produkcji ekologicznej.

Celem przeprowadzonych badań w projekcie było poszukiwanie rozwiązań zasadniczego zredukowania ilości DDT oraz jego metabolitów w glebie. Jednym z rozwiązań może być poszukiwanie roślin akumulujących pozostałości DDT, które będą umożliwiały „ekstrakcję” z gleby szkodliwych substancji. Kolejne rozwiązanie to wykorzystanie konsorcjów mikroorganizmów takich jak bakterie i grzyby mikoryzowe wspomagające rozkład DDT do związków niezalegających w glebie i nieszkodliwych.

Ogólna metodyka badań

Doświadczenia polowe zakładano metodą bloków losowanych w 5 powtórzeniach, na plantacjach prowadzonych systemem ekologicznym, doświadczenia laboratoryjno-wazonowe również prowadzono w 5 powtórzeniach, zaś laboratoryjne w 3-4 powtórzeniach.

Przygotowanie gleby do wazonów

Gleba była pobrana z kilku plantacji ekologicznych, na których analitycznie zostało wykryte DDT lub jego metabolity, następnie w celu uzyskania wyższych poziomów DDT gleba została podzielona na 3 części i każda z nich została równomiernie opryskana rozcieńczonymi roztworami DDT-p,p przygotowanymi w następujący sposób:

1. Przygotowanie roztworu o stężeniu 20 mg/ml DDT-p,p: Do cylindra miarowego o pojemności 10 ml odważono 200 mg standardu analitycznego DDT-p,p i uzupełniono acetonitrylem. (uzyskano poziom pozostałości DDT w glebie - 0,598 mg/kg – w doświadczeniach oznaczono, jako wysoki poziom)
2. Przygotowanie roztworu o stężeniu 2 mg/ml DDT-p,p Do cylindra miarowego o pojemności 10 ml odważono 20 mg standardu analitycznego DDT-p,p i uzupełniono acetonitrylem. (uzyskano poziom pozostałości DDT w glebie – 0,143 mg/kg – w doświadczeniach oznaczono, jako niski poziom)

3. Przygotowanie roztworu o stężeniu 1 mg/ml DDT-p,p. Do cylindra miarowego o pojemności 10 ml odważono 10 mg standardu analitycznego DDT-p,p i uzupełniono acetonitrylem (uzyskano poziom pozostałości DDT w glebie - 0,826 mg/kg – użyto w doświadczeniu szklarniowym)

Tak przygotowana ziemia została kilkakrotnie przemieszana, a następnie umieszczona w pojemnikach, przeznaczonych do uprawy roślin.



Przygotowywanie gleby do doświadczeń wazonowych

Wybór roślin do doświadczeń

Rośliny do doświadczeń wybrano sugerując się informacjami znalezionymi w literaturze i opracowaniach innych autorów. Na tej podstawie do doświadczeń z użyciem roślin do rekultywacji gleby wyznaczono cukinię, natomiast do pozostałych doświadczeń wyznaczono kilka podstawowych roślin z grup taksonomicznych.

Metody stosowane do przeprowadzania ocen:

Pobieranie prób gleby do analiz. Próby gleby do analiz pobierano dwukrotnie przed założeniem doświadczeń w celu stwierdzenia pozostałości DDT w glebie oraz drugi raz po zastosowaniu zabiegów rekultywujących (wysiewanie roślin, stosowanie środków bakteryjnych i grzybowych). Próby gleby z pola do analizy obecności DDT pobierano za pomocą laski Egnera, do głębokości 25 cm z 20-25 punktów rozmieszczonych losowo na powierzchni każdej kombinacji. Próby gleby pobierano zgodnie z metodyką opisaną w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 27 listopada 2013 r. „w sprawie pobierania próbek roślin, produktów roślinnych lub przedmiotów do badań na obecność pozostałości środków ochrony roślin” (Dz.U. 2013, poz. 1549)

Pobieranie prób roślin akumulujących oraz z roślin uprawnych do analiz. Do analizy zawartości DDT pobierano różne organy roślinne (części nadziemne i korzenie) minimum 300g. Próby pobierano w różnych okresach sezonu wegetacji.

Analiza zawartości DDT i jego metabolitów w próbach gleby i próbach roślinnych. Zgodnie z definicją pozostałości podaną w rozporządzeniu (WE) nr 396/2005 pozostałości DDT należy mierzyć, jako sumę izomerów DDT i jego metabolitów (DDE i DDD). DDT (sum of p,p'-DDT, o,p'-DDT, p-p'-DDE and p,p'-TDE (DDD) expressed as DDT). Na tej podstawie oznaczanie pozostałości DDT i jego pochodnych przeprowadzono metodą chromatografii gazowej z detektorem masowym przy użyciu kolumny ZB-MR1.

Przygotowanie próbek do badań

Po dostarczeniu próbek do laboratorium zarejestrowano je, nadano im numer kodowy oraz wydzielono próbkę analityczną. Próbki, które nie wymagały wstępnej obróbki tj. gleba oraz części zielone roślin, po nadaniu numeru zostały zamrożone. Korzenie roślin, owoce oraz warzywa, które były zabrudzone ziemią, przed zamrożeniem, zostały umyte, osuszone i rozdrobnione.

Próbki owoców cukinii, które były przeznaczone do płukania zostały podzielone na dwie części, tj. każdy owoc przekrojono wzdłuż osi na połowę i jedną część rozdrobniono, natomiast drugą przeznaczono do płukania. Przed płukaniem próbkę zważono. Owoce opłukiwano nad zlewką przy użyciu pipety Pasteura opłukując acetonitrylem zewnętrzną stronę owocu. Objętość acetonitrylu z całego procesu opłukiwania zmierzono przy użyciu cylindra miarowego, następnie pobrano część ekstraktu do próbówki Eppendorfa i wirowano. Następnie przeniesiono 1ml roztworu do naczynka autosamplera. Dodano standard wewnętrzny i przeprowadzono analizę przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem masowym (GC/MS).

Owoce w próbkach cukinii, w których osobno badano miąższ i skórkę. Każdą połowę cukinii podzielono wzdłuż osi. Jedną część rozdrobniono w całości, natomiast drugą rozdzielono na skórkę i miąższ a następnie rozdrobniono.-+

Wszystkie próbki, z wyjątkiem próbek gleby, po zamrożeniu zostały zmielone w suchym lodzie.

Oznaczenie powietrznie suchej masy w glebie.

Do oznaczenia suchej masy w glebie użyto naczynek wagowych z pokrywą, które uprzednio suszono przez 2h w temp. 105°C w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza, po czym trzymano w eksykatorze przez minimum 30 min. Wystudzone naczynko z pokrywą ważono na wadze analitycznej. Do tak przygotowanych naczynek odważono 10 g gleby. Wykonano 3 powtórzenia dla każdej próbki. Glebę suszono w temperaturze 80 °C przez ok 24 h. Po wyjęciu z suszarki próby trzymano w temperaturze pokojowej przez ok. 2 h dla wyrównania wilgotności próbki z wilgotnością powietrza i ponownie ważono.

Wyniki obliczano i zapisywano w zeszycie prowadzonym wg wzoru:

Nr próbki	1 Masa naczynka	2 Masa próbki przed wysuszeniem	3 Masa naczynka z próbką po wysuszeniu	4 Masa próbki po wysuszeniu 4=3-1	5 Sucha masa [%] SM=4/2*100
-----------	--------------------	------------------------------------	---	---	-----------------------------------

Suchą masę uzyskaną z trzech powtórzeń uśredniano i uwzględniano w wyniku końcowym analizy.

Opis sposobu przygotowania próbek do analiz

Do analizy pozostałości DDT zastosowano metodę QuEChERS, która została opisana w normie PN-EN 15662:2008. Metoda badawcza polega na ekstrakcji substancji czynnej z analizowanej próbki poprzez homogenizację z acetonitrylem, a następnie oczyszczeniu ekstraktu z wykorzystaniem dyspersyjnej ekstrakcji do fazy stałej (dSPE). W celu przygotowania próbek odważano 10 lub 5 g porcji analitycznej, w zależności od rodzaju matrycy, do teflonowej próbówki wirówkowej. Próbki do badania odzysku traktowano roztworem o odpowiednim stężeniu standardu analitycznego DDT. Do próbek o mniejszej zawartości wody dodawano 10 g wody. Za pomocą pipety miarowej dodano 10 ml acetonitrylu i wytrząsano przez 1 min przy użyciu wytrząsarki typu Vortex. Następnie dodano czteroskładnikową naważkę, zawierającą 4 g bezwodnego siarczanu magnezu, 1 g chlorku sodu, 1 g cytrynianu trójsodowego dwuwodnego i 0,5 g wodorocytrynianu dwusodowego seskwiwodnego i wytrząsano przez ok. 1 minutę przy użyciu wytrząsarki typu Vortex. Probówkę wirówkową wraz z zawartością wirowano przez ok. 5 minut z przyspieszeniem ok. 5000 g. Po odwirowaniu przeniesiono pipetą Pasteura ok. 1,5 ml supernatantu (górną warstwę acetonitrylową) do próbówki wirówkowej Eppendorfa zawierającej dwuskładnikową naważkę (25 mg PSA i 150 mg siarczanu magnezu). Probówkę wraz z zawartością wytrząsano przez ok. 1 minutę przy użyciu wytrząsarki typu Vortex, a następnie wirowano przy użyciu wirówki do próbek Eppendorfa przez co najmniej 1 minutę. Pobrano pipetą automatyczną 1 ml roztworu z nad osadu i przeniesiono do naczynka autosamplera. Dodano 100 µl acetonitrylu i 50 µl roztworu standardu wewnętrznego trifenylofosforanu (TPP) o stężeniu 20 µg/mL. Do próbek kalibracyjnych dodano 100 µl roztworu standardu analitycznego o odpowiednim stężeniu. Zawartość DDT w próbkach analizowano przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technologies 6890N wyposażonego w detektor masowy 5975B Inert XL MSD. Parametry pracy chromatografu gazowego przedstawiono poniżej:

Column:

Zebtron™ ZB-MultiResidue™-1, GC Cap. Column 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm, Ea
Dimension: 30 meters x 0.25 mm x 0.25 µm

Oven:

Initial temp: 40 °C

Initial time: 2 min

Ramps:

1 30 °C/min to 150 °C for 0 min.

2 20 °C/min to 220 °C for 0 min.

3 3 °C/min to 250 °C for 2 min.

Carrier Gas:

Constant Flow Helium 1 ml/min

Injection: PTV, Injection volume 8 µl

Initial temp 50 °C

Initial time 0,8 min

Ramp: 12°C/s to 300 °C

Obliczenia

Pozostałości DDT w próbkach wyrażono w mg/kg, dokonując obliczeń zgodnie z poniższym równaniem matematycznym.

$$P = \frac{c_{wz} \cdot I_{pr} \cdot V \cdot A_{wz}}{I_{wz} \cdot m \cdot A_{pr}} \quad (1)$$

gdzie:

P - ilość pozostałości DDT [mg/kg];

c_{wz} - stężenie roztworu roboczego (kalibracyjnego) DDT wyrażone w [$\mu\text{g/ml}$];

I_{pr} - pole powierzchni piku chromatograficznego analitu w jego roztworze badanym;

V - objętość próbki (ekstraktu) [ml];

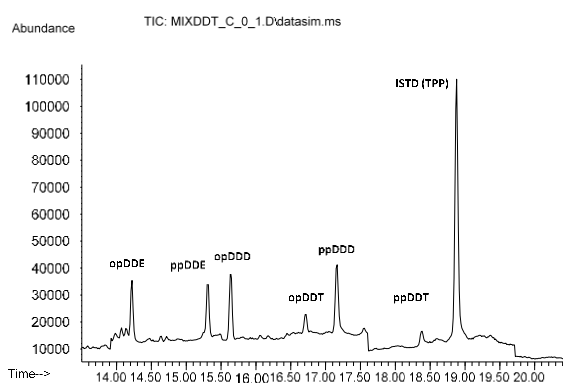
A_{wz} - pole powierzchni piku chromatograficznego standardu wewnętrznego w roztworze roboczym analitu (kalibracyjnym);

I_{wz} - pole powierzchni piku chromatograficznego analitu w jego roztworze roboczym;

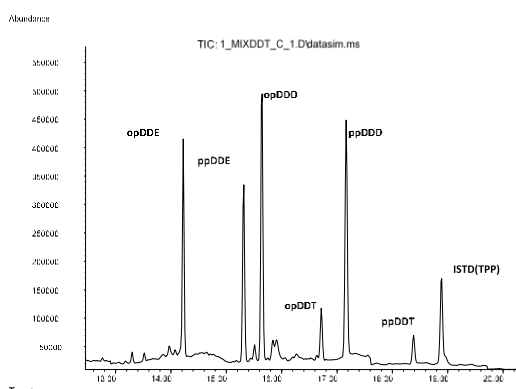
m - masa próbki [g];

A_{pr} - pole powierzchni piku chromatograficznego standardu wewnętrznego (ISTD) w roztworze badanym.

Przykładowe chromatogramy przedstawiono na rysunkach poniżej:



Rys.1. Chromatogram przedstawiający izomery DDT na poziomie 0,1mg/kg



Rys.2. Chromatogram przedstawiający izomery DDT na poziomie 1mg/kg

Izolacja grzybów z próbek gleby. Izolację szczepów grzybów przeprowadzono z zanieczyszczonych próbek gleby z zastosowaniem metody posiewu rozcieńczeń (stosunek gleby / woda 1: 1000), zgodnie z Johnson i Curl (1972) Maggi i Persiani (1983) i Persiani et al. (2008). Jako pożywkę hodowlaną zastosowano agarowy ekstrakt gleby (SEA), przygotowany przy użyciu gleby ze strefy pobierania (Maggi i in., 2005). Została ona przygotowana w autoklawie i po filtracji 1 kg gleby w 1 litrze wody dodano do przesączu następujące związki: glukoza 10 g/l; ekstrakt drożdżowy 1 g/l; Agar 15 g/l. Otrzymany roztwór rozprowadzono na sterylizowane szklane próbówki (25 ml każda) i przechowywano w 4°C do czasu użycia. Płytki przygotowano przez

ogrzewanie próbki i odlewania pożywki SEA wraz z zawiesiną gleby i antybiotykiem. Zawiesiny gleby przygotowano przesiewając próbki gleby, stosując 2-mm sito i mieszając w wodzie destylowanej w stosunku gleby/wody 1:1000. Każda zawiesina była rozdzielana w pięciu szalkach Petriego (0,1 ml/płytkę). Streptomycyna siarczanu, w stężeniu końcowym 100 γ /ml była stosowana, jako antybiotyk, w celu wykluczenia wzrost bakterii. Płytki inkubowano w temperaturze 25°C przez 7 dni. Wszystkie izolaty były zliczane, jako CFU/g suchej gleby, a następnie przeniesiono do czystej kultury.

PODZADANIE 1

Rekultywacja gleb zawierających DDT oraz jego metabolity za pomocą roślin oraz mikroorganizmów

Celem tego zadania było przeprowadzenie badań nad możliwością zasadniczego zredukowania ilości DDT oraz jego metabolitów w glebie poprzez uprawę roślin, które mogą gromadzić te związki oraz umożliwiać ich "ekstrakcję" z gleby. W badaniu wykorzystano także konsorcja mikroorganizmów, których zadaniem było wspomagać rośliny w rozbudowywaniu systemu korzeniowego, a co za tym idzie większe możliwości pobierania DDT z gleby.

Zadanie realizowano w trzech doświadczeniach polowych. Pierwsze z nich polegało na ustaleniu naturalnego poziomu występowania DDT i jego metabolitów w glebie w kilku rejonach kraju. Kolejne dwa doświadczenia wykonano na polach gdzie wcześniej analitycznie stwierdzono obecność DDT i jego metabolity. Jedną lokalizacją była ze wskazania Jednostki certyfikującej Biocert z Krakowa, która w poprzednich latach stwierdzała pozostałości DDT w glebie. Wykonano również jedno doświadczenie laboratoryjno-wazonowe, z zastosowaniem gleby przygotowanej według procedury opisanej powyżej.

Metodyka badań

Ustalenie naturalnego poziomu występowania DDT i jego metabolitów w glebie

W celu realizacji tego doświadczenia (Doświadczenie I) na początku prowadzenia badań (kwiecień-maj) w kilku rejonach Polski pobrano próby gleby (według opisanej powyżej procedury) i wykonano analizy na zawartość DDT i jego metabolitów.

Ulepszenie procedury analitycznej do oznaczania DDT i jego źródła w materiale glebowym i roślinnym

Aby wesprzeć ogólny cel programu badań określonego przez Ministerstwo, podjęto próbę ulepszenia i przetestowania procedury analitycznej stosowanej do wykrywania DDT. Procedura analityczna (opisana powyżej) została tak zmodyfikowana, aby uzyskać możliwość rozróżnienia obecności DDT na zewnątrz roślin i wewnątrz tkanek roślinnych. Ponadto, zamiast zwykle stosowanego standardu wewnętrznego używanego w rutynowych analizach (trifenylofosforan), jako wewnętrzny standard analityczny zastosowano izotopową pochodną DDT. Użyto również specjalnej kolumny chromatograficznej, która umożliwiła rozdzielanie izomerów DDT oraz ich dalszych metabolitów (DDD i DDE). W przyszłości procedura ta może również umożliwić

ustalenie, w jakim czasie nastąpiło skażenie, źródła skażenia oraz które części roślin są bardziej narażone na skażenie.

Zastosowanie i ocena roślin akumulujących zanieczyszczenia powodowane przez DDT w glebie

W 2016 roku wykonano dwa doświadczenia polowe i jedno laboratoryjno-wazonowe. Jedno z nich, Doświadczenie II w miejscowości Dąbrowiec gmina i powiat Żary, woj. Lubuskie (sugestia firmy certyfikującej Biocert), na polu certyfikowanym do produkcji ekologicznej, gdzie w poprzednich latach stwierdzano obecność DDT i jego metabolitów w glebie. Drugie (Doświadczenie III) wykonano na polu położonym w miejscowości Skierniewice, gdzie analitycznie stwierdzono obecność DDT i jego metabolitów. Doświadczenie laboratoryjno-wazonowe (Doświadczenie IV) wykonano w insektarium ZORS w Skierniewicach.

Do doświadczeń polowych na podstawie danych literaturowych wytypowano roślinę dyniowatą – cukinię odm. Soraya. Rośliny zostały wcześniej wysiane w szklarni w glebę, w której analitycznie nie stwierdzono obecności DDT i jego metabolitów, a następnie wysadzone na wcześniej przygotowane poletka w obu miejscowościach. Doświadczenie II trwało od 21 lipca do 3 października 2016 roku, a Doświadczenie III od 12 lipca do 29 września 2016 roku. Doświadczenia założono w 5 powtórzeniach (1 roślina stanowiła jedno powtórzenie), rośliny sadzone były na poletkach wielkości 3x3m.



Przygotowanie poletek
Doświadczenie II



Rośliny cukinii na poletkach
Doświadczenie III

Doświadczenie IV (laboratoryjno-wazonowe) założono w 5 powtórzeniach (jeden wazon stanowił powtórzenie). W dniu 16 czerwca 2016 roku wysiano lub posadzono następujące rośliny: dynia odm. Dynia Olbrzymia Melonowa, cukinia odm. Soraya, kukurydza odm. Lokata, lucerna odm. Ulstar. Rośliny sadzono lub wysiewano w podłoże (przygotowane według metodyki opisanej wyżej) z dwoma poziomami DDT w glebie (niski - 0,143 mg/kg, wysoki - 0,598 mg/kg). Doświadczenie trwało od 16 czerwca do 19 września 2016 roku.



Rośliny testowane w Doświadczeniu IV

W trakcie trwania doświadczeń kilkakrotnie pobierano próby różnych organów roślinnych oraz próby gleby, przed i po zastosowaniu mikroorganizmów, do wykonania analiz.

Zastosowanie i ocena roślin akumulujących zanieczyszczenia powodowane przez DDT w glebie łącznie z mikroorganizmami

W 2016 roku wykonano dwa doświadczenia polowe (Doświadczenie V, VI) i jedno laboratoryjno-wazonowe (Doświadczenie VII). Doświadczenia przeprowadzono w tych samych lokalizacjach, co opisywane poprzednio i prowadzono je według metodyki opisanej powyżej, z tym, że w trakcie sadzenia roślin na poletkach zastosowano przewidziane w doświadczeniu mikroorganizmy i odpowiednio je oznakowano. Wykaz mikroorganizmów zestawiono w Tabeli 1. Doświadczenie V trwało od 21 lipca do 3 października 2016 roku, a Doświadczenie VI od 12 lipca do 29 września 2016 roku, zaś Doświadczenie VII trwało od 16 czerwca do 19 września 2016 roku.

W trakcie trwania doświadczeń kilkakrotnie pobierano próby różnych organów roślinnych oraz próby gleby, przed i po zastosowaniu mikroorganizmów, do wykonania analiz.

Tabela 1. Wykaz zastosowanych mikroorganizmów, 2016

Konsorcjum mikroorganizmów	Dawka w kg (w przeliczeniu) na ha
Doświadczenia polowe	
Micosat Uno	60,0
Micosat Fito	60,0
Doświadczenie laboratoryjno-wazonowe	
Micosat Uno	60,0

Wyniki

Wyniki zestawiono w Tabelach 2- 12.

Doświadczenie I

W 2016 roku w tym doświadczeniu pobrano próbki gleby z pól w 51 lokalizacjach, na terenie 8 województw, a wyniki analiz gleby na zawartość DDT przedstawia Tabela 2.

Tabela 2. Wyniki oceny poziomu występowania DDT i jego metabolitów w próbach gleby pobranych w różnych rejonach Polski, Doświadczenie I, 2016

Lokalizacja pobranej próbki z podziałem na województwa	Zawartość DDT i jego metabolitów						SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)	
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p		DDM
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
lubelskie								
Brzostówka 1							nd*	
Brzostówka 2		0,0109	0,005	0,0066			0,024	
Brzostówka 3		0,0115	0,006	0,0115			0,031	
Brzostówka 4							nd	
Brzostówka 5		0,0054	0,0028				0,009	
Piaski Szlacheckie 1		0,0053		0,0064			0,012	
Piaski Szlacheckie 2		0,0064		0,0074			0,015	
Piaski Szlacheckie 3		0,0047		0,0097			0,015	
Jastków		0,0107		0,0119			0,024	
Borki		0,0213		0,0203	0,0047		0,049	
Łopatki		0,0417	0,0064	0,0522	0,0132	0,0069	0,127	
Wola Skromowska		0,004		0,0031			0,008	
Wolica Pierwsza		0,0263		0,0181			0,047	
Zamość		0,0203		0,0193	0,0033		0,045	
łódzkie								
Godzianów 1							nd	
Godzianów 2							nd	
Godzianów 3							nd	
Godzianów 4							nd	
Dębowa Góra 1		0,003		0,0075			0,011	
Dębowa Góra 2		0,0366	0,0249	0,1259			0,194	
Skierniewice 1		0,0247	0,0083	0,0203			0,057	
Skierniewice 2		0,0053		0,0069			0,013	
Skierniewice 3		0,0282	0,0137	0,0113			0,058	
Wysokienice		0,0016		0,0022			0,004	
Suliszew		0,0033					0,004	
Kamion 1		0,0167	0,0041				0,023	
Kamion 2		0,0277	0,0082	0,0252			0,065	
Rosocha		0,0161	0,0182	0,0609		0,0022	0,101	
Brójce		0,0696		0,0156			0,093	
Trzcianna							nd	
Żelazna				0,0088			0,009	
mazowieckie								
Hołowienki 1							nd	
Hołowienki 2							nd	
Kolonia Hołowienki 3		0,0064		0,0054			0,013	
Stary Boguszyn		0,007		0,0121			0,020	
Radzanów		0,0131		0,0073			0,022	
Nowy Oryszew		0,004		0,0037			0,008	
Tchórznica		0,0149	0,0095	0,022			0,049	
lubuskie								
Dąbrowiec							nd	
Dąbrowiec 1		0,0058		0,004			0,010	
Dąbrowiec 2		0,0019		0,0017			0,004	
podlaskie								
Jastrzębna 1		0,0063	0,0033				0,011	
Jastrzębna 2		0,0035	0,0048				0,009	
Zachodniopomorskie								
Żabówko		0,0286	0,0233			0,0061	0,064	

Stepniczka		0,0718	0,1387			0,0306		0,268
pomorskie								
Cetyń		0,0174		0,0207				0,04
wielkopolskie								
Nowy Dwór		0,0237	0,0154					0,043
Nowy Dwór 1		0,0286	0,0103			0,0024		0,046
Nowy Dwór 2		0,0317		0,02		0,004		0,060
Skarszew		0,0047		0,0105				0,016
Bednary		0,0038		0,0069				0,011

*nd – nie stwierdzono obecności DDT ani jego metabolitów bądź ich poziom był niższy od możliwości wykrycia

Próby gleby były pobierane z pól certyfikowanych do upraw ekologicznych oraz innych, na których prowadzono standardowe uprawy. Uzyskane wyniki wskazują, że wolna od DDT była gleba tylko z 10 lokalizacji (co stanowi 10,6% wszystkich pobranych prób). W zdecydowanej większości, czyli w 41 próbkach gleby wykryto obecność DDT i jego metabolitów. W większości próbek były to śladowe ilości, rzędu setnych lub tysięcznych grama na kg gleby, natomiast w 3 próbkach wykryto wyższy poziom DDT, od 0,101 – 0,194 mg/kg gleby. Najwyższy wykryty poziom pozostałości DDT wyniósł 0,268 mg/kg (Tabela 2). Uzyskane wyniki wskazują, że mimo upływu ponad 30 lat od stosowania DDT, jego śladowe ilości są wykrywane w glebie. Choć nie można wykluczać, że skażenie może mieć też inne źródło. Obecnie nie ma szans odtworzenia historii upraw na poszczególnych polach. Różnice w poziomie wykrywania DDT mogą wynikać prawdopodobnie z rodzaju upraw na danym terenie i częstotliwości zabiegów przy użyciu DDT. W rejonach, gdzie uprawiano np. ziemniaki, poziom ten może być wyższy, gdyż DDT był powszechnie używany do zwalczania stonki ziemniaczanej.

Doświadczenie II (polowe) Dąbrowiec, 2016

Doświadczenie II założono na polu ekologicznym, na którym w poprzednim roku wykryto obecność DDT. Wyniki analiz gleby oraz roślin kukinii użytych w tym doświadczeniu przedstawia Tabela 3.

Tabela 3. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie i w roślinach kukinii wysadzonych na polu, na którym w poprzednich latach stwierdzono obecność DDT, Dąbrowiec k/Zdżar, 2016

Data pobrania	Gleba lub organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
		0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
22.07.16	Gleba (dośw.)								nd
22.07.16	Gleba (pole)								nd
07.09.16	Liście								nd
07.09.16	Owoce								nd
03.10.16	Owoce								nd
03.10.16	Gleba (dośw.)		0,0058		0,004				0,010
03.10.16	Gleba (pole)		0,0019		0,0017				0,004

W doświadczeniu tym 2016 roku w lipcu w przeprowadzonych analizach prób gleby nie wykryto DDT, mimo tego, że w poprzednich latach wykrywano te związki. We wrześniu również nie wykryto go ani w liściach, ani w owocach cukinii. W próbach owoców cukinii pobranych na początku października także nie wykryto DDT, ale śladowe ilości związku wykryto w tym czasie w glebie. Na taki wynik mogło złożyć się kilka elementów np. przyczyną takiej sytuacji mogło być nie równomierne rozmieszczenie DDT na polu, chociaż próby w lipcu i we wrześniu pobierano w tych samych miejscach lub w bliskiej okolicy. Inną przyczyną może być „nowe” skażenie, czyli źródłem skażenia nie jest stosowanie DDT w dalszej przeszłości. Niestety wyjaśnienie tej kwestii może nastąpić w następnych latach badań, kiedy zostanie przeanalizowana większa ilość danych na ten temat.

Doświadczenie III (polowe), Skierniewice, 2016

W doświadczeniu założonym na polu, na którym w maju 2016 r. analitycznie wykryto DDT i jego metabolity. Wyniki uzyskane z tego doświadczenia zestawiono w Tabeli 4-5.

Tabela 4. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w glebie i w roślinach **cukinii** wysadzonych na polu, na którym podczas wstępnej oceny wykryto obecność DDT, Skierniewice, 2016

Data pobrania	Gleba lub organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów						SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)	
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p		DDM
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
		0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
30.05.16	Gleba		0,0282	0,0137	0,0113				0,058
29.08.16	Liście		0,0056						0,006
29.08.16	Owoce		0,0109						0,012
22.09.16	Część nadziemna*		0,006						0,007
22.09.16	Korzenie		0,1008	0,0045					0,117
22.09.16	Owoce								nd
22.09.16	Gleba strefa korzeniowa		0,0397	0,0232					0,070
22.09.16	Gleba pozostała		0,00764	0,0471			0,0043		0,065

* Część nadziemna: liście i pędy

Pierwsze próby z posadzonych roślin pobrano w sierpniu i były to liście oraz owoce, w których wykryto metabolit DDE-p,p, a w przeliczeniu na ogólny DDT poziom wynosił w przybliżeniu 0,01 mg/kg (Tab. 4). We wrześniu podczas kończenia doświadczenia pobrano próby wszystkich organów roślinnych oraz próbę gleby w bezpośrednim sąsiedztwie korzeni roślin i podczas analizy tych prób całkowite DDT wykryto w części nadziemnej (liście, pędy) i w korzeniach, chociaż nie we wszystkich częściach wykrywano te same metabolity DDT (Tab. 4). W glebie zarówno pobranej w bezpośrednim sąsiedztwie korzeni testowanych roślin (strefa korzeniowa), jak i w dalszej odległości od roślin (gleba pozostała), wykryto nieco więcej DDT niż przed założeniem doświadczenia w maju. W tym terminie nie wykryto DDT w owocach.

Tabela 5. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w roślinach **cukinii** wysadzonych na polu, na którym stwierdzono analitycznie stwierdzono obecność DDT, Skierniewice, 2016 – ulepszona metoda analityczna (metoda opłukiwania)

Data pobrania	Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
		0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
13.09.16	Owoce - całość			0,0061					0,007
13.09.16	Owoce - miąższ	nd							nd
13.09.16	Owoce - skórka		0,0070						0,008
22.09.16	Owoce - całość	nd							nd
22.09.16	Owoce - płukanie	nd							nd
29.09.16	Owoce - całość	nd							nd
29.09.16	Owoce płukanie*	nd							nd
29.09.16	Owoce - miąższ	nd							nd
29.09.16	Owoce - skórka	nd							nd

* badana ciecz po opłukiwaniu organów roślinnych

W celu uzyskania możliwości rozróżnienia obecności DDT na zewnątrz roślin i wewnątrz tkanek roślinnych podjęto próbę przetestowania metody analitycznej z wykorzystaniem opłukiwania roślin (procedura metody opisana w metodyce przygotowywania próbek do analiz). Analizując wyniki zestawione w Tabeli 5 można stwierdzić, iż w niektórych przypadkach pozostałości DDT wykryto w całych owocach oraz w skórce. Dane te wskazują, że w przypadku cukinii DDT gromadziło się w powierzchniowej warstwie, w skórce, zaś miąższ był od nich wolny, ale w cieczy, którą opłukiwano owoce nie stwierdzono zawartości DDT.

Doświadczenie IV (wazonowe), Skierniewice, 2016

Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu zestawiono w Tabelach 6-8a-d.

Tabela 6. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w glebie przed i po okresie uprawy w niej różnych roślin testowych, Skierniewice, 2016

Gleba	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Kukurydza		0,0374	0,0309	0,0508				0,127
Cukinia		0,0403	0,0339	0,0157				0,098
Lucerna		0,0392	0,0376	0,0102				0,096
Dynia		0,0444	0,045	0,0263				0,126
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Kukurydza		0,0424	0,1058	0,112				0,276
Cukinia		0,0483	0,1369	0,0828		0,0024		0,291
Lucerna		0,0441	0,0996	0,0327				0,192
Dynia		0,0479	0,1426	0,0896				0,301

W doświadczeniu testowano dwa poziomy DDT (niski i wysoki). Przed sadzeniem roślin do gleby z niskim poziomem DDT stwierdzono ok. 0,143 mg/kg (suma DDT) (Tabela 6). Również po okresie uprawy roślin testowych (kukurydza, cukinia, lucerna, dynia) w glebie pobranej z wazonów, w których rosły stwierdzono podobny lub nieco mniejszy poziom DDT. Natomiast tam, gdzie zastosowano wysoki poziom DDT, w glebie po okresie uprawy stwierdzono mniejszy poziom DDT po wszystkich testowanych roślinach (Tabela 6).

Tabela 7. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie i w różnych roślinach wysianych (lub sadzonych) w wazonach z glebą zawierającą DDT, Skierniewice, 2016

Dla roślin są to wyniki sumaryczne ze wszystkich badanych organów

Miejsce pobierania próbek	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Kukurydza - gleba		0,0374	0,0309	0,0508				0,127
Kukurydza - roślina		0,0091	0,0154					0,027
Cukinia - gleba		0,0403	0,0339	0,0157				0,098
Cukinia - roślina		0,1554	0,048	0,012				0,238
Lucerna - gleba		0,0392	0,0376	0,0102				0,096
Lucerna - roślina		0,0114	0,0065	0,0256				0,046
Dynia - gleba		0,0444	0,045	0,0263				0,126
Dynia - roślina		0,031	0,0266	0,019				0,083
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Kukurydza - gleba		0,0424	0,1058	0,112				0,276
Kukurydza - roślina		0,0111	0,0357	0,0284				0,080
Cukinia - gleba		0,0483	0,1369	0,0828		0,0024		0,291
Cukinia - roślina		0,1435	0,1591	0,044				0,379
Lucerna - gleba		0,0441	0,0996	0,0327				0,192
Lucerna - roślina		0,012	0,0294	0,0505				0,096
Dynia - gleba		0,0479	0,1426	0,0896				0,301
Dynia - roślina	0	0,0523	0,148	0,0465	0	0	0	0,269

Wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 7) świadczą o tym, że jeśli rośliny kukurydzy, lucerny, cukinii i dyni uprawiane były w glebie zawierającej DDT, wykrywano tę substancję w roślinach. Im wyższe było stężenie DDT w glebie, tym więcej pobierały go rośliny.

Tabela 8a. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w roślinach **kukurydzy** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Młode rośliny								nd
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0091	0,0154					0,027

Ziarno								nd
Wysoki poziom DDT								
Młode rośliny								nd
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0111	0,0357	0,0284				0,080
Ziarno								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

Analizując poszczególne fragmenty roślin kukurydzy, DDT wykryto tylko w korzeniach, nie było go (w części nadziemnej) w młodych i starszych roślinach ani też w ziarnie (Tab. 8a).

Tabela 8b. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w roślinach **cukinii** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna*		0,0144						0,016
Korzenie		0,141	0,048	0,012				0,222
Wysoki poziom DDT								
Owoce		0,0074						0,008
Część nadziemna*		0,0119	0,0101					0,024
Korzenie		0,1242	0,149	0,044				0,347

* Część nadziemna: liście i pędy

Analiza dla cukinii wykazała brak DDT w owocach, przy niskim stężeniu DDT w wazonie, a wykryto go tylko w liściach i w korzeniach (Tab. 8b). Na roślinach w wazonach z wyższym stężeniem DDT, wykryto go zarówno w owocach, jak i w liściach oraz w korzeniach.

Tabela 8c. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w **roślinach lucerny** wysadzonej w wazonach z glebą zawierającą DDT, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0114	0,0065	0,0256				0,046
Wysoki poziom DDT								
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,012	0,0294	0,0505				0,096
Gleba bez DDT								
Część nadziemna*								nd

Korzenie								nd
Gleba								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

W uprawianej w wazonach lucernie, obecność DDT wykryto tylko w korzeniach (Tab. 8c), a poziom ten, podobnie jak w cukinii, był wyższy tam, gdzie był on wyższy w glebie. W przypadku lucerny rośliny testowe posadzono również w glebę, w której analitycznie nie stwierdzono pozostałości DDT i jego metabolitów (ze względu na to, iż lucernę sadzono w formie sadzonki, a gleba, w której pierwotnie rosły nie była badana pod względem pozostałości DDT). Jednak w przypadku lucerny po okresie uprawy nie stwierdzono pozostałości DDT w żadnej części rośliny ani w glebie.

Tabela 8d. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w roślinach **dyni** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, Skierniewice, 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niskie stężenie DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna*				0,0062				0,006
Korzenie		0,031	0,0266	0,0128				0,077
Wysokie stężenie DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna		0,0076	0,0141					0,024
Korzenie		0,0447	0,1339	0,0465				0,245

* Część nadziemna: liście i pędy

Analiza pozostałości DDT w dyni, była podobna jak w cukinii (Tab. 8d). DDT wykryto w liściach i korzeniach, a poziom wykrycia był skorelowany z poziomem pestycydu w glebie. Nie wykryto go w owocach dyni.

Podsumowanie

pozytywnym wnioskiem, jaki nasuwa się na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonych i omówionych doświadczeń polowych i wazonowych (Doświadczenie II-IV) jest to, że w owocach uprawianych roślin nie wykrywano DDT, jeśli jego poziom w glebie był niski, zaś jeśli podwyższono ten poziom w glebie, wykrywano pozostałości głównie w korzeniach, ale śladowe także w częściach nadziemnych. Patrząc na poziom wykrytego DDT w próbach gleby z różnych lokalizacji w kraju (Tab. 2) można mieć nadzieję, że ten poziom jest stosunkowo niski i w uprawianych roślinach nie powinno być pozostałości lub tylko śladowe.

Z drugiej strony celem badania było wykrycie i zastosowanie roślin akumulujących pozostałości DDT i jego metabolity, dlatego też pozytywnym jest fakt, iż wszystkie cztery zastosowane gatunki roślin pobierały z gleby i akumulowały w różnych organach roślinnych DDT i jego metabolity. Co miało również potwierdzenie w warunkach polowych w wykonanych doświadczeniach jak i

pobrane z różnych pól w kraju. Jednak można również powiedzieć, że pobieranie i akumulacja była uzależniona od poziomu zawartości DDT w glebie.

Doświadczenie V (polowe), Dąbrowiec k/Zdżar, 2016

Wyniki z tego doświadczenia przedstawia Tabela 9.

Tabela 9. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie i w roślinach **cukinii** wysadzonych na polu, na którym w poprzednich latach stwierdzono obecność DDT oraz zastosowanych konsorcjów mikroorganizmów przed wysadzeniem roślin, Dąbrowiec, 2016

Data pobrania	Gleba i organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów						SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)	
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p		DDM
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
22.07.16	Gleba								nd
Micosat Uno									
07.09.16	Liście								nd
07.09.16	Owoce								nd
03.10.16	Owoce								nd
03.10.16	Gleba		0,0074		0,007				0,015
Micosat Fito									
07.09.16	Liście								nd
07.09.16	Owoce								nd
03.10.16	Owoce								nd
03.10.16	Gleba		0,0038		0,0023				0,007

Na poletkach doświadczalnych, na które wprowadzono mikroorganizmy, w glebie wykryto śladowe pozostałości DDT zaś w roślinach, zarówno w liściach jak i w owocach nie stwierdzono pestycydu (Tab. 9), podobnie jak w doświadczeniu bez mikroorganizmów (Tab. 3).

Doświadczenie VI (polowe), Skierniewice, 2016

Wyniki z tego doświadczenia przedstawia Tabela 10-11.

Tabela 10. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie i w roślinach **cukinii** wysadzonych na polu, z analitycznie stwierdzoną obecnością DDT, oraz zastosowanych konsorcjów mikroorganizmów przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Data pobrania	Gleba i organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów						SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)	
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p		DDM
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
30.05.16	Gleba		0,0282	0,0137	0,0113				0,058
Micosat Uno									
29.08.16	Liście		0,0127	0,0409					0,059
29.08.16	Owoce		0,0047		0,0052				0,010
22.09.16	Część nadziemna*		0,0086						0,010
22.09.16	Korzenie		0,1347	0,0053			0,0036		0,160
22.09.16	Owoce		0,0027						0,003
22.09.16	Gleba		0,0746	0,048			0,0046		0,141

Micosat Fito								
29.08.16	Liście		0,0157	0,0281				0,049
29.08.16	Owoce	d						nd
22.09.16	Część nadziemna*		0,0069					0,008
22.09.16	Korzenie		0,1814	0,0068			0,006	0,216
22.09.16	Owoce		0,0029					0,003
22.09.16	Gleba		0,0935	0,0628			0,0067	0,181

* Część nadziemna: liście i pędy

Na poletkach doświadczalnych, gdzie wcześniej wykryto DDT, ale przed wysadzeniem cukinii wprowadzono mikroorganizmy, większe ilości DDT wykryto w glebie i w korzeniach roślin, zdecydowanie mniejszą ilość pestycydu wykryto w liściach i pędach (części nadziemne) a zupełnie śladowe pozostałości DDT wykryto w owocach (Tab 10). W glebie w doświadczeniu bez mikroorganizmów w owocach nie stwierdzono pozostałości DDT (Tab. 4).

Tabela 11. Wyniki oceny poziomu DDT i metabolitów w roślinach **cukinii** wysadzonych na polu, na którym analitycznie stwierdzono obecność DDT oraz zastosowanych konsorcjów mikroorganizmów przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016 – ulepszona metoda analityczna (metoda opłukiwania)

Data pobrania	Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
		DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
		LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
		0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Micosat Uno									
13.09.16	Owoce - całość		0,0033					0,004	
13.09.16	Owoce - miąższ							nd	
13.09.16	Owoce - skórka		0,0127	0,0026				0,017	
22.09.16	Owoce - całość		0,0027					0,003	
22.09.16	Owoce – płukanie*							nd	
29.09.16	Owoce - całość							nd	
29.09.16	Owoce płukanie							nd	
29.09.16	Owoce - miąższ							nd	
29.09.16	Owoce - skórka							nd	
Micosat Fito									
13.09.16	Owoce - całość		0,0037		0,0029			0,007	
13.09.16	Owoce - miąższ		0,0034					0,004	
13.09.16	Owoce - skórka		0,0138	0,0037				0,019	
22.09.16	Owoce - całość		0,0029					0,003	
22.09.16	Owoce – płukanie*							nd	
29.09.16	Owoce - całość							nd	
29.09.16	Owoce płukanie*							nd	
29.09.16	Owoce - miąższ							nd	
29.09.16	Owoce - skórka							nd	

* badana ciecz po opłukiwaniu organów roślinnych

W owocach z poletek doświadczalnych, na których wcześniej wykryto DDT, ale przed wysadzeniem cukinii wprowadzono mikroorganizmy (Micosat Uno), w całych owocach i w skórce wykrywano śladowe ilości DDT, ale nie wykryto go w miąższu oraz w owocach płukanych (Tab. 11). Na poletkach na które wprowadzono mikroorganizmy (Micosat Fito) w początkowym

okresie uprawy wykrywano śladowe ilości DDT w owocach i w skórce, zaś jeszcze mniejsze w miąższu, ale w cieczy, którą opłukiwano owoce nie stwierdzono zawartości DDT.

Doświadczenie VII (wazonowe), Skierniewice, 2016

Wyniki tego doświadczenia zestawiono w tabelach 12 -14d

Tabela 12. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie przed i po okresie uprawy w niej różnych roślinach testowych, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Gleba	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Kukurydza		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Cukinia		0,0403	0,0301	0,0126				0,091
Lucerna		0,0455	0,0425					0,098
Dynia		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Micosat Uno		0,0431	0,0362	0,0532				0,141
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Kukurydza		0,0489	0,1299	0,0868				0,285
Cukinia		0,0403	0,0301	0,0126				0,091
Lucerna		0,0455	0,0425					0,098
Dynia		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Micosat Uno		0,044	0,1018	0,155				0,317

Analizując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 12), gdzie do gleby wprowadzono DDT oraz mikroorganizmy Micosat Uno a następnie wysiano lub wysadzono rośliny, stwierdzono, że jeśli rośliny kukurydzy, lucerny, cukinii i dyni uprawiano w glebie zawierającej DDT, wykrywano tę substancję w roślinach. Poziom pozostałości tylko w kukurydzy był wyższy, gdy rosła w wazonach z wyższym stężeniem wyjściowym DDT. Poziom DDT wykryty w innych roślinach był podobny, niezależnie od poziomu pestycydu w glebie.

Tabela 13. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w glebie i w różnych roślinach wysianych (lub sadzonych) w wazonach z glebą zawierającą DDT, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Dla roślin są to wyniki sumaryczne ze wszystkich badanych organów

Gleba i roślina	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Kukurydza - gleba		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Kukurydza - roślina		0,0102	0,0092					0,022

Cukinia – gleba		0,0403	0,0301	0,0126				0,091
Cukinia - roślina		0,1362	0,029	0,003				0,187
Lucerna – gleba		0,0455	0,0425					0,098
Lucerna - roślina		0,0081	0,008	0,0146				0,032
Dynia – gleba		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Dynia – roślina		0,0102	0,0092					0,022
Micosat – gleba		0,0431	0,0362	0,0532				0,141
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Kukurydza - gleba		0,0489	0,1299	0,0868				0,285
Kukurydza - roślina		0,0129	0,0447	0,0147				0,079
Cukinia – gleba		0,0403	0,0301	0,0126				0,091
Cukinia - roślina		0,0904	0,0719	0,013				0,194
Lucerna – gleba		0,0455	0,0425					0,098
Lucerna - roślina		0,0124	0,0277	0,0607				0,105
Dynia – gleba		0,0379	0,041	0,0252				0,113
Dynia – roślina		0,0894	0,2271	0,1377				0,489
Micosat – gleba		0,044	0,1018	0,155				0,317

Podsumowując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 13) stwierdzono, że jeśli rośliny kukurydzy, lucerny, cukinii i dyni uprawiano w glebie zawierającej DDT, do której dodano Micosat Uno, wykrywano DDT we wszystkich roślinach i w glebie, w której je uprawiano, chociaż w niektórych przypadkach poziom ten był niższy od poziomu wyjściowego DDT. Im wyższe było stężenie DDT w glebie, tym więcej pobierały go rośliny.

Tabela 14a. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w roślinach **kukurydzy** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Młode rośliny								nd
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0102	0,0092					0,022
Ziarno								nd
Wysoki poziom DDT								
Młode rośliny								nd
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0129	0,0447	0,0147				0,079
Ziarno								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

Analizując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 14a) z uprawą kukurydzy w glebie, do której wprowadzono DDT oraz mikroorganizmy Micosat Uno, a następnie wysiano nasiona, pozostałości DDT wykryto tylko w korzeniach roślin, i nieco wyższy poziom tam gdzie było większe stężenie DDT w glebie. W młodych roślinach i w części nadziemnej oraz w ziarnie nie stwierdzono obecności DDT.

Tabela 14b. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w roślinach **cukinii** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna*		0,0202						0,023
Korzenie		0,116	0,029	0,003				0,164
Wysoki poziom DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna*		0,0094	0,0119					0,024
Korzenie		0,081	0,06	0,013				0,170

* Część nadziemna: liście i pędy

Analizując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 14b) z uprawą cukinii w glebie, do której wprowadzono DDT oraz mikroorganizmy Micosat Uno a następnie wysiano nasiona, pozostałości DDT wykryto tylko w częściach nadziemnych (liście i pędy) i korzeniach rośliny, a poziom ten był podobny bez względu na stężenie DDT w glebie. W owocach nie stwierdzono obecności DDT.

Tabela 14c. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w roślinach **lucerny** wysadzonej w wazonach z glebą zawierającą DDT, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0081	0,008	0,0146				0,032
Wysoki poziom DDT								
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0124	0,0277	0,0607				0,105

* Część nadziemna: liście i pędy

Analizując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 14c) z uprawą lucerny w glebie, do której wprowadzono DDT oraz mikroorganizmy Micosat Uno a następnie wysiano nasiona, pozostałości DDT wykryto tylko w korzeniach rośliny, a poziom ten był skorelowany z wyjściowym poziomem DDT w glebie (niski poziom – mniej w korzeniach, wyższy poziom więcej). W częściach nadziemnych nie stwierdzono obecności DDT.

Tabela 14d. Wyniki oceny poziomu DDT i jego metabolitów w roślinach **dyni** wysianej w wazonach z glebą zawierającą DDT, oraz zastosowanego konsorcjum mikroorganizmów (Micosat Uno) przed wysadzeniem roślin, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Owoce								nd
Część nadziemna*								nd
Korzenie		0,0102	0,0092					0,022
Wysoki poziom DDT								
Owoce		0,002	0,0115	0,0108				0,026
Część nadziemna*		0,0426	0,1174	0,0418				0,219
Korzenie		0,0448	0,0982	0,0851				0,244

* Część nadziemna: liście i pędy

Analizując wyniki doświadczenia wazonowego (Tab. 14d) z uprawą dyni w glebie, do której wprowadzono DDT oraz mikroorganizmy Micosat Uno, a następnie wysiano nasiona, przy niższym poziomie pestycydu w glebie pozostałości DDT wykryto tylko w korzeniach roślin, zaś w wazonach z wyższym poziomem DDT jego pozostałości wykryto w części nadziemnej i korzeniach na podobnym poziomie, a znacznie (prawie 10 x) mniejsze ilości DDT wykryto w owocach.

Podsumowanie

Analiza wyników uzyskanych we wszystkich przeprowadzonych doświadczeniach (polowych i wazonowych) wskazuje, że zastosowanie mikroorganizmów wspomagało pobieranie przez rośliny z gleby pozostałości DDT i jego metabolitów. W przypadku zastosowanych w doświadczeniach konsorcjum mikroorganizmów istotnych różnic między nimi nie stwierdzono. W doświadczeniu wazonowym, w którym zastosowano dwa poziomy (niski i wysoki) DDT w glebie, wykrywano jego pozostałości głównie w korzeniach, ale śladowe ilości także w częściach nadziemnych. Jednak interesujący z punktu realizacji projektu jest też fakt, że zastosowane w doświadczeniach rośliny pobierały i akumulowały pozostałości DDT i jego metabolity oraz to, że po zastosowaniu konsorcjów mikroorganizmów (Micosat Uno i Fito) w niektórych roślinach wykrywano więcej pozostałości tego pestycydu.

PODZADANIE 2

Ocena podatności roślin stosowanych w uprawach ekologicznych na akumulację pozostałości DDT w glebie

Celem była ocena przydatności różnych roślin uprawnych (głównie roczne uprawy ogrodnicze) do pobierania i akumulowania pozostałości DDT i jego metabolitów z gleby. W celu realizacji tego zadania wykonano dwa doświadczenia: pierwsze doświadczenie polowe, drugie doświadczenie laboratoryjno-wazonowe.



Rośliny testowe w doświadczeniu wazonowym

Metodyki doświadczeń

Doświadczenie polowe polegało na pobieraniu prób gleby i roślin na nich uprawianych w różnych rejonach Polski, w celu określenia zawartości pozostałości DDT i jego metabolitów (Doświadczenie VIII).

Przeprowadzono również doświadczenie polowe w dwóch lokalizacjach, z którego próby analizowano metodą opłukiwania (Doświadczenie IX).

Doświadczenie laboratoryjno-wazonowe (Doświadczenie X) przeprowadzono w insektarium ZORS w Skierniewicach. Rośliny rosły w wazonach, w glebie, która została przygotowana według procedury opisanej w metodyce z dwoma poziomami zawartości DDT (niski - 0,143 mg/kg; oraz wysoki - 0,598 mg/kg). Wysiewu lub sadzenia roślin dokonano 16 czerwca 2016 roku. Pod koniec sezonu wegetacji danej rośliny różne jej części i gleba, w której rosła poddano analizie na zawartość DDT i jego metabolitów. Do badania w tym zadaniu na podstawie danych z literatury wytypowano rośliny należące do różnych grup botanicznych: truskawka (Rosaceae), malina (Rosaceae), kapusta (Brassicaceae), pomidor (Solanaceae), marchew (Apiaceae), jęczmień (Poaceae), kozłek lekarski (*Valeriana officinalis*, Caprifoliaceae), koleus (*Plectranthus scutellarioides*, Lamiaceae) i aksamitka (*Tagetes* sp, Asteraceae). Rośliny, które podejrzane były o to, że rosły w glebie zawierającej DDT i jego metabolity, a sadzone były w doświadczeniu, posadzono je również w glebę analitycznie sprawdzoną i nie zawierającą DDT i jego metabolitów.

Wyniki

Wyniki doświadczeń przedstawiają Tabele 15-20i.

Doświadczenie VIII (polowe)

Wyniki analiz wykonanych w tym doświadczeniu przedstawia Tabela 15.

Tabela 15. Poziom pozostałości DDT wykryty w roślinach uprawianych w różnych rejonach kraju

Roślina	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DTT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Kapusta, cz. nadziemna*								nd
Marchew, korzeń								nd
Marchew, korzeń								nd
Marchew, korzeń		0,0089						0,010
Pietruszka, cz. nadziemna*								nd
Pietruszka, korzeń								nd
Pasternak, cz. nadziemna*								nd
Pasternak, korzeń								nd
Seler, cz. nadziemna*								nd
Seler, bulwa								nd
Koper włoski, cz. nadziemna*								nd
Koper włoski, bulwa								nd
Por, część nadziemna*								nd
Por, korzenie		0,006						0,007
Cebula czerwona								nd
Cebula biała								nd
Cebula biała								nd
Dynia, owoce								nd
Dynia, owoce								nd
Gryka, cała roślina								nd
Rzepak, cała roślina								nd
Pszenżyto, cała roślina								nd
Facelia, cała roślina								nd
Gorzycza, cała roślina								nd
Wiśnia, owoce								nd
Porzeczka czarna - owoce								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Ziemniaki, bulwa								nd
Cukinia, owoce								nd
Cukinia, owoce		0,0033						0,004
Cukinia, owoce								nd
Pomidor, owoce								nd
Pomidor, owoce								nd
Pomidor, owoce								nd
Pomidor, owoc								nd
Fasola szparagowa, strąki								nd
Buraczki czerwone, bulwa								nd
Ogórek, owoce								nd
Szczaw, liście								nd
Rabarbar, cz. nadziemna*								nd
Koper ogrodowy, cz. nadziemna*								nd
Kukurydza, ziarno								nd
Soczewica, cała roślina								nd
Jabłoń, owoce								nd

Jabłoń, owoce								nd
Mieszanka zbóż, ziarno								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

Analiza poziomu pozostałości DDT w różnych roślinach i ich częściach, pobranych z różnych lokalizacji w kraju, wykazała, że bardzo śladowe ilości DDT (miligramy na kg) wykryto tylko w 3 próbach na 51 (Tab. 15). Były to korzenie marchwi, korzenie pora i owoce cukinii.

Tabela 16. Poziom pozostałości DDT w glebie i w roślinach na niej uprawianych (DDT wykryto wcześniej w glebie)

Gleba i pobrana roślina	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Brzostówka 1 - gleba		0,0112	0,0055	0,00905				0,0275
Kapusta, cz. nadziemna*								nd
Kapusta, korzenie		0,005						0,006
Marchew, cz. nadziemna*								nd
Marchew, korzeń								nd
Pietruszka, cz. nadziemna*								nd
Pietruszka, korzeń,								nd
Pasternak, cz. nadziemna*								nd
Pasternak, korzeń								nd
Seler, cz. nadziemna*								nd
Seler, bulwa								nd
Seler, korzeń		0,0229	0,0039	0,0083				0,038
Koper włoski, cz. nadziemna*								nd
Koper włoski, bulwa								nd
Koper włoski, korzeń								nd
Por, liście								nd
Por, korzenie		0,006						0,007
Cebula czerwona								nd
Cebula biała, Brzostówka								nd
Brzostówka 2 - gleba		0,0054	0,0028					0,009
Dynia, owoce								nd
Dębowa Góra - gleba	0,0198	0,0249	0,0667				0,1025	0,0198
Wiśnie, owoce								nd
Przeczek czarna, liście								nd
Skierniewice 1 - gleba		0,0247	0,0083	0,0203				0,057
Ziemniaki								nd
Cukinia								nd
Skierniewice 2 - gleba		0,0053		0,0069				0,013
Pomidor								nd
Skierniewice 3 - gleba		0,0282	0,0137	0,0113				0,058
Fasola szparagowa, strąki								nd
Buraczki czerwone, bulwa								nd
Cebula biała								nd
Marchew, korzeń								nd
Ogórek, owoce								nd
Ziemniak, bulwa								nd
Cukinia, owoce								nd
Szczaw, liście								nd
Rabarbar, cz. nadziemna								nd
Pomidor, owoce								nd
Koper ogrodowy, cz. nadziemna								nd

Wysokienice - gleba Dyń, owoce		0,0016		0,0022			0,004 nd
Suliszew – gleba Ziemniaki, bulwa		0,0033					0,004 nd
Kamion 1 Ziemniaki, bulwa		0,0167	0,0041				0,023 nd
Kamion 2 - gleba Ziemniaki, bulwa		0,0277	0,0082	0,0252			0,065 nd
Rosocha- gleba Marchew, Rosocha		0,0161 0,0089	0,0182	0,0609		0,0022	0,101 0,010
Kolonia Hołowienki Kukurydza, liście Kukurydza, ziarno		0,0064		0,0054			0,013 nd nd
Tchórznicza - gleba Porzeczka czarna, owoce Porzeczka czarna, liście		0,0149	0,0095	0,022			0,049 nd nd
Dąbrowiec k/Żdźzar - gleba Soczewica, cała roślina							nd nd
Jastrzębna k/Sztabina 1- gleba Ziemniak, bulwa Mieszanka zbóż, ziarno		0,0049	0,00405				0,01 nd nd
Żabówko - gleba Jabłoń, owoc Jabłoń, liście		0,0286	0,0233			0,0061	0,064 nd nd
Stepniczka - gleba Jabłoń, owoc Czereśnia, liście		0,0718	0,1387			0,0306	0,268 nd nd
Cetyń - gleba Ziemniaki, bulwa		0,0174		0,0207			0,040 nd

* Część nadziemna: liście i pędy

W kolejnym etapie tego doświadczenia oceniano poziom pozostałości DDT w roślinach, które rosły na polach, na których wykryto DDT (Tab. 16). W miejscowości Brzostówka (1 i 2) z 9 gatunków uprawianych roślin tylko w 3 próbach, czyli w korzeniach kapusty, selera i pora oraz 1 próbie w miejscowości Rosocha w marchwi wykryto śladowe ilości DDT. Na polach w miejscowościach Skierniewice, Dębowa Góra, Wysokienice, Kamion, Hołowienki Kolonia, Tchórznicza, Dąbrowiec k/Zdźzar, Jastrzębna k/Sztabina, Żabówko, Stepniczka i Cetyń wykryto DDT w glebie, ale nie wykryto w uprawianych roślinach. Wyniki te świadczą, że w warunkach polowych, stwierdzenie niewielkich ilości DDT nie jest równoznaczne ze skażeniem uprawianych na tej glebie roślin.

Doświadczenie IX (polowe) Skierniewice, 2016

Wyniki doświadczenia przedstawia Tabela 17-20i.

Tabela 17. Poziom pozostałości DDT w roślinach uprawianych na glebie, w której wcześniej wykryto DDT, Skierniewice, 2016 – ulepszona metoda analityczna (metoda opłukiwania)

	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Skierniewice 1 - gleba Pomidor, owoc Pomidor, liście		0,0053		0,0069				0,013 nd nd

Pomidor, korzenie								nd
Pomidor, korzenie, płukanie*								nd
Skierniewice 2 - gleba		0,0282	0,0137	0,0113				0,058
Pomidor, gleba -warstwa przykorzeniowa		0,0645	0,0203	0,1895	0,016			0,300
Pomidor, gleba - pozostałe		0,071	0,0298	0,1783	0,0152			0,306
Pomidor, owoc								nd
Pomidor, liście								nd
Pomidor, korzenie		0,0101						0,011
Pomidor, korzenie, płukanie*		0,0056	0,002					0,008

* badana ciecz po opłukiwaniu organów roślinnych

W kolejnym doświadczeniu podjęto próbę oceny pozostałości DDT w pomidorach uprawianych na glebie z wykrytym DDT (Tab. 17). Próby analizowano metodą opłukiwania tych części roślin, w których wykryto wcześniej DDT lub jego metabolity. W żadnej części pomidorów z gleby oznaczonej nr. 1 nie stwierdzono pozostałości DDT, także w zawiesinie po płukaniu korzeni. Analizując pomidory uprawiane na glebie oznaczonej Nr. 2 w liściach i owocach nie wykryto pozostałości DDT. Jednak wykryto je w glebie otaczającej korzenie i dalszej oraz w korzeniach i w zawiesinie po płukaniu korzeni. Wyniki te są zgodne z poprzednimi, gdzie wykazano, że jeśli nawet w glebie wykryto śladowe pozostałości DDT, nie było go w częściach jadalnych pomidora.

Doświadczenie X – (wazonowe), Skierniewice, 2016

Wyniki otrzymane z tego doświadczenia zestawiono w Tabelach 18-20a-i

Tabela 18. Wpływ uprawy różnych roślin testowych na poziom pozostałości DDT w glebie, po okresie ich uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice, 2016

	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Jęczmień		0,0436	0,0387	0,0094		0,0025		0,104
Pomidor - warstwa przykorzeniowa		0,0287	0,0284	0,0323				0,096
Pomidor - pozostała część		0,0388	0,0339	0,052				0,133
Koleus		0,0381	0,0385	0,078				0,163
Aksamitka		0,0418	0,043	0,1547				0,249
Truskawka		0,033	0,0404	0,0701				0,152
Malina		0,0315	0,0279	0,0536				0,120
Kozłek lekarski		0,0537	0,0613	0,1584				0,286
Kapusta		0,0473	0,0388	0,0821				0,178
Marchew		0,0535	0,0476	0,0737				0,186
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Jęczmień		0,0517	0,1312	0,0332		0,0025		0,239
Pomidor - warstwa przykorzeniowa		0,0361	0,0864	0,2547				0,391
Pomidor - pozostała część		0,0477	0,1265	0,1597				0,353
Koleus	0,0138	0,0451	0,1088	0,2361		0,017		0,441
Aksamitka		0,0461	0,1539	0,3989				0,621
Truskawka		0,0399	0,1275	0,2396				0,425

Malina		0,0421	0,0992	0,1663		0,0043		0,328
Kozłek lekarski		0,0604	0,1633	0,304				0,552
Kapusta		0,062	0,1673	0,2487		0,0027		0,506
Marchew		0,0629	0,1592	0,3346		0,0034		0,585

Analiza wyników przedstawionych w Tabeli 18 wskazuje, że w różnych roślinach uprawianych w glebie z dwoma poziomami DDT (0,143 i 0,598mg/kg), wykrywano go w roślinach, a poziom wykrycia był skorelowany z poziomem DDT w glebie i po okresie uprawy roślin był nieco niższy niż poziom wyjściowy przed posadzeniem roślin. Wyjątek stanowiła gleba, w której rosła aksamitka, gdzie odnotowano wyższy poziom DDT w glebie po okresie uprawy niż przed posadzeniem roślin.

Tabela 19. Wyniki wpływu uprawy różnych roślin testowych w glebie z dwoma poziomami DDT, na zawartość DDT i jego metabolitów w glebie i w roślinach, po okresie uprawy roślin, Skierniewice, 2016

Dla roślin są to wyniki sumaryczne ze wszystkich badanych organów

Gleba lub roślina	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,02935	0,03985	0,0661				0,143
Jęczmień - gleba		0,0436	0,0387	0,0094		0,0025		0,104
Jęczmień - roślina		0,033	0,019	0,01				0,068
Pomidor - gleba		0,03375	0,03115	0,04215				0,114
Pomidor - roślina		0,0046	0,0041	0,0033				0,013
Koleus - gleba		0,0381	0,0385	0,078				0,163
Koleus - roślina			0,008					0,009
Aksamitka - gleba		0,0418	0,043	0,1547				0,249
Aksamitka - roślina		0,0433	0,0229	0,053				0,127
Truskawka - gleba		0,033	0,0404	0,0701				0,152
Truskawka - roślina		0,0159	0,0096	0,0387				0,067
Malina gleba		0,0315	0,0279	0,0536				0,120
Malina - roślina		0,0132	0,0148					0,031
Kozłek lekarski - gleba		0,0537	0,0613	0,1584				0,286
Kozłek lekarski - roślina		0,0298		0,0926				0,126
Kapusta - gleba		0,0473	0,0388	0,0821				0,178
Kapusta - roślina		0,0075						0,008
Marchew - gleba		0,0535	0,0476	0,0737				0,186
Marchew - roślina	nd							nd
Wysoki poziom DDT								
Przed sadzeniem - gleba		0,0432	0,1031	0,4358				0,598
Jęczmień - gleba		0,0517	0,1312	0,0332		0,0025		0,239
Jęczmień - roślina		0,03	0,0593	0,0477				0,147
Pomidor - gleba		0,0419	0,10645	0,2072				0,372
Pomidor - roślina		0,0043	0,0098	0,0188				0,034
Koleus - gleba	0,0138	0,0451	0,1088	0,2361		0,017		0,441
Koleus - roślina			0,0205	0,0248				0,048
Aksamitka - gleba		0,0461	0,1539	0,3989				0,621
Aksamitka - roślina		0,0557	0,1032	0,2844				0,461
Truskawka - gleba		0,0399	0,1275	0,2396				0,425
Truskawka - roślina		0,0202	0,0259	0,1231				0,174
Malina gleba		0,0421	0,0992	0,1663		0,0043		0,328
Malina - roślina		0,0584	0,1261	0,3461				0,551
Kozłek lekarski - gleba		0,0604	0,1633	0,304				0,552

Kozłek lekarski - roślina		0,0249	0,0348	0,3582				0,425
Kapusta - gleba		0,062	0,1673	0,2487		0,0027		0,506
Kapusta - roślina	0,0017	0,0018	0,0018			0,0013		0,007
Marchew - gleba		0,0629	0,1592	0,3346		0,0034		0,585
Marchew - roślina		0,0049						0,005

Analiza wyników przedstawionych w Tabeli 19 wskazuje, że podczas uprawy różnych roślin w glebie ze zwiększonym poziomem DDT (0,143 i 0,598mg/kg), wykrywano go zarówno w glebie jak i w roślinach. Jeden wyjątek stanowiła marchew, kiedy w roślinach DDT nie wykryto, a wykryto go tylko w glebie, w której rosła, a była to gleba z niższym poziomem DDT. Poziom wykrywanego DDT w glebie był wyższy niż wykrywany w roślinach, ale generalnie poziom wykrycia był skorelowany z poziomem DDT w glebie.

Tabela 20a. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **jęczmienia**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna – młode rośliny								nd
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,033	0,019	0,01				0,068
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna – młode rośliny								nd
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,03	0,0593	0,0477				0,147

* Część nadziemna: liście i pędy

W jęczmieniu uprawianym w glebie o zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20a).

Tabela 20b. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **pomidora**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Owoce czerwone								nd
Owoce zielone								nd
Korzenie		0,0046	0,0041	0,0033				0,013
Cz. nadziemna*								nd
Wysoki poziom DDT								
Owoce czerwone								nd
Owoce zielone								nd
Korzenie		0,0043	0,0098	0,0188				0,034
Cz. nadziemna*								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

W pomidorze uprawianym w glebie o zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto także tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20b).

Tabela 20c. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **koleusa**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie			0,008					0,009
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie			0,0205	0,0248				0,048
Gleba bez zawartości DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie								nd
Gleba								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach koleusa uprawianego w glebie z zawartością dwóch poziomów DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20c). Ze względu na to, iż roślina ta była w doświadczeniu sadzona już jako sadzonka, a nie została sprawdzona gleba na której rosła w szkółce, dlatego też została posadzona również w glebę, w której analitycznie nie wykryto zawartości DDT i jego metabolitów. Jak wynika z Tabeli 20c, po okresie uprawy w takiej glebie nie stwierdzono ani w roślinie ani w glebie obecności DDT i jego metabolitów.

Tabela 20d. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **aksamitki**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0433	0,0229	0,053				0,127
Wysoki poziom								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0557	0,1032	0,2844				0,461
Gleba bez zawartości DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie								nd
Gleba	0,0039	0,0039	0,0036			0,0047		0,018

* Część nadziemna: liście i pędy

W aksamitce uprawianej w glebie o zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20d). Podobnie jak z roślinami koleusa ze względu na to, iż roślina ta była w doświadczeniu sadzona już jako sadzonka, a nie została sprawdzona gleba na której rosła w szkółce, dlatego też została posadzona również w glebę, w której analitycznie nie wykryto zawartości DDT i jego metabolitów. Jak wynika z Tabeli 20d, po okresie uprawy tej rośliny w „czystej” glebie nie wykryto pozostałości DDT i jego metabolitów w częściach naziemnych roślin i w korzeniach, jednak w takiej glebie stwierdzono obecność DDT i jego metabolitów. Stwierdzenie tego faktu wymaga potwierdzenia w dalszych badaniach tej rośliny, gdyż jeśli zostanie on potwierdzony będzie można uważać taką sytuację za jedno ze źródeł „nowych” skażeń gleby DDT i jego metabolitami.

Tabela 20e. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **truskawki**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Owoce								nd
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0159	0,0096	0,0387				0,067
Wysoki poziom DDT								
Owoce								nd
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0202	0,0259	0,1231				0,174

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach truskawki uprawianej w glebie o prowokacyjnie zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20e). DDT nie wykryto w owocach ani nawet w części nadziemnej truskawki.

Tabela 20f. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **maliny**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0132	0,0148					0,031
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0584	0,1261	0,3461				0,551

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach maliny uprawianej w glebie o zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20f).

Tabela 20g. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **kozłka lekarskiego**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0298		0,0926				0,126
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0249	0,0348	0,3582				0,425
Gleba bez zawartości DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie								nd
Gleba								nd

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach kozłka lekarskiego uprawianego w glebie o zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, a poziom zawartości był skorelowany z poziomem DDT w glebie (Tab. 20g). Podobnie jak z roślinami koleusa i aksamitki ze względu na to iż roślina ta była w doświadczeniu sadzona już jako sadzonka, a nie została sprawdzona gleba na której rosła w szkółce, dlatego też została posadzona również w glebę, w której analitycznie nie wykryto zawartości DDT i jego metabolitów. Jak wynika z Tabeli 20g, po okresie uprawy tej rośliny w „czystej” glebie nie stwierdzono obecności DDT i jego metabolitów w żadnej z badanej części rośliny ani w glebie.

Tabela 20h. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **kapusty głowiastej**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0075						0,008
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna*	0,0017	0,0018	0,0018			0,0013		0,007
Korzenie		0,0072		0,0349				0,043

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach kapusty głowiastej uprawianej w glebie z niskim poziomem DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach, natomiast jeśli kapusta rosła w glebie z wysokim poziomem DDT, jego pozostałości wykryto także w części nadziemnej, ale były one na 6-krotnie niższym poziomie niż w korzeniach (Tab. 20h).

Tabela 20i. Wpływ uprawy różnych roślin na poziom pozostałości DDT w roślinach **marchwi**, po okresie uprawy w glebie z dwoma poziomami zawartości DDT, Skierniewice 2016

Organ roślinny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Niski poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie								nd
Wysoki poziom DDT								
Cz. nadziemna*								nd
Korzenie		0,0049						0,005

* Część nadziemna: liście i pędy

W roślinach marchwi uprawianej w glebie o prowokacyjnie zwiększonej zawartości DDT jego pozostałości wykryto tylko w korzeniach roślin uprawianych w glebie o podwyższonej zawartości DDT i były to śladowe ilości (Tab. 20i).

Podsumowanie

Celem podzadania była ocena podatności roślin na akumulację pozostałości DDT i jego metabolitów w glebie. Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji można wnioskować, że są rośliny bardziej lub mniej podatne na pobieranie z gleby i akumulację DDT i jego metabolitów. Można również powiedzieć, że w dużym stopniu wykrywalności tego związku i jego metabolitów w roślinach uzależniona była od poziomu zawartości tego związku w glebie. Mimo tego, że DDT i jego metabolity wykrywano w roślinach to w dużym stopniu wykrywane były tylko w częściach niejadalnych tych roślin. Wyjątek może stanowić marchew, cukinia, kapusta głowiasta gdzie w niektórych przypadkach (zwłaszcza, gdy poziom DDT w glebie był wyższy) stwierdzano również ten związek w częściach jadalnych roślin. Po wykonaniu kolejnych badań będzie można ustalić listę roślin podatnych na akumulację DDT i jego metabolitów.

PODZADANIE 3

Ocena mikroorganizmów, które wykazują właściwości metabolizujące pozostałości DDT

Celem podzadania była ocena przydatności różnych mikroorganizmów w metabolizmie pozostałości DDT i jego metabolitów obecnych w glebie w celu zmniejszenia całkowitego zanieczyszczenia gleby.

Przeprowadzono doświadczenie szklarniowe, w którym użyto cztery gotowe konsorcja mikroorganizmów pod nazwą: Micosat Uno, Micosat Fito produkcji włoskiej firmy CCS Aosta SRL oraz EmFarma, EmFarma Plus produkcji polskiej firmy ProBiotics Polska Sp. z o.o.

Również wykonano doświadczenie laboratoryjne nad izolacją mikroorganizmów (grzybów) z pobranych próbek gleby, które w przyszłym roku będą testowane w warunkach szklarniowych.

Metodyki doświadczeń

Metodyka doświadczenia szklarniowego

Doświadczenie przeprowadzono w szklarni ZORS w Skierniewicach. W doświadczeniu użyto glebę przygotowaną według procedury opisanej w metodyce przygotowania gleby (poz.3), w dniu 29 lipca glebę wymieszano z mikroorganizmami przeznaczonymi do badań i wysiano nasiona cukinii odm. Soraya. Wykaz konsorcjów mikroorganizmów zastosowanych w doświadczeniu zestawiono w Tabeli 21. Na niektórych poletkach (poetka z EmFarma i EmFarma Plus) w dniu 17 sierpnia 2016 roku dodatkowo zastosowano te same mikroorganizmy w formie podlewania.

Tabela 21. Wykaz zastosowanych mikroorganizmów

Konsorcjum mikroorganizmów	Dawka	Sposób aplikacji
Micosat Uno	60 kg/ha	Mieszanie z podłożem
Micosat Fito	60 kg/ha	Mieszanie z podłożem
EmFarma	1 l / 100 l podłoża; 5% roztwór	Mieszanie z podłożem Podlewanie
EmFarma Plus	1 l / 100 l podłoża; 5% roztwór	Mieszanie z podłożem Podlewanie

Metodyka doświadczenia laboratoryjnego

Testy tolerancji były wykonane w celu wyselekcjonowania saprotroficznych grzybów glebowych lepiej przystosowanych do tolerowania różnych stężeń DDT. Tolerancja ta została wyznaczona poprzez ocenę pomiaru wzrostu (diametercznego i wzrostu biomasy) wszystkich rozpatrywanych gatunków w dwóch wariantach mediów: traktowane (z dodatkiem DDT) i kontrolne (bez dodatku DDT). Wyniki tolerancji wyrażane zostały: szybkością wzrostu na podłożu z dodatkiem DDT (R_t), w odniesieniu do wzrostu w pożywce kontrolnej (R_c), czyli $R_t:R_c$ lub w kategoriach wskaźnika tolerancji (TI), który opiera się na suchej masie biomasy grzybowej (Ceci et al, 2015; Colpaert et al, 2000; Fomina et al., 2003) używając następującej formuły:

$$TI_{sucha\ masa} = \left(\frac{s.m. traktowane\ mycelium}{s.m\ kontrol\ mycelium} \right) \times 100$$

Wyniki

Doświadczenie szklarniowe

Wyniki doświadczenia szklarniowego zestawiono w Tabeli 22-.

Tabela 22. Wpływ mikroorganizmów na zawartość DDT i jego metabolitów w glebie przed i po okresie uprawy roślin testowych (cukinia), Skierniewice, 2016

Gleba	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Przed sadzeniem - gleba		0,0742	0,1207	0,6096				0,826

Kontrola (bez mikroorganizmów)		0,0576	0,0569	0,2234				0,351
Micosat Uno		0,0485	0,068	0,2155				0,345
Micosat Fito		0,0488	0,0567	0,1815				0,299
EmFarma	0,0225	0,06	0,1018	0,0811		0,0331		0,322
EmFarma Plus		0,0494	0,0437	0,3101				0,414

Przed wysianiem roślin testowych w tym doświadczeniu stwierdzono zawartość całkowitego DDT na poziomie 0,8 mg/kg, natomiast po okresie uprawy roślin testowych z zastosowanymi mikroorganizmami zdecydowanie obniżył się poziom całkowitego DDT (Tabela 22).

Tabela 23. Wpływ zastosowanych konsorcjów mikroorganizmów na pobieranie przez rośliny testowe (cukinia) DDT i jego metabolitów, Skierniewice, 2016

Organ rośliny	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Przed sadzeniem - gleba		0,0742	0,1207	0,6096				0,826
Kontrola (bez mikroorganizmów)								
Owoce	nd							nd
Cz. nadziemna*		0,0104	0,006					0,018
Korzenie		0,062	0,0341	0,0612				0,168
Micosat Uno								
Cz. nadziemna*		0,0075	0,0081	0,0257				0,043
Korzenie		0,1149	0,0716	0,1447				0,352
Micosat Fito								
Cz. nadziemna*		0,0087	0,0091	0,031				0,051
Korzenie		0,0982	0,041	0,0473				0,202
EmFarma								
Owoce	nd							nd
Cz. nadziemna*		0,0053	0,0051	0,0121				0,024
Korzenie		0,0645	0,0407	0,0665				0,183
EmFarma Plus								
Cz. nadziemna*		0,0086	0,0118					0,023
Korzenie		0,0752	0,043	0,0727				0,204

* Część nadziemna: liście i pędy

Rozpatrując organy roślinne w części nadziemnej (liście i łodygi cukinii) najwięcej DDT zakumulowała cukinia z konsorcjum mikroorganizmów Micosat Fito, a najmniej rośliny rosnące z konsorcjum mikroorganizmów EMFarma i EmFarma Plus. Natomiast w korzeniach cukinia najwięcej zakumulowała, tam gdzie zastosowano konsorcjum mikroorganizmów Micosat Uno a najmniej, tak gdzie stosowano mikroorganizmy, które są w składzie EmFarma (Tabela 23).

Tabela 24. Wpływ mikroorganizmów na pobieranie przez rośliny testowe (cukinia) oraz zawartość w glebie DDT i jego metabolitów, Skierniewice, 2016

Gleba lub roślina	Zawartość DDT i jego metabolitów							SUMA DDT i metabolitów wyrażona jako DDT wg wzoru (1)
	DDE-o,p	DDE-p,p	DDD-p,p	DDT-p,p	DDT-o,p	DDD-o,p	DDM	
	LOQ (limit oznaczenia) (mg/kg)							
	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	
Przed sadzeniem - gleba		0,0742	0,1207	0,6096				0,826
Kontrola (bez mikroorganizmów) - gleba		0,0576	0,0569	0,2234				0,351
Kontrola (bez mikroorganizmów) - roślina		0,0724	0,0401	0,0612	0	0	0	0,186
Micosat Uno - gleba		0,0485	0,068	0,2155				0,345
Micosat Uno - roślina		0,1224	0,0797	0,1704	0	0	0	0,395
Micosat Fito - gleba		0,0488	0,0567	0,1815				0,299
Micosat Fito - roślina	0	0,1069	0,0501	0,0783	0	0	0	0,253
EmFarma - gleba	0,0225	0,06	0,1018	0,0811		0,0331		0,322
EmFarma - roślina	0	0,0698	0,0458	0,0786	0	0	0	0,207
EmFarma Plus - gleba		0,0494	0,0437	0,3101				0,414
EmFarma Plus - roślina	0	0,0838	0,0548	0,0727	0	0	0	0,227

Rozpatrując poziom DDT w glebie, w której rosły rośliny testowe i same rośliny to w niektórych przypadkach poziom wykrytego DDT był bardzo zbliżony np. tam gdzie zastosowano Micosat Uno nieco więcej DDT wykryto w roślinie niż w glebie, w której rosła ta roślina, ale w pozostałych przypadkach sytuacja była odwrotna.

Doświadczenie laboratoryjne

Kilka taksonów zostało wyizolowanych i zidentyfikowanych za pomocą konwencjonalnych metod określania grup taksonomicznych opartych na makro i mikro postaciach czystych kultur. Z zanieczyszczonych próbkach gleby wyizolowano gatunki z klasy Ascomycota i w mniejszej ilości z klas Chytridiomycota i Basidiomycota. Zakłada się, że niektóre rodzaje wykrytych grzybów będą zdolne do degradacji DDT, ponieważ wykazano, że zawierają szczepy, które znane są już z degradacji innych związków organicznych. Potwierdzenie tożsamości niektórych szczepów grzybów za pomocą technik molekularnych jest w toku.

Podsumowanie

Z badań, które przeprowadzono w tym podzadaniu wynika, iż odpowiednio dobrane konsorcja mikroorganizmów mogą wspierać pobieranie z gleby i akumulację DDT przez niektóre z roślin. Wszystkie zastosowane w bieżącym roku konsorcja mikroorganizmów (gotowe składy mikroorganizmów – przygotowywane przez firmy również w innych celach, np. w celu poprawy jakości gleby) sprzyjały pobieraniu z gleby DDT i jego metabolitów przez rośliny. Warto jednak w przyszłości podjąć badania nad wpływem tych mikroorganizmów na akumulację i rozkład

szkodliwych pozostałości DDT i jego metabolitów do związków neutralnych lub nieszkodliwych, przez rośliny i przez same mikroorganizmy.

Zidentyfikowane i wyselekcjonowane w doświadczeniu laboratoryjnym mikroorganizmy, o których wiadome jest że przyczyniają się do rozkładu innych niebezpiecznych substancji będą mogły być testowane w przyszłości do rozkładu związku DDT i jego metabolitów.

Podsumowanie końcowe

Analizując uzyskane wyniki należy podkreślić, że około 80% próbek gleby pobranych z różnych miejsc, zlokalizowanych na terenie 8 województw w całym kraju, zawierało pozostałości DDT.

Różnice w poziomie pozostałości w glebach z tych samych miejscowości mogą wynikać z różnego okresu pobierania próbek, a między lokalizacjami większe znaczenie może mieć klasa bonitacyjna i związana z tym zawartość różnych substancji organicznych, które mają większe lub mniejsze zdolności absorbcyjne związków DDT i jego metabolitów. Kolejnym czynnikiem, który ma duże znaczenie, jest fakt, jakie rośliny uprawiano dawniej na określonej glebie i jakie ilości DDT mogły być stosowane do ochrony tych roślin. Przykładowo w rejonach uprawy ziemniaków poziom pozostałości może być większy z racji regularnego stosowania tej grupy preparatów do zwalczania stonki ziemniaczanej.

Należy podkreślić, że w większości analiz gleby wykazano obecność DDT-p,p i DDE-p,p, podczas gdy inne metabolity (czyli obie formy DDD i DDT- (o,p)), wykrywano bardzo rzadko. DDT jako produkt handlowy jest mieszaniną kilku ściśle spokrewnionych związków. Izomer DDT-p,p, jest głównym składnikiem (77%) produktu, a izomer DDT-o,p stanowi tylko 15% tej mieszaniny. DDE i DDD tworzą równowagę. DDT i jego metabolity mogą ulatniać się z gleby do atmosfery, ale może być też rozkładany przez niektóre mikroorganizmy glebowe i zwykle powstaje wówczas DDE lub DDD. Prawdopodobnym jest, że niektóre z zanieczyszczonych próbek gleby, szczególnie te zawierające głównie izomer DDE-p,p zawierają zanieczyszczenia pochodzące z dawnego okresu, kiedy często stosowano DDT i w większych ilościach.

Analizując wyniki pozostałości DDT w różnych uprawianych roślinach, może nasuwać się sugestia, że niektóre gatunki roślin np. z rodziny dyniowatych (cukinia i dynia) wydają się być w stanie akumulować pozostałości pestycydu. Wydaje się także, że w wymienionych gatunkach roślin pozostałości mogą być transportowane (mogą przemieszczać się) do górnej części rośliny. Jednak zarówno proces pobierania (wychwytywania) jak i przemieszczania (translokacji) wydają się być zależne od dawki DDT zawartej w glebie. Uzyskane jednoroczne wyniki w wielu sytuacjach wskazywały, że istnieje korelacja pomiędzy poziomem zawartości DDT w glebie a pobieraniem i kumulowaniem. Przy wyższej dawce DDT w glebie, wyższy był poziom jego pozostałości w roślinach, czyli wyższa absorpcja i translokacja w roślinie. Jest również prawdopodobne, że wpływ może mieć także struktura systemu korzeniowego. Również inne gatunki roślin (tj. kukurydza) wydają się być zdolne do wychwytywania związków DDT, ale w mniejszym stopniu.

Analizując pozostałości DDT w różnych roślinach i ich częściach (nadziemnych, podziemnych i owocach) nasuwa się także sugestia, że korzenie w znacznie większym stopniu kumulują pozostałości DDT niż organy nadziemne, szczególnie owoce. Taka sytuacja byłaby korzystna dla konsumenta owoców a nawet zwierząt żywiących się nadziemnymi częściami roślin. Zagadnienie wydaje się być bardzo ciekawe z punktu widzenia zanieczyszczenia żywności. Dlatego też należy

podkreślić, że zagadnienia związane ze zdolnością fitoremediacji roślin są bardzo ważną kwestią, która wymaga dalszych badań.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można by domniemywać, że połączenie stosowania mikroorganizmów do gleby z uprawą roślin o zdolnościach fitoremediacyjnych jest obiecującą technologią. Jednakże, tylko jeden z czterech testowanych produktów (konsorcjum Micosat Uno) indukował znacząco wzrost możliwości pobierania DDT przez rośliny, chociaż po zastosowaniu innych produktów (Micosat Fito, EmFarma, EmFarma Plus) rośliny także wykazywały większą absorpcję związków DDT, w porównaniu z tymi bez mikroorganizmów. Jednak również w tym przypadku istnieje potrzeba optymalizacji sposobu nanoszenia i terminu stosowania oraz wyboru najlepiej absorbujących roślin.

Optymalizację wykorzystania produktów mikrobiologicznych może zwiększyć pozyskiwanie ich z gatunków i szczepów izolowanych z zanieczyszczonych gleb i dalsze namnażanie oraz wprowadzanie do gleby. Niektóre gatunki grzybów zostały już wyizolowane i są w trakcie identyfikacji gatunkowej. Planowane jest także wyizolowanie bakterii zdolnych do metabolizowania DDT i jego metabolitów. Dlatego też należy mieć nadzieję, że przy użyciu odpowiedniego inokulum i w oparciu o konsorcja mikroorganizmów można będzie dodatkowo zwiększyć skuteczność fito-bioremediacji i doprowadzić do zmniejszania zanieczyszczenia gleby do poziomu, który nie będzie mieć wpływu na wykrywanie pozostałości DDT i jego metabolitów w roślinach uprawianych na glebach skażonych w niewielkim stopniu (taki jest zwykle wykrywany po wielu latach zaniechania zabiegów ochrony roślin z użyciem DDT i jego pochodnych).

Jednak przedstawione wyniki pochodzą z badań jednorocznych i nie można na tej podstawie wysnuwać daleko idących wniosków.

Zalecenia dla sadownictwa ekologicznego

Po jednym roku przeprowadzonych badań nie można opracować przewodnika zabierającego porady i zalecenia dla producentów żywności ekologicznej zawierającego informacje na temat gatunków uprawnych, które mogą być bardziej podatne na bioakumulację DDT lub jego metabolitów (tegoroczne badania wymagają potwierdzenia w latach przyszłych), które mogą zmniejszyć ryzyko przypadkowej obecności pozostałości DDT w takich produktach. Jednak można zasugerować kilka praktycznych porad, na co należy zwracać szczególną uwagę:

- Wykonywać szczegółowe badania gleb pod względem pozostałości DDT ale również i jego metabolitów z uwzględnieniem tego, iż gleba jest dość dobrym absorbentem DDT i jego metabolitów, a więc należy pobierać po kilka prób do badań z różnych rejonów tego samego pola (ze względu na nierównomierne występowanie w glebie związków DDT).
- Zwracać uwagę na substancje, jakie stosowane są obecnie na plantacji, ze względu na to, że nawet produkty pochodzenia naturalnego (roślinnego) mogą zawierać pozostałości DDT i jego metabolitów, i mogą być źródłem skażenia.
- Unikać sadzenia lub wysiewania roślin, które wykazują działanie akumulujące, na glebach ze stwierdzonym występowaniem DDT i jego metabolitów, gdyż mogą kumulować szkodliwe substancje pochodne DDT w organach roślinnych przeznaczanych do spożycia. Podczas jednorocznych badań, zależnie od poziomu DDT w glebie, substancje tę stwierdziliśmy: w owocach cukinii, korzeniach marchwi oraz w części nadziemnej (liściach) kapusty). Natomiast

w dużej grupie roślin: kapusta, seler, por, pomidor, lucerna, kukurydza, dynia, jęczmień, truskawka, malina kozłek lekarski – DDT wykrywano, ale tylko w ich systemie korzeniowym, zaś w grupie: cukinia, dynia – w części nadziemnej (tj. liście i łodygi). Wprawdzie nie są to części przeznaczone do konsumpcji przez człowieka, ale niekiedy mogą stanowić karmę dla zwierząt, lub mogą być kompostowane, co może być również źródłem skażenia.

- Uprawa roślin takich jak: jęczmień, pomidor, malina, lucerna wykazywała pozytywny wpływ na obniżenie zawartości DDT i jego metabolitów w glebie. Jednak nie wyeliminowały całkowicie zawartości tej substancji z gleby. Wymaga to dalszych badań, jednak jeśli potwierdzi się ten wpływ, rośliny te będą mogły być uprawiane na glebach z DDT, ale po okresie uprawy będą musiały być utylizowane.

Działalność upowszechnieniowa

Wyniki uzyskane z badań będą przedstawiane na konferencjach i spotkaniach z producentami żywności ekologicznej, natomiast po uzyskaniu wyników z dalszych badań będą publikowane także w wydawnictwach branżowych.