

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/359650832>

Identyfikacja barier i sił napędowych produkcji oraz wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego – Identification of barriers and driving forces for the production and use of or...

Article in *Przemysł Chemiczny* · February 2022

DOI: 10.15199/62.2022.2.8

CITATIONS

0

READS

39

2 authors:



Marzena Smol

The Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sci...

116 PUBLICATIONS 1,384 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Katarzyna Kraj

The Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sci...

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



PhD Winter School - Entrepreneurship in the Circular Economy (CE) [View project](#)



INTERNATIONAL CONFERENCE ON "STRATEGIES TOWARD GREEN DEAL IMPLEMENTATION (ICGREENDEAL2020)" [View project](#)

Identification of barriers and driving forces for the production and use of organic fertilizers

Identyfikacja barier i sił napędowych produkcji oraz wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego

DOI: 10.15199/62.2022.2.8

The awareness, knowledge and attitude of farmers to the production and use of org. fertilizers was analyzed by collecting data from existing scientific publications. The obtained information was systematized using the PESTEL anal., taking into account political, economic, social, technological, legal and environmental factors, and was subjected to additional categorization with division into barriers and driving forces.

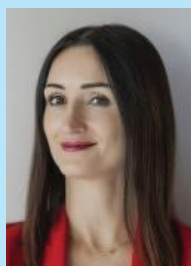
Wykorzystanie nawozów pochodzenia organicznego może w znaczący sposób przyczynić się do realizacji koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) i spełnienia założeń Europejskiego Zielonego Ładu. Komisja Europejska rekomenduje odzysk składników odżywczych z odpadów organicznych i ich wykorzystanie na gruntach, jednak istnieje wiele czynników utrudniających wprowadzenie i upowszechnienie takiego rozwiązania w praktyce. Przegląd publikacji naukowych umożliwił identyfikację sił napędowych oraz barier wykorzystania nawozów produkowanych z odpadów organicznych. Przedstawiono wieloobszarową analizę czynników z uwzględnieniem ich wpływu na badane zagadnienie oraz wzajemnych zależności.

Przeciwdziałanie zmianom klimatycznym, tworzenie sprawiedliwego i dostatniego społeczeństwa o nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce to główne cele strategii Europejskiego Zielonego Ładu¹⁾, który w 2019 r. ogłosiła Komisja Europejska (EU). Modelem gospodarczym umożliwiającym realizowanie powyższych założeń jest gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ), w której ilość wytwarzanych odpadów należy redukować, a surowce powinny pozostawać w obiegu najdłużej jak to możliwe²⁾. W przypadku odpadów organicznych traktowanie ich jako surowców wtórnych umożliwia odzysk składników odżywczych i przywrócenie ich do obiegu w postaci nawozów pochodzenia organicznego³⁾. Wykorzystanie takich nawozów, choć zgodne ze strategią Europejskiego Zielonego Ładu, jest zależne od wielu czynników. Aby nawozy pochodzenia organicznego mogły być produkowane i wprowadzane na rynek, należy zidentyfikować zewnętrzne przeszkody stwarzające niebezpieczeństwo niepowodzenia przedsięwzięcia. Jednocześnie niezbędna jest analiza sił napędowych i zalet, które mogą realnie wspomóc pokonywanie barier. Czynniki hamujące oraz napędzające wykorzystanie nawozów pochodzenia organicznego występują w obrębie różnych obszarów. Ich identyfikacja oraz prowadzona wieloobszarowa analiza umożliwiają lepsze zrozumienie zagrożeń odnoszących się do analizowanego zagadnienia^{4, 5)}.

Należy pamiętać, że zarówno nawozy konwencjonalne, jak i produkowane z odpadów organicznych stanowią potencjalne produkty komercyjne. W takim ujęciu koncepcję wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego należy postrzegać jako wprowadzenie na rynek nowego produktu. Oznacza to, że wytwarzanie oraz sprzedaż obarczone są ryzykiem, pomimo korzyści, jakie może przynieść wykorzystanie



Mgr inż. Katarzyna KRAJ w roku 2017 ukończyła studia magisterskie na kierunku górnictwo i geologia na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie, a w 2018 r. studia magisterskie na kierunku inżynieria środowiska na tym samym wydziale. Obecnie jest referentem w Pracowni Surowców Biogenicznych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie. Specjalność – mineralogia, gemmologia, inżynieria mineralna.



Dr hab. Marzena Smol, prof. IGSMiE PAN, w roku 2010 ukończyła studia magisterskie na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (obecnie Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie), a w 2013 r. na Wydziale Zarządzania Politechniki Częstochowskiej. Stopień doktora uzyskała w 2015 r. na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Częstochowskiej. W 2021 r. uzyskała stopień naukowy doktora habilitowanego na Politechnice Śląskiej. Obecnie jest profesorem w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie, pełniąc jednocześnie funkcję kierownika Pracowni Surowców Biogenicznych. Specjalność – inżynieria środowiska (odzysk surowców z odpadów, w tym fosforu) i zarządzanie środowiskiem (gospodarka o obiegu zamkniętym i strategię wdrażania Zielonego Ładu w biogospodarce).

* Adres do korespondencji:

Pracownia Surowców Biogenicznych, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków, tel.: (12) 617-16-53, e-mail: kraj@min-pan.krakow.pl

tych produktów w celu realizacji założeń Europejskiego Zielonego Ładu.

Celem pracy była identyfikacja czynników wpływających na wykorzystanie oraz produkcję nawozów pochodzenia organicznego, wytwarzanych z odpadów. Analizowane czynniki polityczne, ekonomiczne, społeczne, technologiczne, prawne oraz środowiskowe zostały poddane dodatkowej kategoryzacji. Zastosowano względem nich podział na bariery i siły napędowe. Ocena wpływu poszczególnych czynników (jako korzystnych lub niekorzystnych) na analizowane zagadnienie w znacznym stopniu warunkowana była opiniami interesantów przedstawionymi w pracach naukowych.

Część badawcza

Metodyka badań

W pracy wykorzystano metodę analizy danych zastanych⁶⁾, czyli przegląd publikacji naukowych dostępnych w bazach artykułów recenzowanych, takich jak BazTech, Elsevier, ScienceDirect, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) oraz Google Scholar⁷⁾. Podczas wyszukiwania prac naukowych, w których dokonana została analiza postaw, świadomości oraz nastawienia rolników do produkcji oraz wykorzystania różnych rodzajów nawozów pochodzenia organicznego, zastosowano następujące słowa kluczowe: *farmer, farmer survey, bio-based fertilizers, fertilizers from waste, farmers attitude*, rolnicy, nawozy z odpadów, nawozy organiczne i akceptacja społeczna. Wśród analizowanych prac 3 dostępne były w języku polskim, a 46 w języku angielskim. Przeprowadzona analiza danych zastanych pozwoliła na identyfikację barier oraz zachęt do stosowania nawozów pochodzenia organicznego, powstających z odpadów. W drugim etapie badań, w celu usystematyzowania informacji uzyskanych w drodze przeglądu literatury oraz oceny istniejących możliwości zwiększenia wykorzystania nawozów z odpadów przez rolników, przeprowadzono analizę PESTEL, która uwzględnia następujące aspekty: P – polityczne (*political*), E – ekonomiczne (*economic*), S – społeczne (*social*), T – technologiczne

(*technological*), E – środowiskowe/ekologiczne (*environmental*) oraz L – prawne (*legal*)^{8, 9)}.

Analiza PESTEL jest narzędziem wykorzystywanym w sytuacyjnej analizie biznesowej i stanowi narzędzie planowania strategicznego, umożliwiające ocenę zewnętrznych wpływów poszczególnych obszarów na dane przedsięwzięcie. Dzięki zastosowaniu metody PESTEL możliwe jest lepsze dostosowanie planu działania do wymagań rynku oraz potrzeb odbiorców, ukierunkowanie działań tak, aby wykorzystać najlepsze dostępne na rynku praktyki i możliwości. Lepsze zrozumienie słabych stron pozwala na zniwelowanie niebezpieczeństwa powielania popełnianych błędów, zmniejszając ryzyko niepowodzenia^{10, 11)}. Metoda PESTEL może być wykorzystywana do analizy otoczenia przedsiębiorstwa lub organizacji, rozwoju regionów, miast⁹⁾, a także wybranych sektorów gospodarczych^{12–14)}, w tym sektora rolniczego w Polsce.

W pracy dla każdego z obszarów metody PESTEL zidentyfikowano zakres barier oraz sił napędowych do wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego, ze szczególnym uwzględnieniem nawozów z odpadów. Metoda PESTEL, jako narzędzie umożliwiające analizę zewnętrznych wpływów na dane zagadnienie, może podlegać modyfikacjom w zależności od założonych celów i posiadanych materiałów. Dopuszczalne jest łączenie aspektów, włączenie do analizy nowych czynników lub pomijanie tych, które nie są istotne dla danego przypadku¹⁰⁾. Ze względu na specyficzną rolę działań politycznych w sektorze nawozowym, koncentrującą się w dużej mierze na funkcji ustawodawczej, czynniki polityczne oraz prawne zostały w pracy połączone w obszar prawno-polityczny¹⁴⁾. Proponowany zakres analizy przedstawiono w tabeli 1.

Poszczególne czynniki z różnych obszarów wiążą się ze sobą i wzajemnie z siebie wynikają, niejednokrotnie pokrywając się⁹⁾. Ponieważ w analizowanych pracach naukowych w większości przypadków nie dokonywano klasyfikacji opisywanych czynników, zastosowany podział był efektem analizy przeprowadzonej przez autorów. Zaproponowana przynależność poszczególnych czynników do sektorów, której dokonano na potrzeby pracy, nie powinna być zatem traktowana jako sztywna i niezmienna.

Table 1. Criteria for assigning individual factors to the areas of PESTEL analysis (Source: Own elaboration based on^{8, 9)}.

Tabela 1. Kryteria przypisywania poszczególnych czynników do obszarów analizy PESTEL (Źródło: Opracowanie własne na podstawie prac^{8, 9)})

Obszar	Opis analizowanych aspektów	
	bariery	siły napędowe
Polityczny	brak inicjatyw na szczeblu centralnym przyczyniający się do zmniejszenia możliwości lub spadku opłacalności stosowania nawozów pochodzenia organicznego, wpływający na brak zainteresowania ich wykorzystaniem	działania polityczne przyczyniające się do recyklingu składników odżywczych poprzez zwiększone zastosowanie nawozów pochodzenia organicznego
Ekonomiczny	czynniki powodujące spadek opłacalności wprowadzenia do oficjalnego obrotu i wykorzystywania nawozów pochodzenia organicznego	czynniki podnoszące ekonomiczną konkurencyjność nawozów pochodzenia organicznego w stosunku do innych dostępnych możliwości oraz aspekty związane z opłacalnością ich produkcji i stosowania
Społeczny	uwarunkowania oraz trendy występujące w obrębie danego społeczeństwa, będące podstawą negatywnego stosunku do wykorzystywania odpadów organicznych w procesie produkcji żywności	czynniki powodujące wzrost zapotrzebowania oraz zwiększające społeczną akceptację zarówno dla nawozów pochodzenia organicznego, jak i produktów rolnych otrzymanych z upraw nimi nawożonych
Technologiczny	braki technologiczne, ograniczone możliwości przetwórcze lub zbyt wysokie koszty procesowe utrudniające lub uniemożliwiające osiągnięcie wymaganej jakości lub ekonomicznie opłacalnej ceny produktu końcowego	możliwości poprawy jakości nawozów pochodzenia organicznego lub obniżenia kosztów produkcji, jakie niosą za sobą istniejące oraz rozwijane technologie
Środowiskowy	negatywne wpływy, jakie mogą wywierać nawozy pochodzenia organicznego na środowisko naturalne (w tym glebę) oraz klimat	korzyści wynikające z zastosowania nawozów pochodzenia organicznego, również te wynikające z częściowego lub całkowitego zastąpienia nimi nawozów mineralnych oraz wiążącego się z tym odpowiedniego zagospodarowania odpadów organicznych
Prawny	bariery wynikające z legislacyjnych ograniczeń w produkcji lub zastosowaniu nawozów pochodzenia organicznego, braku narzędzi prawnych lub ich niedostosowania do potrzeb rozwijania rynku	ułatwienia prawne sprzyjające rozwojowi produkcji i handlu oraz upowszechnianiu wykorzystywania nawozów pochodzenia organicznego

Wyniki badań

Identyfikacja barier oraz sił napędowych

Wyniki analizy postaw, wiedzy oraz nastawienia rolników do produkcji oraz stosowania nawozów pochodzenia organicznego, przeprowadzonej za pomocą metody PESTEL, przedstawiono w tabelach 2 i 3, z wyszczególnieniem źródeł danych. Tak sklasyfikowane bariery oraz zachęty poddano opisowej analizie.

Czynniki, zarówno pozytywne (siły napędowe), jak i niekorzystne (bariery), zostały przypisane do poszczególnych obszarów metody PESTEL: prawno-politycznego, ekonomicznego, społecznego, technologicznego i środowiskowego. Przypisanie poszczególnych czynników do obszarów pomaga w podejmowaniu działań zapobiegającym trudnościom oraz umożliwia efektywne wykorzystanie istniejących szans i wzmacnianie mobilizującego wpływu zachęt. Następnie dokonano opisowej analizy konkretnych obszarów metody PESTEL, z uwzględnieniem czynników ujętych w tabelach. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest dostosowanie i ukierunkowanie działań mających na celu wdrożenie produkcji i rozwój rynku nawozów z odpadów pochodzenia organicznego.

Czynniki prawno-polityczne

Czynniki prawne oraz polityczne zostały przedstawione razem, gdyż ich wpływ na przemysł nawozowy trudno jest rozgraniczyć. Skutecznie prowadzona polityka mająca na celu wspieranie rozwoju rynku nawozów pochodzenia organicznego powinna iść w parze z odpowiednimi narzędziami prawnymi²⁴. Wprowadzając regulacje prawne, zarówno lokalnie, jak i na poziomie międzynarodowym, rządy mogą w znaczący sposób wpłynąć na odzysk składników odżywczych, produkcję nawozów pochodzenia organicznego i ich zastosowanie⁸.

Barieri

Maksymalne ilości dostarczanego do środowiska azotu⁴² i limity zanieczyszczeń⁴³, jakie mogą zawierać nawozy są regulowane prawnie. Oznacza to wprowadzanie ograniczeń w stosowaniu nawozów organicznych w celu ochrony środowiska naturalnego przed wpływem zanieczyszczeń emitowanych przez sektor rolniczy³¹.

Brak regulacji określających sposoby rolniczego zagospodarowania odpadów organicznych również może wpływać na propagację zanieczysz-

Table 2. Barriers of bio-based fertilizers production and usage

Tabela 2. Bariery produkcji i stosowania nawozów pochodzenia organicznego

Obszar	Bariery	Źródło
Prawno-polityczny	brak regulacji prawnych wspierających rolnicze wykorzystanie odpadów organicznych	3, 9
	prowadzenie polityki opartej wyłącznie na zmniejszaniu nadwyżek i ograniczaniu zanieczyszczenia	11, 14, 22
	brak dostępnych dotacji oraz kredytów, które mogłyby stanowić zachętę do przetwarzania odpadów i wykorzystania ich jako nawozów	9, 19
	brak odpowiedniej klasyfikacji uwzględniającej wszystkie rodzaje nawozów	10
Ekonomiczny	zmienna zawartość składników odżywczych oraz brak jednorodności w odpadach organicznych, powodujące trudności w doborze odpowiednich dawek	15–17
	wysokie koszty transportu surowców wtórnych oraz nawozów pochodzenia organicznego	15, 16
	koszty przetwarzania odpadów organicznych mogą powodować, że uzyskanie nawozów o satysfakcjonującej jakości będzie nieopłacalne	16, 17
	brak natychmiastowej dostępności składników odżywczych z nawozów pochodzenia organicznego	15, 16
	ryzyko obniżenia plonów w stosunku do upraw nawożonych konwencjonalnie	5, 18, 19
Społeczny	nieprzyjemny zapach wiążący się z zastosowaniem nawozów z odpadów, stanowiący problem dla najbliższego otoczenia	15, 17
	niechęć do zmiany obecnie stosowanych nawozów, zwłaszcza wśród starszych rolników	15–18
	kierowanie się fałszywym wyobrażeniem o nawozach pochodzenia organicznego, brak wiedzy o ich cechach i działaniu	5, 20
	uwarunkowania kulturowe lub religijne powodujące niechęć do wykorzystywania poszczególnych grup odpadów	8, 21
Technologiczny	zbyt niska jakość produktu końcowego, niespełnianie wymagań odbiorców	15–17, 22
	brak odpowiedniej infrastruktury produkcyjnej	23, 24
	trudności technologiczne w usuwaniu niektórych zanieczyszczeń, wzrost kosztów przetwarzania powodowany ich obecnością w odzyskiwanym surowcu	25, 26
	zbyt duża konkurencja w postaci nawozów mineralnych, nieopłacalność procesu	24, 27, 28
	problemy z określeniem ilości dostępnego substratu	23
	wysokie koszty recyklingu zmniejszające opłacalność produkcji	28, 29
	brak jednolitych kryteriów do oceny metod odzysku i przetwarzania	30
	brak wiedzy na temat długofalowych efektów działania nowych nawozów w praktyce	31, 32
Ekologiczny	przekraczanie dopuszczalnych dawek składników pokarmowych podczas aplikacji nawozów pochodzenia organicznego	16, 33–35
	zwiększona emisja spalin powodowana transportem odpadów organicznych do produkcji nawozów pochodzenia organicznego	5
	duże zawartości soli oraz silne zakwaszenie części substancji stosowanych w rolnictwie jako nawozy	21, 36
	możliwość emisji zanieczyszczeń powietrza, gazów cieplarnianych, nieprzyjemnych zapachów	19, 20, 29, 37
	ryzyko rozprzestrzeniania chwastów, powstawanie zakłóceń w rodzimych ekosystemach	37
	obecność zanieczyszczeń w nawozach pochodzenia organicznego	17, 22, 23, 27, 29, 38

Table 3. Drivers of bio-based fertilizers production and usage

Tabela 3. Siły napędowe produkcji i stosowania nawozów pochodzenia organicznego

Obszar	Siły napędowe	Źródło
Prawno-polityczny	podatki za niesegregowanie odpadów, składowanie ich lub spalanie, opłaty za wykorzystywanie nawozów mineralnych	4, 15
	zachęty w postaci dotacji mogą dodatkowo rozwiązać problem kosztownego transportu	9, 24
	regulacje mające na celu ułatwienie handlu międzynarodowego	9, 11
	wprowadzenie systemu kontroli jakości zwiększy zaufanie do nawozów pochodzenia organicznego	24
	możliwość wprowadzenia instalacji umożliwiającej odzysk składników odżywczych w oczyszczalniach ścieków	15, 27
Ekonomiczny	możliwość poprawy składu oraz właściwości fizycznych nawozu tak, aby zmniejszyć koszty jego stosowania i podnieść osiągane korzyści ekonomiczne	5, 15, 36, 32
	obniżenie kosztów wiążące się z niższą ceną nawozów pochodzenia organicznego w stosunku do nawozów syntetycznych	8, 36
	aplikacja nieprzetworzonych odpadów lub własnych kompostów pozwalająca na redukcję kosztów związanych z zakupem nawozów	15
	możliwość zastosowania jako nawozów produktów powstałych w biogazowniach, co stanowi oszczędność energii i surowców	24, 36, 37, 39
	wzrost niezależności krajów Unii Europejskiej od importu surowców z krajów trzecich	38, 40, 41
	wysoka zawartość materii organicznej może wpływać na zwiększenie plonowania	5, 16
Społeczny	możliwość kształtowania nastawienia rolników poprzez dostęp do technicznych informacji i wiedzy eksperckiej	21, 22, 33
	obserwacja pozytywnych efektów stosowania nawozów pochodzenia organicznego w sąsiedztwie	5
	podatność rolników na wpływy i wymagania otoczenia, przyczyniająca się do propagacji idei wykorzystywania nawozów pochodzenia organicznego	21
Technologiczny	różnorodność dostępnych oraz opracowywanych metod przetwarzania odpadów organicznych i odzysku składników odżywczych	15, 23, 25, 27, 30, 31, 36, 40, 41
	duża różnorodność substratów, pozwalająca na większą różnorodność otrzymywanych produktów	15, 27
	możliwość polepszenia właściwości odpadów i nawozów	19, 23, 25, 27, 31
Ekologiczny	wysoka zawartość węgla organicznego korzystnie wpływająca na strukturę i żyzność gleby, poprawiająca jej zdolność zatrzymywania wilgoci oraz zmniejszająca ryzyko wymywania składników odżywczych	8, 15, 16, 22, 36
	zmniejszenie powierzchni składowisk oraz strat składników odżywczych z surowców wtórnych	15, 32, 33
	zmniejszenie wykorzystania zasobów nieodnawialnych oraz emisji zanieczyszczeń generowanych podczas produkcji nawozów syntetycznych	36, 38
	zmniejszenie wymywania z terenów uprawnych składników odżywczych, spadek powodowanych nimi zanieczyszczeń	8, 37

czeń. Przykładem może być zanieczyszczenie Morza Śródziemnego spowodowane zrzućaniem przez Izrael do zbiornika oczyszczonych ścieków. Pomimo zakazania tej praktyki i podjęcia decyzji o przetwarzaniu osadów ściekowych na nawóz, w Izraelu nie podjęto kroków prawnych, które regulowałyby rolnicze wykorzystanie takich nawozów⁸⁾. Z kolei brak regulacji dotyczących odzysku fosforu podczas unieszkodliwiania osadów ściekowych pozwala na stosowanie metod oczyszczania nie-

możliwiających rolnicze wykorzystanie strąconego fosforu²⁷⁾.

Prowadzenie polityki opartej na ograniczaniu nadwyżek składników odżywczych może jednak kształtować sposób, w jaki rolnicy będą postrzegać nawozy pochodzenia organicznego¹⁰⁾. W Danii, gdzie zgodnie z przepisami od lat produkcja odpadów rolniczych jest redukowana, wycena nawozów pochodzenia organicznego przez rolników jest niższa niż w przypadku krajów, takich jak Niderlandy i Belgia¹⁷⁾.

Ponadto z punktu widzenia produkcji nawozów pochodzenia organicznego część aktów prawnych nie jest dostosowana do nowych produktów i nie uwzględnia ich specyficznych właściwości. Część nawozów pochodzenia wtórnego, choć produkowana z odpadów organicznych, pod względem składu i sposobu działania powinna zostać zaklasyfikowana jako nawozy mineralne²⁷⁾. Nawozy te, wg dyrektywy azotanowej traktowane jako organiczne, są więc uwzględniane w limitach aplikacji azotu. Nawóz, który z prawnego punktu widzenia traktowany jest na równi z odpadami odzwierzęcymi, w oczach rolnika traci na wartości, co może powodować spadek opłacalności produkcji¹⁰⁾.

Opłacalność produkcji nawozów pochodzenia organicznego zależy jednak nie tylko od popytu i ceny, jaką rolnicy będą gotowi zapłacić za nie. Produkcja taka wymaga bowiem budowy nowych instalacji oraz zaplanowania procesów przetwórczych w sposób dostosowany do specyficznego substratu, jakim są surowce wtórne²⁴⁾. Brak dotacji rządowych na infrastrukturę do przechowywania i przetwarzania surowców pochodzenia organicznego może stanowić poważną przeszkodę. Jest to istotne zwłaszcza z punktu widzenia mniejszych podmiotów (np. gospodarstw rolniczych), planujących rozpoczęcie przetwarzania odpadów organicznych¹⁵⁾.

Siły napędowe

Odpowiednio dobrane narzędzia prawne mogą wspomagać procesy odzysku składników odżywczych,

wpływając w ten sposób na opinię rolników o nawozach pochodzenia organicznego¹¹⁾. Ponieważ identyfikacja prawno-politycznych sił napędowych była prowadzona na podstawie dostępnych prac naukowych, nie zostały w niej uwzględnione obecnie wprowadzane zmiany regulacji. Jako siły napędowe uwzględniono więc głównie działania możliwe do podjęcia, mające na celu upowszechnienie produkcji i stosowania nawozów pochodzenia organicznego. Działania te w analizowanych

pracach naukowych były przedstawiane jako przeciwwaga opisanych barier i proponowane rozwiązania zidentyfikowanych trudności.

Jednym z podstawowych problemów stanowiących bariery dla odzysku jest nieodpowiednie zarządzanie surowcami wtórnymi. Brak selektywnego zbierania odpadów może znacznie zwiększać późniejsze koszty ich przetwarzania²⁹⁾. Składowanie i spalanie mogą prowadzić do powstawania zanieczyszczeń³⁷⁾. Rozwiązaniem problemu może być wprowadzanie podatków i nakładanie kar za brak odpowiedniej gospodarki odpadami. Jednocześnie istotne jest udzielanie finansowego wsparcia na rzecz rozwiązań umożliwiających odzysk składników odżywczych²⁴⁾. Udzielanie dotacji i ułatwienia prawne w zakładaniu małych zakładów przetwarzających odpady organiczne w miejscu ich powstawania może zmniejszyć problem związany z kosztami transportu i powstającymi w jego trakcie stratami¹⁵⁾. Prawne wsparcie odzysku substancji odżywczych z odpadów *in situ* może odbywać się również w wyniku rekomendowania i wspierania modernizacji oczyszczalni ścieków^{15, 27)}. Rozwiązaniem może być też wprowadzenie regulacji prawnych ułatwiających międzynarodowy transport odpadów i nawozów pochodzenia organicznego⁹⁾. Może to stworzyć szansę na szersze wykorzystanie tego typu produktów, również w krajach, w których produkcja jest nierentowna¹¹⁾. Handel i promowanie szerszego zastosowania nawozów pochodzenia organicznego wymagają zwiększenia zaufania klienta, jakim jest rolnik, do oferowanego produktu. W promowaniu nawozów pochodzenia organicznego jako pełnowartościowych produktów znaczącą rolę może odegrać wprowadzenie dostosowanego do nich systemu kontroli jakości.

Czynniki ekonomiczne

Aby nawozy pochodzenia organicznego mogły stanowić pełnowartościowy produkt, który jest konkurencyjny w stosunku do produktów już dostępnych w oficjalnej sprzedaży, ich wykorzystanie musi nieść za sobą korzyści ekonomiczne^{16, 20)}. Procesy produkcyjne nie mogą zatem przynosić strat, a cena produktu końcowego powinna być atrakcyjna dla potencjalnych nabywców^{17, 22)}. Bariery i korzyści ekonomiczne dotyczą zarówno czynnika związanego z cenami samych nawozów, jak i ilości i jakości plonów osiąganych z wykorzystaniem niekonwencjonalnych metod nawożenia.

Bariery

Nawozy pochodzenia organicznego na ogół cechuje niższa zawartość składników odżywczych niż w przypadku nawozów pochodzenia chemicznego¹⁹⁾. Oznacza to, że całkowita rezygnacja z nawozów mineralnych i aplikacja wyłącznie nawozów pochodzenia organicznego może powodować zmniejszenie ilości plonów²⁰⁾. W przypadku świadomej decyzji (np. rolników prowadzących działalność ekologiczną) o zastosowaniu nawozów zapewniających ograniczone plony, istotne jest osiągnięcie odpowiednio wyższej jakości produktów rolnych. Jakość ta powinna mieć odzwierciedlenie w cenie, umożliwiającej rolnikowi osiągnięcie satysfakcjonujących korzyści ekonomicznych¹⁸⁾.

Ze względu na niższą koncentrację składników odżywczych, pełne zaspokojenie potrzeb plonów wymaga aplikacji większej ilości nawozu, niż miałyby to miejsce w przypadku nawozu konwencjonalnego. Aplikacja większych objętości nawozu wiąże się z wykorzystaniem cięższych maszyn, mogących uszkodzić plony oraz doprowadzić do zagęszczenia gleby^{15, 16)}. Ponadto część rolników nie posiada maszyn dostosowanych do aplikacji nawozów pochodzenia organicznego¹⁵⁾. W takich przypadkach aplikacja niekonwencjonalnych nawozów wiązałaby się dla użytkownika z dodatkowymi obciążeniami finansowymi^{15, 17)}.

Do poważnych barier wiążących się ze zwiększoną objętością nawozów pochodzenia organicznego zaliczyć można wysokie koszty ich transportu⁹⁾. Koszty te stają się tym bardziej istotne, że obszary, które cechuje zwiększona produkcja odpadów organicznych (farmy hodowlane, aglomeracje), często znajdują się w oddaleniu od gospodarstw rolnych¹⁵⁾.

W przypadku nawozów pochodzenia organicznego problematyczne może być dostosowanie odpowiedniej dawki oraz rodzaju nawozu tak,

aby zaspokoić w pełni zapotrzebowanie upraw. W przypadku nawozów, których skład może ulegać zmianom w kolejnych sezonach, trudno o jednoznaczną i uniwersalną instrukcję stosowania. Pewien stopień nieprzewidywalności składu surowca, z którego powstają nawozy pochodzenia organicznego¹⁵⁾, może dostarczać uprawom niewystarczającą ilość składników odżywczych. W takich przypadkach istnieje ryzyko zmniejszenia plonów nawożonych nawozami pochodzenia odpadowego, a więc strat finansowych dla rolnika^{10, 11)}.

Tym, co odróżnia nawozy pochodzenia organicznego od mineralnych jest również fakt, że zawarte w nich składniki odżywcze zazwyczaj stają się przyswajalne dla upraw dopiero po zajściu procesu mineralizacji⁴⁴⁾. Wymaga to dostosowania terminarza nawożenia do czasu mineralizacji azotu oraz harmonogramu zapotrzebowania upraw i stanowi dla rolnika dodatkową komplikację¹⁹⁾. Zmiana składu i właściwości nawozów pochodzenia organicznego wiąże się z procesami przetwarzania, które generują koszty^{16, 30)}. Procesy te nie zawsze są w stanie zapewnić satysfakcjonującą jakość produktu końcowego, zwłaszcza gdy potencjalny odbiorca oczekuje produktu ulepszanego w stosunku do nawozu konwencjonalnego, ale w niższej cenie¹⁵⁾.

Siły napędowe

Niektóre nawozy pochodzenia organicznego, jako rozwiązanie tańsze w stosunku do nawozów syntetycznych, mogą przyczynić się do redukcji kosztów produkcji roślinnej^{8, 36)}. Częściowe zastąpienie nawozów syntetycznych nawozami pochodzenia organicznego może zatem zmniejszyć nakłady finansowe, jakie rolnicy przeznaczają na dostarczenie plonom składników odżywczych. Korzyści ekonomiczne mogą zatem wynikać z niższych cen surowców wtórnych w stosunku do surowców pochodzących ze źródeł nieodnawialnych.

Kolejne zalety ekonomiczne wynikają z możliwości wielotorowego wykorzystania surowca wtórnego, co jest istotne zwłaszcza w obliczu wzrastających cen nawozów oraz kosztów energii³⁶⁾. Przykładem jest wykorzystanie odpadów organicznych do produkcji bioenergii oraz późniejsze stosowanie pozostałości pofermentacyjnych do produkcji nawozów³⁹⁾. Stosowanie metod, takich jak kompostowanie, fermentacja beztlenowa i spalanie odwodnionych osadów ściekowych wymaga stosunkowo niewielkich nakładów finansowych. Pozwala to zredukować koszty związane z wykorzystaniem energii oraz poprawić efektywność wykorzystania zasobów^{24, 37)}. Warto zauważyć, że część rolników otrzymuje produkty tego typu nieodpłatnie lub za niewielką opłatą np. z sąsiednich gospodarstw lub zakładów¹⁶⁾. W części gospodarstw wykorzystuje się własne komposty pochodzenia zwierzęcego i roślinnego^{15, 20)}.

Zidentyfikowane korzyści ekonomiczne występowały nie tylko na poziomie pojedynczych gospodarstw jako zysk dla rolnika. Z punktu widzenia gospodarki na poziomie krajowym lub też na poziomie Unii Europejskiej wykorzystanie wtórnych źródeł substancji odżywczych jest drogą do ograniczenia importu surowców mineralnych z państw trzecich³⁸⁾. Wynikający z takiego ograniczenia wzrost niezależności gospodarczej^{40, 41)} poprawi odporność rynku na wahania cen surowców ze źródeł nieodnawialnych³⁸⁾.

Zaletami z ekonomicznego punktu widzenia mogą być nie tylko niższe ceny samych nawozów pochodzenia organicznego, ale również korzyści, jakie wynikają z ich specyficznych właściwości³²⁾. Nawozy pochodzenia organicznego cechuje zazwyczaj zwiększona zawartość materii organicznej^{19, 44)}. Cecha ta stanowi wartość dla kondycji gleby i niesie za sobą korzyści omówione w podrozdziale dotyczącym obszaru środowiskowego^{6, 37)}. Z korzyściami tymi bezpośrednio może wiązać się wzrost plonowania⁵⁾, wynikający ze zwiększonej dostępności węgla organicznego oraz składników odżywczych, które nie zostaną wymyte i będą stanowiły rezerwy dostępne dla plonów¹⁶⁾. Właściwości nawozów pochodzenia organicznego mogą być modyfikowane i polepszane. Mimo że może to generować dodatkowe koszty, zmiana składu ma prowadzić do poprawy efektywności nawożenia¹⁷⁾. Przetwarzanie może również wpłynąć na formę nawozu oraz zmniejszenie jego objętości^{16, 20)}, co stanowi szansę na obniżenie kosztów transportu lub aplikacji^{3, 15)}.

Czynniki społeczne

Choć powodzenie produkcji i wprowadzenia na rynek nawozów pochodzenia organicznego zależy od wielu czynników i grup interesantów, najistotniejszymi odbiorcami tego typu produktów są rolnicy⁴⁾. To ich nastawienie i gotowość do zakupu produktu będą warunkowały opłacalność jego wytwarzania^{9, 11)}. Na to, w jaki sposób potencjalni klienci postrzegają nawozy produkowane z surowców wtórnych, ma wpływ nie tylko cena i dostępność, ale również poziom wiedzy w dziedzinie nawożenia⁵⁾ oraz uwarunkowania społeczno-kulturowe²¹⁾. Czynniki te mogą stanowić bariery, jednak ich lepsze zrozumienie pozwoli dobrać najefektywniejsze sposoby kształtowania nastawienia rolników w stosunku do analizowanego zagadnienia³³⁾.

Bariery

Celem stosowania nawozów jest dostarczenie plonom składników odżywczych. Działanie poszczególnych grup nawozów różni się ze względu na ich odmienne właściwości⁵⁾. Jednakże rolnicy nie zawsze rozumieją, że choć nawozy pochodzenia organicznego w niektórych aspektach mają korzystniejszy wpływ zarówno na glebę, jak i na plony¹⁶⁾, zazwyczaj nie są w stanie w pełni zastąpić nawozów mineralnych²⁰⁾. Stosowanie ich jako zamiennika nawozów syntetycznych może doprowadzić do spadku plonowania, podczas gdy znacznie lepsze efekty można osiągnąć, stosując jednocześnie obydwa typy nawozów. Kolejną barierą wynikającą z braku wiedzy na temat działania nawozów pochodzenia organicznego jest pogląd, że są one szkodliwe dla środowiska. Przykładem może być opinia, jakoby stosowanie obornika wpływało niekorzystnie na stan środowiska⁵⁾. Choć przekraczanie dopuszczalnych dawek może powodować wymywanie składników odżywczych i zanieczyszczenie gleby oraz wód powierzchniowych³³⁾, to odpowiednio stosowany obornik może mieć korzystny wpływ na uprawy¹⁹⁾. Zatem negatywne nastawienie do stosowania nawozów z odpadów wynikać mogło z braku wiedzy na temat zalet i posiadania informacji jedynie na temat aspektów niekorzystnych.

Znaczny wpływ na potencjalne zainteresowanie rolników niekonwencjonalnymi nawozami mogą mieć uwarunkowania kulturowe i religijne. W niektórych krajach wykorzystanie pewnych rodzajów odpadów do produkcji nawozów budziło niechęć. Przykładem mogą stanowić Indie, gdzie rolnicy niechętnie odnoszą się do pomysłu produkcji nawozów z ludzkich odchodów. Jednocześnie ich decyzje dotyczące wykorzystania takich nawozów są w znacznie większym stopniu oparte na opinii rodziny i przyjaciół niż na wiedzy i poradach ekspertów²¹⁾. Oprócz obawy przed krytyką ze strony społeczeństwa rolnicy boją się stosunku konsumentów do produktów uprawianych z wykorzystaniem nawozów pochodzenia organicznego⁸⁾. Część rolników wiąże sprzedaż plonów nawożonych nawozami pochodzenia organicznego z koniecznością obniżki ich cen¹⁵⁾. Wykorzystanie nawozów pochodzenia organicznego budzi również obawy rolników w kontekście nieprzyjemnych zapachów, jakie mogą być generowane podczas ich aplikacji^{15, 17)}.

W pracach^{12, 15)}, w których wykorzystano dane uzyskane z badań ankietowych rolników, zauważono niechęć starszych producentów rolnych do zmiany sposobu nawożenia. Rolnicy ci preferują cechy nawozów charakterystyczne dla produktów syntetycznych^{11, 16)}.

Sity napędowe

Pomimo braków teoretycznej wiedzy rolników na temat właściwości i działania nawozów pochodzenia organicznego⁵⁾, istnieje wiele możliwości wpłynięcia na ich opinie³³⁾. Dostęp do technicznych informacji o produkcji może nie tylko mieć znaczący wpływ na podejmowanie decyzji o zakupie przez rolników¹⁵⁾, ale również wpływać na cenę, jaką są oni gotowi zapłacić²²⁾. W przypadku kiedy decyzję o zastosowaniu nawozów pochodzenia organicznego rolnik uzależnia od tego, czy podobne praktyki są już stosowane w jego otoczeniu, istnieje szansa, że wystarczy wpłynąć na opinie części społeczności²¹⁾. Dodatkowo obserwacja praktycznych efektów stosowania nawozów pochodzenia organicznego w okolicznych gospodarstwach może stanowić czynnik zachęcający do wprowadzenia podobnych rozwiązań przez rolników³⁾.

Czynniki technologiczne

Przetwarzanie odpadów może stanowić odpowiedź i rozwiązanie problemów związanych z niewystarczającą jakością surowców będących substratem do produkcji nawozów alternatywnych^{16, 17)} i obecnością w nich zanieczyszczeń²⁷⁾. Ocena możliwości i ograniczeń technologicznych jest istotna z punktu widzenia rolników, ale również potencjalnych producentów nawozów pochodzenia organicznego. Pomimo istniejących i wciąż rozwijanych możliwości technologicznych³⁰⁾, wdrożenie pewnych nowych procesów i metod na skalę przemysłową niesie za sobą ryzyko poniesienia kosztów niewspółmiernych do zysku²⁷⁾.

Bariery

Pomimo rosnących cen energii i wahań cen surowców ze źródeł nieodnawialnych³⁶⁾, produkcja nawozów chemicznych nie spada²⁵⁾. Niezależnie od wzrostu kosztów produkcji nawozów mineralnych, wciąż stanowią one poważną konkurencję dla nawozów pochodzenia organicznego²⁷⁾. Mogłoby się wydawać, że surowce wtórne są znacznie tańsze niż te pochodzące ze źródeł kopalnych. Po uwzględnieniu kosztów recyklingu²⁹⁾ i budowy instalacji^{23, 24)} dostosowanej do przetwarzania surowców wtórnych²³⁾ koszty nawozu niekonwencjonalnego mogą przewyższać ceny produktów już dostępnych na rynku²⁷⁾. Problemатyczna z technologicznego punktu widzenia staje się również malejąca zawartość składników odżywczych w strumieniach odpadów, np. fosforu w ściekach. Ograniczenia stosowania tego pierwiastka w produkcji środków czystości i detergentów, choć korzystne z punktu widzenia środowiska, powodują spadek zainteresowania odzyskiem²⁴⁾. Zabezpieczenie produkcji wymaga jasno określonej ilości substratu, co nastęrcza trudności w przypadku surowca pochodzącego z rozproszonych źródeł²³⁾.

Producenci niechętnie odnoszą się do produkcji nawozów o wolniejszym uwalnianiu składników odżywczych, gdyż oznacza to możliwość aplikowania mniejszych dawek, a tym samym mniejszą sprzedaż²³⁾. Z tych względów przemysł nawozowy skupia się na usprawnianiu procesów produkcyjnych, a nie na wytwarzaniu nowych produktów. Dodatkowym czynnikiem zniechęcającym do produkcji nawozów z odpadów jest brak dotacji na inwestycje oraz fakt, że to nie na producentach nawozów, a na producentach odpadów spoczywa obowiązek ich utylizacji²⁴⁾.

Kluczowe jest, aby wdrażana metoda przetwarzania surowców wtórnych była dostosowana do warunków lokalnych. Wobec obecnego braku jednolitych kryteriów stosowanych do oceny technologii, porównanie procesów przetwórczych jest utrudnione. Powoduje to problemy z dopasowaniem odpowiedniego sposobu przetwarzania, spełniającego ekologiczne oraz ekonomiczne wymogi dla danego regionu³⁰⁾.

Nie wszystkie metody przetwarzania umożliwiają kompleksowe usunięcie zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie i pozostałości farmaceutyków, obecnych w odpadach organicznych. Przekroczenie dopuszczalnej normy któregośkolwiek z zanieczyszczeń może oznaczać dyskwalifikację produktu jako nawozu lub konieczność przeprowadzenia dodatkowych procesów oczyszczania^{25, 26)}.

Podjęcie ryzyka, jakim jest rozpoczęcie produkcji i wprowadzenie na rynek nowych nawozów, musi być poparte perspektywą zysku dla producenta²⁴⁾. Oprócz kosztów produkcji istotne jest zatem uwzględnienie oczekiwań potencjalnych odbiorców produktu, jakimi są producenci rolni^{15, 22)}. Nie zawsze możliwe jest zaspokojenie wymagań klientów co do cech nawozu przy jednoczesnym zachowaniu opłacalności produkcji dla wytwórcy¹⁶⁾. Dla rolników podczas podejmowania decyzji dotyczącej zakupu istotna jest wiedza na temat sposobu działania nawozu i środka kondycjonującego glebę²²⁾. Może to stanowić problem w obliczu faktu, że właściwości nowych produktów nie są do końca poznane³¹⁾, a ich działanie w praktyce powinno zostać potwierdzone wieloletnimi testami polowymi³²⁾.

Sity napędowe

Postęp technologiczny oferuje wiele różnych metod przetwarzania odpadów organicznych^{15, 36)} i odzysku substancji odżywczych^{30, 31)}. Procesy technologiczne, zarówno te stosowane na skalę przemysłową, jak

i będące w fazie badań i testów³⁰⁾, mają umożliwić i usprawnić produkcję nawozu pochodzenia organicznego. Ze względu na zróżnicowany charakter, stopień komplikacji metod oraz różnice w kosztach ich wdrażania i stosowania^{8, 32)} otrzymane produkty końcowe to nawozy o odmiennych parametrach²⁷⁾. Bogaty wybór metod i technologii odzysku pozwala (przynajmniej w teorii) na dobór metody do lokalnych warunków²³⁾ lub wymagań potencjalnych nabywców nawozów¹⁵⁾. Coraz powszechniej wykorzystywanymi nawozami pochodzenia organicznego są płynne oraz stałe pozostałości z komór fermentacyjnych^{40, 41)}. Takie produkty uboczne z produkcji biogazu mogą być w zależności od właściwości poddawane dalszemu przetwarzaniu²⁴⁾ lub aplikowane na terenach uprawnych²²⁾.

Szeroka gama surowców odpadowych, które mogą być użyte w produkcji nawozów pochodzenia organicznego¹⁵⁾ sprawia, że znaczna część składników odżywczych, które dotychczas były tracone, może powrócić do obiegu. Dodatkową zaletą tak dużej dowolności w doborze substratów jest zdolność wytworzenia nawozów zróżnicowanych pod względem składu i formy. Na bazie surowców wtórnych pochodzenia organicznego możliwe jest otrzymanie zarówno produktów mineralnych^{25, 30)}, jak i takich, których działanie i charakterystyka zbliżone są do nawozów organicznych²³⁾. Procesy technologiczne pozwalają na modyfikację materiału wyjściowego tak, aby nawóz cechowała korzystniejsza proporcja składników odżywczych lub zwiększona zawartość ich wysoko przyswajalnych form^{25, 36)}. Zmianie mogą również ulec właściwości fizyczne, a więc forma nawozu¹⁹⁾, a zmniejszenie objętości przyczyni się do obniżenia kosztów transportu i aplikacji^{15, 19, 20)}. Przetwarzanie surowców wtórnych przyczynia się do rozwiązania poważnego problemu, jakim jest obecność zanieczyszczeń w odpadach organicznych⁴¹⁾. Dzięki opracowywanym technologiom zawartość metali ciężkich²⁵⁾, a nawet część zanieczyszczeń w postaci farmaceutyków²⁷⁾ może zostać zredukowana.

Czynniki ekologiczne

Rosnąca świadomość społeczeństwa w kwestii konieczności ochrony nieodnawialnych zasobów^{18, 24)} może mieć znaczący wpływ na dokonywane wybory i podejście do nowych rozwiązań. Wpływ nawozów pochodzenia biologicznego na środowisko może być uznawany zarówno za korzystny^{15, 16)}, jak i negatywny^{21, 36)}, w zależności od podejścia, analizowanego aspektu oraz sposobu stosowania danego nawozu³³⁾. Dawkowanie oraz sposoby aplikacji nawozów pochodzenia organicznego podlegają regulacjom prawnym, jednak nie zawsze korzyści dla środowiska płynące z dostosowania nawożenia do obowiązujących norm są przeliczalne na wartość pieniężną¹⁸⁾. Z tego względu, oprócz podkreślania zalet płynących z poprawy stanu środowiska, należy poszukiwać rozwiązań zachęcających do ograniczania szkód, nawet w sytuacji, gdy nie niesie to za sobą korzyści materialnej.

Bariery

Choć zastąpienie nawozów konwencjonalnych tymi pochodzenia organicznego jest powszechnie uznanym sposobem na zmniejszenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko³⁵⁾, to wiąże się z nim również pewne ograniczenia oraz czynniki ryzyka. Dostęp do surowców wtórnych, podobnie jak do tych ze źródeł pierwotnych, jest nierównomierny^{34, 31)}. Specjalizacja gospodarstw na hodowlane oraz uprawne doprowadziła do powstania obszarów o zwiększonej podaży obornika stanowiącego nawóz lub surowiec do produkcji nawozów. Ze względu na wysokie koszty transportu⁵⁾ obornik jest zazwyczaj stosowany na gruntach w niewielkim oddaleniu od macierzystych gospodarstw. Podobnie jak w przypadku nawozów mineralnych, również w przypadku surowców pochodzenia organicznego przekraczanie dopuszczalnych dawek³³⁾ prowadzi do wymywania nadmiaru składników odżywczych i zanieczyszczenia nimi gleby oraz zbiorników wodnych^{16, 34, 35)}. Zarówno aplikacja^{44, 45)}, jak i produkcja nawozów pochodzenia organicznego (np. procesy kompostowania i fermentacji beztlenowej)^{29, 37)} mogą przyczyniać się do zwiększonej emisji gazów cieplarnianych. Zanieczyszczaniu powietrza sprzyja również intensyfikacja transportu ze względu na duże objętości surowców wtórnych⁵⁾.

Wzmożona emisja spalin będzie wynikała zarówno z przewożenia odpadów do zakładów przetwórczych, jak i transportu gotowych nawozów do miejsca przechowywania i aplikacji.

Oddziaływanie nawozów pochodzenia organicznego na glebę, a szczególnie jej strukturę, uzależnione jest od składu nawozu. Wysokie zawartości soli i silne zakwaszenie niektórych rodzajów nawozów (kwaśne płuczki lub koncentraty po filtracji membranowej z procesu produkcji biogazu, zakwaszone ścieki i ludzki moc^{21, 36)}) mogą prowadzić do degradacji gleby i poparzenia nadziemnych części roślin uprawnych. Oprócz zagrożenia bezpieczeństwa roślin, część substancji zawartych w nawozach pochodzenia organicznego może mieć niekorzystny wpływ na organizm konsumenta. Występowanie metali ciężkich w odpadach organicznych⁴⁶⁾ może stwarzać zagrożenie dla zdrowia, nawet jeśli dopuszczalne poziomy substancji szkodliwych nie zostały przekroczone⁴⁷⁾. Zanieczyszczenia metaliczne mają tendencję do kumulowania się w glebie. Obniżanie pH gleby, które towarzyszy aplikacji nawozów pochodzenia organicznego, powoduje wzrost mobilności metali ciężkich oraz zwiększenie ich biodostępności dla roślin⁴⁸⁾. Wzrost poboru metali ciężkich przez plony stanowi ryzyko gromadzenia się w organizmach konsumentów kancerogennych i szkodliwych pierwiastków^{26, 49)}. Poza metalami ciężkimi nawozy pochodzenia organicznego niejednokrotnie zawierają patogeny, antybiotyki i leki. Domieszkują te są o tyle niebezpieczne, że aplikacja zanieczyszczonego nimi nawozu podnosi ryzyko rozprzestrzeniania antybiotykoopornych szczepów bakterii^{35, 50)}. Choć wpływ obecności antybiotykoopornych genów na organizm człowieka i mechanizmy ich przenoszenia nie są do końca poznane⁵¹⁾, obecność tych samych elementów genomu w roślinach oraz glebie nawożonej nawozami z odpadów może sugerować, że transfer pomiędzy rośliną a ludzkim organizmem również jest możliwy⁵²⁾. Dodatkowe ryzyko stwarza stosowanie na gruntach nawozów pochodzenia organicznego nie poddanych wcześniejszemu procesowi higienizacji. Przenoszenie wraz z nawozem nasion chwastów spowoduje zagrożenie dla lokalnych ekosystemów pojawieniem się ekspansywnej roślinności, naturalnie niewystępującej na danym terenie.

Siły napędowe

Zagrożenie dla środowiska może powstawać zarówno jako efekt niewłaściwego przetwarzania i wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego, jak i na skutek nieodpowiedniej gospodarki odpadami. Brak właściwego zagospodarowania odpadów prowadzi do marnotrawienia składników odżywczych²³⁾, ich ucieczki do środowiska i powstawania związanych z tym zanieczyszczeń^{19, 33)}. W takim ujęciu produkcja oraz stosowanie nawozów pochodzenia organicznego stanowią sposób na zmniejszenie ilości marnotrawionych składników odżywczych i ochronę zasobów naturalnych.

Funkcjonowanie przemysłu nawozów syntetycznych wiąże się z intensywną eksploatacją złóż surowców mineralnych, stanowiących zasób nieodnawialny²⁴⁾. Wydobycie surowców mineralnych wykorzystywanych do produkcji nawozów (zwłaszcza fosforu) generuje ogromne ilości odpadów pogórnictwa, a także wykorzystuje duże ilości wody, które zasoby sukcesywnie ulegają pomniejszeniu³⁸⁾. Energochłonne procesy wydobywcze oraz produkcyjne wymagają paliw kopalnych, zużywane są więc kolejne ograniczone zasoby, wzrasta też emisja ditlenku węgla³⁶⁾. Zastąpienie części wykorzystywanych nawozów syntetycznych nawozami pochodzenia organicznego pozwoli nie tylko zmniejszyć wykorzystanie tych pierwszych, ale też umożliwi lepsze zagospodarowanie składników odżywczych pochodzących ze strumieni odpadów organicznych³⁴⁾.

Nawozy pochodzenia organicznego zazwyczaj dostarczają do gleby oprócz podstawowych składników odżywczych również materię organiczną. Jest to szczególnie istotne na obszarach, na których dochodzi do intensyfikacji procesów rolnictwa^{16, 20)}. Odpowiednie procesy przetwarzania umożliwiają dodatkowo zwiększenie stosunku węgla (C) do azotu (N) (np. ponad dwukrotnie wyższy stosunek C/N dla pofermentu w porównaniu z obornikiem)¹¹⁾. Wzrost zawartości materii organicznej w glebie może przyczynić się do stabilizacji jej struktury, poprawić jej zdolność zatrzymywania wilgoci⁶⁾ i zmniejszyć ryzyko wymywania

składników odżywczych^{16, 37)}. Dzięki temu możliwa jest ochrona plonów przed niedoborami substancji pokarmowych i wody oraz zapewnienie ochrony przed zanieczyszczeniami zasobom wodnym i glebom^{7, 11)}. Części zanieczyszczeń powietrza również można uniknąć np. dzięki produkcji biogazu z obornika zamiast składowania go na otwartej przestrzeni²³⁾.

Problem obecności metali ciężkich w nawozach oraz glebach nimi zasilanych jest zagadnieniem wciąż badanym³²⁾. Choć obecność metali ciężkich potwierdzono zarówno w nawozach mineralnych, jak i organicznych^{30, 41)}, wyższe koncentracje tego typu zanieczyszczeń występują szczególnie w glebach nawożonych konwencjonalnie. Zastąpienie nawozów ze źródeł kopalnych nawozami z recyklingu może zatem zmniejszyć poziom wprowadzanych do obiegu zanieczyszczeń pierwiastkami, takimi jak kadm i uran⁴⁶⁾.

Podsumowanie i wnioski

Podział omawianych czynników ma charakter umowny, gdyż wiele z nich oddziałuje w obrębie więcej niż jednego obszaru. Czynniki, wpływając na siebie wzajemnie, wzmacniają lub osłabiają swój wpływ na analizowane zagadnienie wykorzystania nawozów pochodzenia organicznego. Relacje te mogą stanowić zarówno korzyść, jak i nastręczać problemów w pokonywaniu istniejących barier. Wyraźnie widać to na przykładzie czynników zaliczonych do obszaru prawnopolitycznego. Brak odpowiednich regulacji w dziedzinie zagospodarowania odpadów może wpłynąć na nie zrównoważone praktyki zagospodarowania odpadów, to z kolei może powodować szkody w kontekście ekonomicznym i ekologicznym. Utrata składników odżywczych, które podczas właściwego przetwarzania mogłyby zostać odzyskane i ponownie wykorzystane, stanowi stratę finansową. Jednocześnie wymywanie tych składników i ich przedostawanie do okolicznych gleb i zbiorników wodnych spowoduje zanieczyszczenie, a więc jest szkodliwe dla środowiska. Równie znaczący może okazać się brak regulacji i wytycznych określających warunki produkcji i stosowania nawozów pochodzenia organicznego. Brak legislacyjnych wymogów produkcyjnych oraz ujętych prawem limitów stosowania spowoduje dostarczanie do środowiska zanieczyszczeń obecnych w odpadach organicznych.

Polityka danego kraju w zakresie gospodarki odpadami może także wpływać na opłacalność przetwarzania odpadów organicznych na nawozy oraz ich wartość ekonomiczną jako produktów. Możliwość otrzymania dofinansowania lub kredytu na budowę instalacji do produkcji nawozów daje realną szansę na rozpoczęcie produkcji na terenie jednostek wytwarzających duże ilości odpadów organicznych, np. gospodarstw rolnych.

Prowadzona polityka ma również znaczny wpływ na nastawienie społeczeństwa, a więc i chęć zakupu nawozów pochodzenia organicznego przez rolników. Działalność skupiająca się wyłącznie na zmniejszaniu nadwyżek, wprowadzaniu ograniczeń i limitów powoduje, że składniki odżywcze ze źródeł odnawialnych nie są traktowane jako pełnowartościowe. Zwiększenie zaufania społeczeństwa do nawozów pochodzenia organicznego może wzrosnąć na skutek tworzenia oficjalnych systemów testowania i certyfikacji. Istotne jest również, aby wraz z wprowadzaniem zmian i regulacji zwiększana była dostępność programów edukacyjnych, które pozwolą na zweryfikowanie i uzupełnienie wiedzy z zakresu działania takich produktów. Jest to ważne nie tylko jako sposób zachęty do rozpoczęcia stosowania nawozów pochodzenia organicznego. Informacje, w jaki sposób wykorzystywać i dawkować nawozy niekonwencjonalne mogą stanowić skuteczną ochronę przed stratami ekonomicznymi oraz ekologicznymi.

Znaczące powiązania można również zauważyć pomiędzy czynnikami z innych obszarów. Możliwości oraz braki technologiczne mocno oddziałują na sferę finansową oraz społeczną. Od efektywności metod przetwarzania zależeć będzie nastawienie rolników do nawozów. Od tego, w jaki sposób rolnicy będą postrzegać nawóz, zależeć będzie popyt, to z kolei wpłynie na opłacalność produkcji i podaż.

Opisane zależności świadczą o konieczności kompleksowego podejścia do problemów związanych z wykorzystaniem nawozów pochodzenia

organicznego. Niezbędna jest współpraca na wszystkich przedstawionych płaszczyznach uwzględnionych podczas analizy, gdyż pokonywanie barier z jednego obszaru może pociągać za sobą konsekwencje w obrębie innych. Przykładowo, jeżeli zanieczyszczenia obecne w odpadach pochodzenia organicznego nie zostaną w wystarczającym stopniu usunięte podczas przetwarzania, nawóz może nie zostać dopuszczony do oficjalnej sprzedaży. Zatem ograniczenia technologiczne sprawią, że prawidłowo funkcjonujące przepisy prawne uniemożliwią wprowadzenie na rynek oraz do środowiska zanieczyszczonego produktu.

Z drugiej jednak strony korzyści wynikające z już istniejących możliwości lub szans, jakie pojawiają się po pokonaniu barier, również mogą być wielowymiarowe. Dobrym przykładem jest pomysł budowania biogazowni na terenie gospodarstw rolnych i wykorzystywanie jako nawozu pozostałości pofermentacyjnych. Płynące z takiego rozwiązania korzyści dla środowiska obejmują zmniejszenie wykorzystania zasobów nieodnawialnych, zmniejszenie zanieczyszczeń powodowanych wydobywaniem i spalaniem paliw kopalnych, obniżenie emisji spalin z transportu i ochronę struktury gleby przed uszkodzeniami mechanicznymi. Z ekonomicznego punktu widzenia przetwarzanie w miejscu generowania odpadów oznacza zmniejszenie kosztów produkcji oraz transportu i aplikacji. Ponadto, jeżeli przetwarzany nawóz nabędzie cech uznawanych przez rolników za korzystne, może osiągnąć wyższe ceny. Wzrost opłacalności produkcji będzie stymulował rozwój nowych, efektywnych technologii, a rosnąca jakość zachęci kolejnych nabywców.

Praca zrealizowana w ramach Projektu MonGOS (NAWA) oraz w ramach subwencji Pracowni Surowców Biogenicznych, IGSMiE PAN.

Część pracy zrealizowana w ramach projektu LEX4BIO (nr 818309), finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach programu badań i innowacji „Horyzont 2020”.

Otrzymano: 13-01-2022

LITERATURA

- [1] M. Smol, P. Marcinek, J. Duda, D. Szoldrowska, *Resources* 2020, **9**, 1.
- [2] M. Smol, J. Duda, A. Czaplicka-Kotas, D. Szoldrowska, *Sustainability* 2020, **12**, nr 11, 4561.
- [3] A. Masullo, *Ecol. Eng.* 2017, **101**, 84.
- [4] L.S. Jensen, C. Thornton, P.J. Forrester, J. Brandsma, A. Külvet, K. Riiko, C. Kabbe, https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg19_minipaper_6_end_user_requirements_en.pdf, dostęp 16 grudnia 2021 r.
- [5] R. Koelsch, D. Andersen, E. Cortus, L. Johnson, A.M. Schmidt, S.A. Siek, M. Wilson, ASABE Annual International Virtual Meeting, 13–15 July 2020 r.
- [6] W. Czakon, *Przegl. Organiz.* 2011, nr 3 (854), 57.
- [7] M. Smol, *Circ. Econ. Sustain.* 2021, <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00127-9>.
- [8] M.M. Rashid, M.G. Kattou'a, I.A. Al-Khatib, C. Sato, *Environ. Monit. Assess.* 2017, **189**, 353.
- [9] E. Kulińska, D. Masłowski, M. Dendera-Gruszka, *Stud. Mater. Misc. Oeconomicae* 2017, **21**, 155.
- [10] N. Rastogi, M.K. Trivedi, *Int. Res. J. Eng. Technol.* 2016, **3**, 384.
- [11] R. Perera, *The PESTLE analysis*, Nerdynaut, 2017.
- [12] M. Gregoric, *Tour. Hosp. Ind.* 2014, 551.
- [13] M. Mihailova, *Bulg. J. Agric. Sci.* 2020, **26**, 935.
- [14] S. Achinas, J. Horjus, V. Achinas, G.J.W. Euverink, *Sustainability* 2019, **11**, 1.
- [15] S.D.C. Case, M. Oelofse, Y. Hou, O. Oenema, L.S. Jensen, *Agric. Syst.* 2017, **151**, 84.
- [16] J. Tur-Cardona, O. Bonnichsen, S. Speelman, A. Verspecht, L. Carpentier, L. Debruyne, F. Marchand, B.H. Jacobsen, J. Buysse, *J. Clean. Prod.* 2018, **197**, 406.
- [17] O. Bonnichsen, B.H. Jacobsen, J. Tur-Cardona, *IFRO Working Paper* 2020, nr 15, University of Copenhagen.
- [18] T. Hameed, B. Sawicka, *Episteme* 2016, **30**, 73.
- [19] K. Hills, G. Yorgey, J. Cook, *Renew. Agric. Food Syst.* 2021, **36**, 207.
- [20] N. Pampuro, F. Caffaro, E. Cavallo, *Sustainability* 2018, **10**, 1.
- [21] P. Simha, C. Lalander, B. Vinnerås, M. Ganesapillai, *Sci. Total Environ.* 2017, **581–582**, 885.
- [22] G. Pappalardo, R. Selvaggi, S. Bracco, G. Chinnici, B. Pecorino, *Agric. Food Econ.* 2018, **6**, 16.
- [23] N. Bencheva, M. Tepavicharova, *Probl. Agric. Econ.* 2017, **352**, 92.
- [24] K. Chojnacka, K. Moustakas, A. Witek-Krowiak, *Bioresour. Technol.* 2020, **295**, 122223.

- [25] B. Cieřlik, P. Konieczka, *J. Clean. Prod.* 2017, **142**, 1728.
- [26] Q. Liu, Z. Zhao, Z. Xue, D. Li, Z. Wen, Y. Ran, Z. Mei, L. He, *Front. Nutr.* 2021, **8**, 1.
- [27] M. Kasprzyk, M. Gajewska, S. Molendowska, *Inż. Ekol.* 2017, **18**, 65.
- [28] European Sustainable Phosphorus Platform, Integrated Nutrient Management Action Plan (INMAP), Document for discussion, 2020.
- [29] A.J. Satchwell, C.D. Scown, S.J. Smith, J. Amirebrahimi, L. Jin, T.W. Kirchstetter, N.J. Brown, C.V. Preble, *Environ. Sci. Technol.* 2018, **52**, 13663.
- [30] L. Egle, H. Rechberger, M. Zessner, *Resour. Conserv. Recycl.* 2015, **105**, 325.
- [31] I. Sigurnjak, C. Brienza, E. Snauwaert, A. De Dobbelaere, J. De Mey, C. Vaneeckhaute, E. Michels, O. Schoumans, F. Adani, E. Meers, *Waste Manage.* 2019, **89**, 265.
- [32] B. Gómez-Muñoz, J. Magid, L.S. Jensen, *Agric. Ecosyst. Environ.* 2017, **240**, 300.
- [33] A. Daxini, M. Ryan, C. O'Donoghue, A.P. Barnes, *Land Use Policy* 2019, **85**, 428.
- [34] M.L. McCrackin, B.G. Gustafsson, B. Hong, R.W. Howarth, C. Humborg, O.P. Savchuk, A. Svanbäck, D.P. Swaney, *Reg. Environ. Chang.* 2018, **18**, 1855.
- [35] E. Montemayor, A. Bonmatí, M. Torrellas, F. Camps, C. Ortiz, F. Domingo, V. Riau, A. Antón, *Resour. Conserv. Recycl.* 2019, **146**, 395.
- [36] C. Vaneeckhaute, E. Meers, E. Michels, J. Buysse, F.M.G. Tack, *Biomass Bioenerg.* 2013, **49**, 239.
- [37] M.D. Vaverková, D. Adamcová, J. Winkler, E. Koda, L. Petrželová, A. Maxianová, *Sci. Total Environ.* 2020, **723**, 137971.
- [38] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Komunikat konsultacyjny w sprawie zrównoważonego stosowania fosforu, COM nr 517, Bruksela 2013.
- [39] P. Kaszycki, M. Głodniok, P. Petryszak, *N. Biotechnol.* 2021, **61**, 80.
- [40] V. Pérez, A. Pascual, A. Rodrigo, M. García Torreiro, M. Latorre-Sánchez, C. Coll Lozano, A. David-Moreno, J.M. Oliva-Dominguez, A. Serna-Maza, N. Herrero García, *Molecules* 2020, **25**, 1.
- [41] A. Amann, O. Zoboli, J. Krampe, H. Rechberger, M. Zessner, L. Egle, *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, **130**, 127.
- [42] Dyrektywa 91/676/EEC Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego, *Dz. Urz. L* 375.
- [43] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 2003/2003 z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów, *Dz. Urz. UE L* 304.
- [44] R. Czubaszek, A. Wysocka-Czubaszek, *Int. Agrophysics* 2018, **32**, 29.
- [45] M.D.M.F.B. Foeroid, *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2020, **9**, 1.
- [46] M. Bigalke, A. Ulrich, A. Rehmus, A. Keller, *Environ. Pollut.* 2017, **221**, 85.
- [47] Y. Xu, H. Tang, T. Liu, Y. Li, X. Huang, J. Pi, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018, **25**, 19836.
- [48] F. Zeng, S. Ali, H. Zhang, Y. Ouyang, B. Qiu, F. Wu, G. Zhang, *Environ. Pollut.* 2011, **159**, 84.
- [49] C. Mao, Y. Song, L. Chen, J. Ji, J. Li, X. Yuan, Z. Yang, G.A. Ayoko, R.L. Frost, F. Theiss, *Catena* 2019, **175**, 339.
- [50] M. Zubair, S. Wang, P. Zhang, J. Ye, J. Liang, M. Nabi, Z. Zhou, X. Tao, N. Chen, K. Sun i in., *Bioresour. Technol.* 2020, **301**, 122823.
- [51] T.O. Rahube, R. Marti, A. Scott, Y.C. Tien, R. Murray, L. Sabourin, Y. Zhang, P. Duenk, D.R. Lapen, E. Topp, *Appl. Environ. Microbiol.* 2014, **80**, 6898.
- [52] Y.J. Zhang, H.W. Hu, Q.L. Chen, B.K. Singh, H. Yan, D. Chen, J.Z. He, *Environ. Int.* 2019, **130**, 104912.

CMPW PAN

Międzynarodowa Konferencja
Silesian Meetings on Polymer Materials POLYMAT2022
Zabrze, 17 marca 2022 r.



Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN organizuje w dniu 17.03.2022 roku Konferencję Silesian Meetings on Polymer Materials POLYMAT2022, która odbywa się pod auspicjami Europejskiej Federacji Polimerów (EPF), we współpracy z Komitetem Chemii Polskiej Akademii Nauk oraz Polskim Towarzystwem Chemicznym. Patronat medialny nad konferencją objęły czasopisma *Polymers* oraz *Przemysł Chemiczny*. Spotkanie POLYMAT2022 poświęcone będzie pamięci prof. Andrzeja Dworaka, który był pomysłodawcą oraz współtwórcą organizowanych cyklicznie od 1995 r. spotkań Międzynarodowego Gliwickiego Seminarium Polimerowego, następnie konferencji Polimery nad Odrą POLYOR2011, a od 2014 r. międzynarodowej konferencji Silesian Meetings on Polymer Materials POLYMAT.

Konferencja została zorganizowana z inspiracji przyjaciół Profesora Dworaka. Będziemy mieli zaszczyt gościć wybitnych naukowców: prof. Brigitte Voit (Leibniz Institute of Polymer Research, Dresden, Germany), prof. Rainer Haag (Freie Universität Berlin, Germany), prof. Stergios Pispas (National Hellenic Research Foundation, Athens, Greece), prof. Axel Müller (Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany) i prof. Petar Petrov (Institute of Polymers, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria). Uczni ci zaprezentują prace związane tematycznie z zainteresowaniami naukowymi prof. Dworaka, które obejmowały nanomateriały o specjalnych właściwościach, a także możliwości ich potencjalnego zastosowania.

Mamy nadzieję, że konferencja POLYMAT2022, podobnie jak wcześniejsze organizowane przez CMPW PAN spotkania naukowe, będzie doskonałą okazją do integracji środowiska naukowego uczelni i instytutów, studentów, ekspertów i inżynierów działających w obszarze precyzyjnie konstruowanych polimerów do nowych zastosowań i cieszyć się będzie ogromnym zainteresowaniem naukowców pracujących w tej dziedzinie.

Szczegóły konferencji znajdują się na stronie internetowej pod adresem: <http://polymat2022.cmpw-pan.pl>.



polymers

**przemysł
chemiczny**