

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko

Zbigniew Krzysztof Mazur

2. Posiadane stopnie naukowe

Doktor nauk rolniczych (dyscyplina kształtowanie środowiska, specjalność chemia i ochrona środowiska) Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Obrona dnia 17.03.2005 r. na podstawie rozprawy „Kształtowanie właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleb w różnych systemach wieloletniego nawożenia”. Promotor dr hab. Wiera Sądej, recenzenci prof. dr hab. Alina Maciejewska i prof. dr hab. Jerzy Czapla.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1983 – 1992	pracownik techniczny w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego Akademii Rolniczo-Technicznej
1995 – 2005	pracownik techniczny w Katedrze Chemii Środowiska Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
2005 - 2007	pracownik naukowo-techniczny w Katedrze Chemii Środowiska Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
2007 – obecnie	adiunkt w Katedrze Chemii Środowiska Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

4. Wskazane osiągnięcie w rozumieniu art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm. Dz. U. z 2011 r. nr 204, poz. 1200)

a) tytuł osiągnięcia naukowego

„Wpływ wieloletniego nawożenia na agrochemiczne właściwości gleb”

b) publikacje składające się na osiągnięcie naukowe

1. Mazur T., **Mazur Z.** 2006. Działanie obornika w zależności od poziomu nawożenia mineralnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 512: 419-425. [9 pkt], (4 pkt MNiSW₂₀₀₅)
2. **Mazur Z.** 2011. Wpływ długotrwałego stosowania obornika i słomy łącznie z nawozami mineralnymi na niektóre właściwości gleby płowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 565: 201-206. [9 pkt], (6 pkt MNiSW₂₀₁₀)
3. **Mazur Z.**, Mazur T. 2015. Influence of long-term fertilization on phosphorus, potassium, magnesium and sulfur content in soil. Pol. J. Environ. Stud. 24(1): 185-190. DOI: 10.15244/pjoes/29203. [15 pkt, IF₍₂₀₁₅₎=0,871]
4. **Mazur Z.**, Mazur T. 2015. Organic carbon content and its fractions in soils of multi-year fertilization experiments. Pol. J. Environ. Stud. 24(4): 1697-1703. DOI: 10.15244/pjoes/31687. [15 pkt, IF₍₂₀₁₅₎=0,871]
5. **Mazur Z.**, Mazur T. 2015. Effects of long-term organic and mineral fertilizers applications on soil nitrogen content. Pol. J. Environ. Stud. 24(5): 2073-2078. DOI: 10.15244/pjoes/42297. [15 pkt, IF₍₂₀₁₅₎=0,871]
6. **Mazur Z.**, Mazur T. (w druku). The influence of long-term fertilization with slurry, manure and NPK on the soil content of trace elements. J. Elementol. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.3.517. [15 pkt, IF₍₂₀₁₅₎=0,690]

Liczba punktów publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism punktowanych MNiSW z 31.12.2014 r – 78 (70 wg roku wydania).

Całkowity IF publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według roku: opublikowania: 3,303 (za wyjątkiem publikacji, 6 dla której przyjęto wartość za rok 2015).

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania praktycznego

Jako osiągnięcie naukowe przedstawiam zbiór prac dotyczących badań nad wpływem oddziaływania nawozów naturalnych i mineralnych na niektóre elementy żyzności gleb. Wyniki uzyskałem w statycznych wieloletnich doświadczeniach polowych.

W obecnym i przyszłościowym rolnictwie utrzymanie gleb w stanie należytej żyzności należy do podstawowych zadań agrotechniki. Wśród wielu zabiegów agrotechnicznych nawożeniem reguluje się odżywianie roślin i właściwości agrochemiczne gleby (SIENKIEWICZ i in. 2004, 2005). W nawozach mineralnych wnosimy do gleby składniki bezpośrednio pobierane przez rośliny. W nawozach naturalnych i organicznych pierwiastki są dostępne po mineralizacji, która zachodzi równocześnie z syntezą związków humusowych. Stosowanie nawozów mineralnych i organicznych przyczynia się do zrównoważonego gospodarowania składnikami odżywczymi roślin i glebową substancją organiczną. Potwierdzają to wieloletnie polowe doświadczenia nawozowe przeprowadzone w Polsce (LENART i in. 2005) i za granicą (KLEMENT i in. 2005, KÖRSCHENS 2006). Osiągnięcie naukowe obejmuje wyniki doświadczeń założonych na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku w celu poznania wpływu obornika, gnojowicy i nawozów mineralnych na agrochemiczne właściwości gleby płowej i brunatnej. Po 34 latach corocznego nawożenia pobrano próbki gleb do analiz laboratoryjnych. Nawozy stosowano w dawkach zrównoważonych azotem, a gnojowicę również w dawkach zrównoważonych ilością węgla organicznego wnoszonego z obornikiem. Ta metoda wyznaczania wielkości dawek nawozów naturalnych na podstawie zawartości azotu lub węgla organicznego pozwala na wiarygodną ocenę stosowanych nawozów.

Zawartość substancji organicznej w glebach uprawnych ma naukowe i praktyczne znaczenie w kształtowaniu stanu ich żyzności. Dokonałem zatem oceny wpływu wieloletniego corocznego stosowania obornika, gnojowicy

i nawozów mineralnych (NPK) na zawartość w glebach węgla organicznego i jego frakcji ulegających utlenieniu (**publikacja 4**). Zawartość C_{org} w obiektach kontrolnych wynosiła w glebie płowej $8,58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w glebie brunatnej $4,21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. W wyniku stosowania nawożenia wzrost jego zawartości wyniósł średnio 22,6% w glebie płowej i 33,3% w glebie brunatnej. Różnice między obiektami nawozowymi były znaczące, największy wzrost zawartości C_{org} zanotowano w glebach nawożonych obornikiem. Wzrost ten w stosunku do obiektów kontrolnych wynosił $3,53 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i $2,16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej. Przyjmując wartość próchnicotwórczą obornika za 100%, to oddziaływanie relatywne pozostałych nawozów wynosiło:

gleba	obornik	gnojowica Id*	gnojowica IId**	NPK
płowa	100%	81,9%	87,6%	78,0%
brunatna	100%	82,7%	94,2%	75,8%

*ilość wprowadzanego do gleby azotu taka sama jak w oborniku i NPK

**ilość wprowadzanego do gleby węgla organicznego taka sama jak w oborniku

Uzyskane dane liczbowe mogą być wykorzystane do wyznaczenia dawek gnojowicy i nawozów NPK odpowiadających obornikowi w oddziaływaniu na zawartość węgla organicznego (próchnicy) w glebach. Wpływ wieloletniego stosowania nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych na magazynowanie węgla organicznego w glebach badali SZULC i in. (1999), CAPRIEL (2007), oraz SOSULSKI i in. (2011, 2013).

Wyniki badań jakościowych glebowej substancji organicznej metodą utlenienia roztworami KMnO_4 pozwoliły na dokonanie oceny jej cech jakościowych. Wyodrębniono frakcje utlenione i frakcję nieutlenioną. W glebie płowej we frakcjach utlenionych było 16,0%, a w glebie brunatnej 20,5% węgla organicznego. Gleby różniły się najbardziej udziałem frakcji III, najmniej podatnej na utlenianie. Udział frakcji utlenionych był największy w glebach nawożonych obornikiem, a najmniejszy w glebach nawożonych NPK. Korzystniejszy wpływ nawożenia organicznego niż mineralnego na zawartość węgla organicznego ulegającego utlenieniu w KMnO_4 w glebach uprawnych

potwierdzają badania ŁOGINOWA i in. (1987), SEQUEIRA i ALLEY (2011) oraz VERMA i in. (2013).

Właściwości agronomiczne gleb i stosowane nawozy różnicowały zawartość związków próchnicznych. Oznaczono (po wydzieleniu substancji bitumicznych) trzy podstawowe frakcje: rozpuszczalną w roztworze $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, kwasy fulwowe i huminowe. W stosunku do całkowitej zawartości C_{org} badane frakcje humusowe stanowiły:

	fr. rozp. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	kw. fulw.	kw. humin.	razem
w glebie płowej	20,9%	10,0%	11,3%	42,2%
w glebie brunatnej	29,6%	8,3%	9,8%	47,7%

Spośród stosowanych nawozów na zawartość trzech oznaczonych frakcji związków próchnicznych najkorzystniej działał obornik. W stosunku do obornika (przyjętego za 100%) działanie gnojowicy Id w glebie płowej i brunatnej wynosiło odpowiednio – 78,2% i 82,5%; gnojowicy IId – 83,7% i 96,4% a nawożenia NPK – 80,8% i 77,2%. Zależność zawartości kwasów fulwowych i huminowych od stosowanego nawożenia, rodzaju gleby potwierdzają badania wielu autorów, w tym CIEŚCIŃSKIEJ i DĘBSKIEJ (2009), JANKOWIAKA i in. (2002), POSPIŚILOVEJ i in. (2010) oraz DĘBSKIEJ i in. (2009).

Azot w glebach występuje w połączeniach organicznych (95-99%) i mineralnych (<5%). W glebach omawianych doświadczeń oznaczono zawartość azotu ogółem (N_{og}), azotu hydrolizującego (N_{hyd}) i azotu mineralnego (N_{min}) (**publikacja 5**). Zawartość N_{og} w glebie płowej wynosiła średnio $0,232 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w glebie brunatnej $0,207 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stosowane nawozy różnicowały jego zawartość, w większym zakresie w glebie płowej niż w glebie brunatnej. Najkorzystniej na zawartość N_{og} w obu glebach działał obornik. W stosunku do obornika (przyjętego za 100%) działanie pozostałych nawozów wynosiło:

gleba	obornik	gnojowica Id	gnojowica IId	NPK
płowa	100%	90,2%	91,8%	85,8%
brunatna	100%	82,0%	90,0%	78,6%

W oddziaływaniu na zawartość N_{og} w glebach wpływ gnojowicy zastosowanej w dawkach zrównoważonych azotem i w dawkach zrównoważonych węglem był silniejszy niż nawozów mineralnych.

Oznaczenie zawartości azotu hydrolizującego w glebach pozwala na ocenę podatności jego związków na mineralizację. Azot hydrolizujący w glebie płowej stanowił średnio 59,7%, a w glebie brunatnej 63,3% azotu ogółem. W glebie płowej odnotowano średni wzrost jego zawartości od 7,5% w glebie nawożonej NPK do 33,6% w glebie nawożonej gnojowicą Id. W glebie brunatnej wzrost wynosił od 28,2% (obiekt z gnojowicą Id) do 84,6% (obiekt z gnojowicą IId) w stosunku do obiektów kontrolnych. Zróżnicowany wpływ długoletniego nawożenia organicznego, organiczno-mineralnego i mineralnego na zawartość azotu hydrolizującego w glebach wykazali Mazur (1991) oraz KAUR i SINGH (2014).

Zawartość azotu mineralnego wynosiła średnio 22,78 $mg \cdot kg^{-1}$ w glebie płowej i 18,14 $mg \cdot kg^{-1}$ w glebie brunatnej. Istotne znaczenie ekologiczne ma udział $N-NH_4$ i $N-NO_3$ w N_{min} (Zhang i in. 2012). Na $N-NO_3$ przypadało 45,0% w glebie płowej i 25% w glebie brunatnej. Świadczyć to może o większych stratach azotanów (V) przez wymywanie z warstwy 0-25 cm gleby brunatnej. Potwierdzają to badania RICHARDS i in (1993), ERHART i in. (2007) oraz HABERLE i KAŠ (2012). Najwięcej N_{min} stwierdzono w glebach obiektów nawożonych obornikiem. Mniej intensywny wzrost zawartości mineralnych form azotu odnotowano w obydwu glebach nawożonych gnojowicą lub NPK. Stwierdzono, że nawozy mineralne silniej zwiększały zawartość N_{min} w glebie płowej, a gnojowica w glebie brunatnej – szczególnie stosowana w dawce zrównoważonej ilością węgla wprowadzanego z obornikiem. Zawartość N_{min} w glebie płowej nawożonej NPK tylko nieznacznie była mniejsza niż w glebie nawożonej obornikiem. Mniejsza zawartość N_{min} w glebie brunatnej niż w glebie płowej po nawożeniu NPK mogła być spowodowana większym wymyciem azotu z gleby lżejszej. Można także wnioskować, że wykorzystanie

azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawne w warunkach uboższej gleby brunatnej było większe niż w warunkach bardziej zasobnej gleby płowej.

Zdaniem wielu autorów (TOMOV i ARTINOVA 2005, KRISTAPONYTE 2005 oraz STĘPIEŃ i ADAMIAK 2007) wzrost zawartości N-min. w glebach nawożonych obornikiem lub gnojowicą może być powodowany zwiększoną podażą związków organicznych ulegających mineralizacji.

Zakres badań obejmował również oznaczenie ogólnych i przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu oraz siarki ogólnej (**publikacja 3**). Analizy gleb na zawartość fosforu ogólnego wykazały, że średnia jego zawartość w glebie płowej wynosiła $0,94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w glebie brunatnej $0,74 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Stosowane nawożenie bez P i K dawało średni wzrost zawartości P_{og} w glebie płowej 17,7% i glebie brunatnej 23,0%. Z kolei Stosowanie dodatkowe nawożenie fosforem i potasem (PK) miało dodatni wpływ na kumulację P_{og} tylko w glebie płowej. Najkorzystniej na zawartość fosforu ogólnego w glebach działał obornik. W stosunku do obornika (przyjętego za 100%) działanie pozostałych nawozów wynosiło:

gleba	obornik	gnojowica Id	gnojowica IId	NPK
płowa	100%	88,8%	96,9%	93,8%
brunatna	100%	93,6%	93,6%	96,2%

Udział form przyswajalnych w jego całkowitej zawartości wynosił średnio 8,0% w glebie płowej i 13,6% w glebie brunatnej. W stosunku do obiektów kontrolnych średni wzrost zawartości P_{przysw} w obiektach bez dodatkowego nawożenia PK wynosił 56,0% w glebie płowej i 45,9% w glebie brunatnej. Uzupełniające nawożenie fosforowo-potasowe zwiększyło zawartość fosforu przyswajalnego średnio o $19,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i o $5,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej. Korzystny wpływ obornika, nawozów mineralnych oraz nawozów organiczno-mineralnych na zawartość ogólnych i przyswajalnych form fosforu w glebie potwierdzają badania KRISTAPONYTE (2005), SZYMAŃSKIEJ i in (2005), SIENKIEWICZA i in. (2009), NOGALSKIEJ i in. (2012).

Średnia zawartość potasu ogółem (K_{og}) wynosiła $8,85 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i $6,62 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej. W stosunku do obiektów kontrolnych zawierających $6,72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ - gleba płowa i $5,03 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ - gleba brunatna, nawożenie spowodowało średni relatywny wzrost kumulacji potasu ogółem odpowiednio o 32,6% i 27,9%. Uzupełniające nawożenie PK spowodowało średni wzrost zawartości K_{og} o $0,43 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i $0,81 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej.

Nie stwierdzono istotnej różnicy w oddziaływaniu obornika i gnojowicy II_d na zawartość K_{og} w badanych glebach. Natomiast działanie gnojowicy I_d w stosunku do obornika wynosiło 86,8 % w przypadku gleby płowej i 82,2% w przypadku gleby brunatnej, a nawozów mineralnych odpowiednio 89,7% i 76,6%. Zawartość przyswajalnego potasu w glebie płowej wynosiła średnio $227,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tj. 2,56% jego formy ogólnej, a w glebie brunatnej $116,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, czyli 1,95% K_{og} . Nawożenie obornikiem lub gnojowicą przyczyniło się do wzrostu zawartości K_{przysw} średnio w glebie płowej o 224% i brunatnej o 116%. Dodatkowe nawożenie fosforem i potasem stosowane z gnojowicą i obornikiem spowodowało średni wzrost K_{przysw} o $50,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i o $201,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej.

W glebie płowej średnia zawartość magnezu ogólnego była 2,20 razy większa niż w glebie brunatnej. W stosunku do obiektów kontrolnych relatywny wzrost zawartości w wyniku nawożenia wynosił średnio 57,1% w glebie płowej i 53,4% w glebie brunatnej. Najkorzystniej na zawartość Mg_{og} działał obornik, a najslabiej nawożenie mineralne.

Średnia zawartość magnezu przyswajalnego w glebie płowej wynosiła $52,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w glebie brunatnej $30,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, co stanowi odpowiednio 2,76% i 3,50% jego zawartości ogółem. Relatywny wzrost zawartości Mg_{przysw} w wyniku nawożenia wynosił 44,0% w glebie płowej i 100,4% w glebie brunatnej. Na zawartość przyswajalnego magnezu najkorzystniej działał obornik,

słabiej gnojowica IId i gnojowica Id, a najslabiej nawożenie NPK. SIENKIEWICZ i in. (2009) podkreślają dodatni wpływ obornika na zawartość przyswajalnego magnezu w glebach.

Zawartość siarki ogólnej w glebie płowej była 1,77 razy większa niż w glebie brunatnej. W wyniku wieloletniego nawożenia nastąpił wzrost jej zawartości średnio o $41,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie płowej i o $28,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w glebie brunatnej, co w liczbach relatywnych wynosi 28,4% i 36,6%. Zależność zawartości siarki od właściwości gleb w różnych systemach wieloletniego nawożenia potwierdzają badania BOYE i in. (2009, 2010). Na koncentrację siarki w glebie płowej najkorzystniej działał obornik, a w glebie brunatnej gnojowica IId. W stosunku do obornika (przyjętego za 100%) w glebie płowej działanie gnojowicy Id na zawartość siarki ogólnej odpowiadało 80,1%, gnojowicy IId - 85,8% a nawozów mineralnych - 75,8%. Natomiast w glebie brunatnej w stosunku do gnojowicy IId (przyjętej za 100%) działanie obornika wynosiło 79,7%, gnojowicy Id - 79,8% i NPK 67,8%. FÖRSTER i in. (2012) stosując przez kilkadziesiąt lat nawozy organiczne i mineralne stwierdzili, że obornik silniej zwiększa zawartość siarki niż nawozy mineralne.

Zakres badań nad wpływem wieloletniego nawożenia na zmiany właściwości agrochemicznych gleb obejmował również oznaczanie zawartości pierwiastków śladowych (**publikacja 6**). Ich zwiększona zawartość w wierzchnich warstwach gleb może pochodzić z wieloletniego stosowania nawozów, zwłaszcza naturalnych i organicznych (HUANG i in 2008, ATAFAR i in. 2010, GAMBUŚ i WIECZOREK 2012). Badane gleby różniły się zawartością pierwiastków śladowych. W glebie płowej stwierdzono więcej Cu, Cd, Ni i Pb, a w glebie brunatnej więcej Mn. Relatywny średni wzrost koncentracji pierwiastków śladowych pod wpływem wieloletniego nawożenia wynosił w glebie płowej od 5,3% (Cd) do 26,3% (Cu), a w glebie brunatnej od 0,6% (Ni) do 61,5% (Cd). Stosowane nawozy w różnym stopniu wpływały na zawartość w glebie badanych pierwiastków. Największą koncentrację metali ciężkich w glebie płowej stwierdzono w obiekcie z obornikiem, a w glebie brunatnej

w obiektach z gnojowicą IId i z obornikiem z uzupełniającym nawożeniem fosforowo-potasowym. Według MERCIKA i in. (2002) stosowanie przez wiele lat obornika i obornika łącznie z nawozami mineralnymi zwiększa zawartość mikroprzewodników w glebach. MATTIAS i in. (2002) wykazali, że coroczne stosowanie gnojowicy trzody chlewnej może skutkować bardzo wysoką kumulacją Mn, Cu i Zn w glebach. RUTKOWSKA i in (2005) oraz OCIEPA i in. (2007) stwierdzili, że zawartość pierwiastków śladowych w glebie nawożonej przez wiele lat zależy od ich koncentracji w nawozach. Na podstawie obliczonych współczynników korelacji prostej pomiędzy zawartością badanych metali ciężkich stwierdzono odmienną ich zależność w glebie płowej i brunatnej.

W wieloletnim doświadczeniu polowym z uprawą roślin w 4-polowym zmianowaniu na glebie płowej określono wpływ nawożenia mineralnego (NPK) oraz obornika i słomy na zawartość węgla organicznego i inne wybrane właściwości gleby (**publikacja 2**). Dawki składników mineralnych (NPK) w jednej rotacji zmianowania wynosiły $419,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a obornika $30 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Obornik stosowano 1 raz lub 2 razy w zmianowaniu, a słomę w dawce $6,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 2 razy w zmianowaniu. Po 6 rotacjach zmianowania w glebie pobranej z warstwy 0-25 cm oznaczono zawartość C_{org} i N_{og} , właściwości sorpcyjne gleby i zawartość przyswajalnych makroelementów. Wzrost koncentracji węgla organicznego i azotu ogółem wynosił:

nawożenie	wzrost zawartości w stosunku do kontroli	
	C_{org}	N_{og}
NPK	3,3%	9,6%
NPK + obornik 1x	33,8%	22,9%
NPK + obornik 2x	44,4%	25,9%
NPK + słoma 2x	14,1%	13,2%

Nawożenie spowodowało także wzrost pojemności sorpcyjnej gleby i zawartości przyswajalnych makroskładników.

W innym wieloletnim doświadczeniu polowym badano współdziałanie obornika z nawozami mineralnymi w kreowaniu ilości plonu roślin (**publikacja 1**). Pod rośliny uprawiane w 4-polowym zmianowaniu stosowano niskie i wysokie dawki nawozów mineralnych (NPK) bez i z obornikiem ($30 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) 1 raz w zmianowaniu. Działanie tego nawożenia na żyzność gleby oceniono na podstawie uzyskanych plonów roślin, tj. buraka cukrowego, jęczmienia jarego, zielonej masy żyta poplonu ozimego, kukurydzy i pszenicy.

W stosunku do kontroli (bez nawożenia) uzyskiwane zwyczajki plonów wyrażonych w jednostkach zbożowych (średnia dla wszystkich roślin) wynosiły:

nawożenie	wzrost plonu jednostek zbożowych
NPK niskie	27,6%
NPK niskie + obornik	54,3%
NPK wysokie	60,6%
NPK wysokie + obornik	94,0%

Wyniki z doświadczenia, w którym porównano działanie obornika z dwoma poziomami nawożenia NPK uzasadniają potrzebę stosowania nawozów naturalnych, niezależnie od nawożenia mineralnego.

W przedstawionym osiągnięciu naukowym wykazałem, że wieloletnie coroczne nawożenie obornikiem, gnojowicą i nawozami mineralnymi wpływa korzystnie na zawartość węgla organicznego, makro- i mikroelementów w glebach. Opracowałem współczynniki przeliczeniowe, które mogą służyć do wyznaczenia dawek gnojowicy i nawozów mineralnych odpowiadających obornikowi w oddziaływaniu na zawartość węgla organicznego (próchnicy), azotu, fosforu, potasu i magnezu w glebach. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane do opracowania zasad zrównoważonego nawożenia. Poszerzają wiedzę na temat wpływu wieloletniego nawożenia na żyzność gleb, a tym samym na ilość i jakość uzyskiwanych plonów roślin.

Literatura

ATAFAR Z., MESDAGHINIA A., NOURI J., HOMAEE M., YUNESIAN M., AHMADIMOGHADDAM M., BOYE K., ERIKSEN J., NILSSON S.I. MATTSSON L. 2010. Sulfur flow in a soil-plant system-effects of long-term treatment history and soil properties. *Plant Soil* 334:323-334.

- BOYE K., ERIKSEN J., NILSSON S.I., ERIKSEN J. 2009. Net sulfur mineralization potential in Swedish arable soils in relation to long-term treatment history and soil properties. *Biol Fertil Soils* 45:743-751.
- CAPRIEL P. 2013. Trends in organic carbon and nitrogen contents in agricultural soils in Bavaria (south Germany) between 1986 and 2007. *Europ. J. Soil.* 64: 445-455.
- CIEŚCIŃSKA B., DĘBSKA B. 2009. Influence of long-term fertilization and crop rotation on the quantity and quality properties of soil humus substances. *Humic Subst. Ecosyst.* 8: 17-26.
- DĘBSKA B., SZOMBATHOVA N., BANACH-SZOTT M. 2009. Properties of humic acids of soil under different management regimes. *Polish J. Soil Sci.* 42, (2): 131-138.
- ERHART E., FEICHTINGER F., HARTL W. 2007. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization *J Plant Nutr. Soil Sci.* 170(5): 608 - 614.
- FÖRSTER S., WELP G., SCHERER H.W. 2012. Sulfur specification in bulk soil as influenced by long-term application of mineral and organic fertilizers. *Plant Soil Environ.* 58(7): 316-321.
- GAMBUŚ F., WIECZOREK J. 2012. Pollution of Fertilizers with Heavy Metals. *Ecol. Chem. Eng.* 19(4-5): 353-360.
- HABERLE J., KÁŠ M. 2012. Simulation of nitrogen leaching and nitrate concentration in a long-term field experiment. *Journal of Central Europ. Agric.* 13(3): 416-425.
- HUANG S.W., JIN J.Y. 2008. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. *Environ Monit Assess.* 139(1-3): 317-327.
- JANKOWIAK J., MURAWSKA B., SPYCHAJ-FABISIAK E., KNAPOWSKI T. 2002. Kształtowanie właściwości materii organicznej i kwasów huminowych pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 484(1): 219-224.
- KAUR J., SINGH J.P. 2014. Long-term effects of continuous cropping and different nutrient management practices on the distribution of organic nitrogen in soil under rice-wheat system. *Plant Soil Environ Vol.* 60(2): 63-68.
- KLEMENT V., SMATANOVA M., CHRBOŁKA T., TRAVNIK K. 2005. Thirty years of long term field trials in the Czech Republic. *Fragm. Agronom.* 22(1): 117-128.
- KÖRSCHENS M. 2006. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research – a review. *Plant Soil Environ.* 52 (Special Issue): 1-8.
- KRISTAPONYTE I. 2005. Effect of fertilization systems of plant nutrients and soil agrochemical properties. *Agron. Res.* 3(1): 45-54.
- LENART S., MERCIK S., ŁABĘTOWICZ J., MAZUR T., URBANOWSKI S. 2005. Zmiany właściwości fizycznych gleby pod wpływem różnych systemów nawożenia w warunkach zróżnicowanego nawożenia w pięciu wieloletnich doświadczeniach polowych. *Fragm. Agronom.* 1(85): 161-170.
- ŁOGINOW W., WISNIEWSKI W., GONET S., CIESCINSKA, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. *Polish J. Soil Sci.* 20: 47-52.
- MAZUR T. (red.) 1991 Azot w glebach uprawnych. Wyd PWN Warszawa 239 ss.
- NOGALSKA A., CZAPLA J., SKWIERAWSKA M. 2012. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients. *J. Elementol.* 17(1): 95-104.
- OCIEPA E., PRUSZEK, K., LACH, J. 2008. Zmiany zawartości metali ciężkich w glebach pod wpływem kilkunastoletniego nawożenia nawozami naturalnymi *Inż. Ochr. Środ.* 11(3): 281-285.
- POSPÍŠILOVÁ L., FASUROVÁ N., PETRÁŠOVÁ V. 2010. Förster S., Welp G., Scherer H.W. 2012. Sulfur specification in bulk soil as influenced by long-term application of mineral and organic fertilizers. *Plant Soil Environ.* 58(7): 316-321.
- RICHARDS J. E. DAIGLE, J.-Y., LEBLANC P., PAULIN R., GHANEM I. 1993 Nitrogen availability and nitrate leaching from organo-mineral fertilizers. *Canadian J. Soil Sci.* 73(2): 197-208.
- RUTKOWSKA B., SZULC W., ŁABĘTOWICZ J., KORC M. 2005. Bilans mikroelementów w różnych systemach nawożenia w warunkach trwałego doświadczenia nawozowego na glebie lekkiej. *Fragm. Agronom.* 1(85), 238-243.
- SEQUEIRA C.H., ALLEY M.M. 2011. Soil organic matter fractions as indices of soil quality changes. *Soil Sci. Soc. Americ. J.* 75: 1766-175.
- SIENKIEWICZ S., KRZEBIETKE S., PANAK H., CZAPLA J. 2005. Plony jęczmienia jarego i pszenicy jarej w zależności od nawożenia w wieloletnim doświadczeniu polowym. *Fragm. Agronom.* 1(85): 244-253.
- SIENKIEWICZ S., KRZEBIETKE S., WOJNOWSKA T. 2004. Fizykochemiczne właściwości gleby w warunkach wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego. *Annales UMCS Sec. E,* 59(1): 407-413.
- SIENKIEWICZ S., KRZEBIETKE S., WOJNOWSKA T., ŻARCZYŃSKI P., OMILIAN M. 2009. Effect of long-term differentiated fertilization with farmyard manure and mineral fertilizers on the content of available forms of P, K and Mg in soil. *J. Elementol.* 14(4): 779-786

- SOSULSKI T., KORC M. 2011. Effects of Different Mineral and Organic Fertilization on the Content of Nitrogen and Carbon in Soil Organic Matter Fractions. *Ecol. Chem. Eng. A.* 18(4): 601-608.
- SOSULSKI T., SZARA E., STĘPIEŃ W. 2013. Dissolved organic carbon in Luvisol under different fertilization and crop rotation. *Soil Sci. Annual.* 64(3): 114-123.
- STĘPIEŃ A., ADAMIAK J. 2007. Effect of fertilization methods in crop rotation on chemical characteristics of soil. *Acta Agrophysica* 10(2): 465-472.
- SZULC W., ŁABĘTOWICZ J., KUSZELEWSKI L. 1999. Zmiany ilościowe próchnicy i jej frakcji pod wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego w glebie lekkiej. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 465: 303-309.
- SZYMAŃSKA M., ŁABĘTOWICZ J., KORC M. 2005. Zawartość form potasu w glebie w warunkach trwałego doświadczenia nawozowego. *Nawozy i Nawożenie.* 3(24): 262-271.
- TOMOV T., ARTINOVA N. 2005. Effect of system mineral and organic-mineral fertilization on the humus content and humus fractions in mollic fluvisols. *Journal of Centr. Europ. Agric.* 6(4): 123-132.
- VERMA B.C., DATTA S.P., RATTAN R.K., SINGH A.K. 2013. Labile and stabilized fractions of soil organic carbon in some intensively cultivated alluvial soil. *J Environ. Biol.* 34: 1069-1075.
- ZHANG J.B., ZHU T.B., CAI Z.C., QIN S.W., MÜLLER C. 2012. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil nitrogen transformations. *Europ. J. Soil Sci.* 63(1): 75-85.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1 Omówienie dorobku naukowego

Na mój dorobek naukowo-badawczy składają się oryginalne prace twórcze, publikacje w materiałach konferencyjnych, postery i referaty. Wśród 65 oryginalnych prac (w tym jedna w druku) w 4 jestem samodzielnym, a w 25 pierwszym autorem. W polskojęzycznych monografiach opublikowane zostały 4 prace. Po doktoracie ukazało się 45 prac (21 w języku angielskim, w tym 8 z nich znajduje się w bazie Journal Citation Reports).

Jestem współautorem 55 doniesień naukowych:

- 22 prac w materiałach konferencyjnych (19 po doktoracie),
- 30 posterów (21 po doktoracie), w tym 21 na konferencjach i sympozjach międzynarodowych,
- 4 referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych (po doktoracie).

Ponadto jestem współautorem 4 artykułów popularnonaukowych, 2 skryptów i 1 patentu. Według rankingu czasopism MNiSW z 31.12.2014 mój dorobek za przedstawione prace naukowe wynosi 464 punkty (479 pkt. z 1 pracą w druku) (Tab. 1), a według roku wydania 348 punktów. Po doktoracie mój dorobek wynosi 342 punkty (MNiSW 2014), a według roku wydania 274 punkty. Sumaryczny Impact Factor dla wszystkich publikacji wynosi 4,537 (5,227 łącznie z 1 pracą w druku). Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (Cited Reference Search) wynosi 34, a Index Hirscha 4.

Tabela 1

Wykaz czasopism oraz zestawienie punktów wg listy MNiSW z 31.12 2014

Nazwa czasopisma	Liczba* artykułów	Punkty wg MNiSW ₂₀₁₄	Suma punktów	IF** (suma)
<i>Czasopisma punktowane</i>	59 60*		464 479*	4,537 5,227*
Acta Agrophysica	2	7	14	-
Aura	1	2	2	-
Chemical Engineering Transactions	1	10	10	-
Ecological Chemistry and Engineering	9	6	54	-
Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura	4	4***	16	-
Fresenius Environmental Bulletin	4	15	60	(1,924)
Inżynieria Ekologiczna	1	5	5	-
Journal of Elementology	2*	15	30*	(0,690)*
Nawozy i Nawożenie	3	2***	6	
Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych	1	5	5	-
Polish Journal of Soil Science	1	4	4	-
Polish Journal of Environmental Studies	3	15	45	(2,613)
Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska.	2	5	10	-
Roczniki Gleboznawcze- Soil Science Annual	2	5	10	-
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	23	9	207	-
Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie	1	1	1	-
<i>Czasopisma niepunktowane</i>	5	-	-	-
Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN	2	-	-	-
Monografie Wszechnicy Mazurskiej	2	-	-	-
Sodinikysté ir daržinikysté	1	-	-	-
<i>Czasopisma popularno-naukowe</i>	4	-	-	-
Węgiel Brunatny	3	-	-	-
Rolnicze ABC	1	-	-	-
<i>Łącznie</i>	68 69*	-	464 479*	4,537 5,227*

* łącznie z 1 pracą w druku

** wg roku opublikowania

*** wg ostatniego roku wydania

5.2 Główne kierunki badawcze

Moja działalność naukowa koncentruje się wokół następujących kierunków badań:

- 1. Oddziaływanie nawozów na właściwości gleb i jakość plonów roślin**
- 2. Produkcja i wartość nawozowa kompostów**
- 3. Skład chemiczny ścieków i osadów ściekowych**
- 4. Chemiczne zanieczyszczenia elementów środowiska**

1. Oddziaływanie nawozów na właściwości gleb i na jakość plonów roślin:

- a) nawozy wieloskładnikowe** (publikacje II.D.5, II.D.11, II.D.12, II.D.15, II.D.28, II.D.29, II.D.45)

W asortymencie nawozów mineralnych następuje ciągły wzrost produkcji nawozów wieloskładnikowych, których wartość rolniczą sprawdza się w doświadczeniach wegetacyjnych. Takie badania polowe przeprowadzono w celu porównania Polifoski 6, Hydro Plonu 6, Polimagu 305 z nawozami jednoskładnikowymi. Roślinami testowymi zmianowania 4 – polowego były marchew pastewna, jęczmień jary, groch pastewny i pszenica ozima. Zwyżki plonu w stosunku do kontroli (166,8 j. zb.) wynosiły: Polifoska 6 - 91,2, Hydro Plon 6 - 81,6, Polimag 305 - 93,9 a nawozy jednoskładnikowe - 95,5 j. zb. Wykorzystanie składników z nawozów nie było zróżnicowane i wynosiło średnio: N - 59,6%, P - 43,0% i K - 79,0% co należy uznać za zadowalające.

Inne nawozy wieloskładnikowe tj. Polifoskę W i Polifoskę J oraz Rekulter porównano z nawozami jednoskładnikowymi i węglem brunatnym w doświadczeniu polowym. Działanie nawozów jednoskładnikowych okazało się korzystniejsze niż Rekultera (nawóz organiczno-mineralny) i węgla brunatnego w odniesieniu do plonu jęczmienia jarego i ziemniaka. Węgiel brunatny spowodował jednak wzrost zawartości C_{org} w glebie.

Porównanie działania Polifoski 5 i Polimagu S na plon owoców pomidora wykazało, że lepszym nawozem okazała się Polifoska 5, mimo nieco większego wzrostu zawartości azotanów (V) w owocach. W kolejnym doświadczeniu

stwierdzono, że rodzaj nawozu nie różnicował zawartości azotu, fosforu i magnezu w owocach pomidora. Te same dwa nawozy wieloskładnikowe użyto do nawożenia Pepino (*Solanum muricatum*). Większy plon suchej masy owoców uzyskano stosując Polifoską 5 niż Polimag S. Ustalono optymalne dawki badanych nawozów dla tej mało znanej w uprawie rośliny.

b) nawozy naturalne, nawozy organiczne i mineralne (publikacje II.D.1, II.D.2, II.D.4, II.D.8-10, II.D.17-21, II.D.23-27, II.D.30-36, II.D.38, II.D.44, II.D.46, II.D.49)

Nawożenie powinno opierać się na zrównoważonej gospodarce składnikami pokarmowymi w układzie gleba-roślina. Zachowanie właściwej proporcji N:P:K, odpowiadającej wymaganiom pokarmowym roślin jest warunkiem otrzymania optymalnych plonów o niepodważalnych cechach jakościowych oraz chroni środowisko przed zanieczyszczeniem. Stosując tylko nawożenie mineralne i niewłaściwe zmianowania roślin możemy doprowadzić do zubożenia gleby w substancję organiczną. Stosowanie zbyt dużych dawek nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych może prowadzić do strat składników pokarmowych i degradacji środowiska glebowego. W doświadczeniach badano wpływ różnych nawozów na plon i właściwości fizyczne, fizyko-chemiczne i chemiczne gleb.

W wieloletnim doświadczeniu statycznym badano wpływ stosowania nawozów naturalnych i mineralnych na ilość i jakość plonu kukurydzy. Największe różnice w działaniu poszczególnych rodzajów i dawek nawozów uwidoczniły się w plonie łodyg i liści okrywających kolby. Największy plon ziarna uzyskano po nawożeniu mineralnym. Na plon zielonej masy najkorzystniej działała gnojowica w większej dawce. W innych badaniach stwierdzono korzystne działanie obornika i gnojowicy na zawartość mineralnych form azotu, przyswajalnego potasu i magnezu w glebach. Udowodniono, że prawidłowe stosowanie nawozów naturalnych nie powoduje naruszenia gospodarki składnikami mineralnymi w glebach. Ujemny ich wpływ może wystąpić po zastosowaniu dużych dawek lub zwiększonej częstotliwości

stosowania. Prowadzi to do eutrofizacji środowiska glebowego a następnie do zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych.

Badania roztworu glebowego przeprowadzono w wieloletnim doświadczeniu nawozowym prowadzonym na glebie płowej. Ustalono, że w stosunku do obiektu kontrolnego wzrost zawartości jonowych form azotu mineralnego w obiektach nawozowych wynosił 99,8%. Największy wzrost zanotowano w roztworze glebowym poletek nawożonych obornikiem, następnie NPK a najmniejszy w obiektach z gnojowicą w dawce zrównoważonej z obornikiem ilością wnoszonego do gleby azotu. Udział jonów w roztworze glebowym wynosił średnio: NH_4^+ - 2,6%, NO_3^- - 96,1%, NO_2^- - 1,3%.

Zawartość Cd, Ni i Li w roztworze glebowym określono po nawożeniu mineralnym i obornikiem+NPK. Zawartość badanych składników w roztworze glebowym wahała się w granicach: 1,04-7,42 g Cd, 2,98-5,48 g Ni i 0,3-0,6 mg Li w przeliczeniu na 1 ha w warstwie ornej gleby. Ich zawartość w roztworze glebowym była bardziej uzależniona od charakteru pierwiastka a w mniejszym stopniu od nawożenia i rodzaju gleby.

W innych wieloletnich doświadczeniach badano wpływ nawozów naturalnych i mineralnych na pH i kwasowość gleb. Stwierdzono, że nawożenie gnojowicą w niewielkim stopniu wpłynęło na zmiany pH gleby, natomiast obornik spowodował wzrost. Nawozy mineralne we wszystkich doświadczeniach działały zakwaszająco na badane gleby. Tylko w obiektach z obornikiem nie zanotowano wzrostu kwasowości hydrolitycznej.

Po 26 latach corocznego nawożenia oznaczono w glebach zawartość miedzi, manganu, cynku, ruchomego glinu, aktywnego manganu i WWA. Okazało się, że nawozy naturalne są cennym źródłem Cu, Mn i Zn dla roślin oraz wzbogacają glebę w zapasowe formy tych mikroelementów. Ich zawartość zależna jest bardziej od typu gleby niż nawożenia.

Nawożenie obornikiem i obornikiem + PK miało dodatni wpływ na zmniejszenie zawartości glinu ruchomego w glebach. Zawartość glinu ruchomego w warstwie ornej gleby płowej i gleby brunatnej nawożonych

gnojowicą i NPK była zbliżona. Wzrost zawartości aktywnego manganu wystąpił tylko w obiektach z obornikiem i gnojowicą w dawce zrównoważonej z obornikiem węglem organicznym.

W glebie brunatnej i płowej statycznego doświadczenia nawozowego określono zawartość WWA. Badania wykazały, że nawożenie spowodowało wyraźne zmiany w zawartości sumy tych węglowodorów. Wpływ rodzaju nawozu i dawki gnojowicy na zawartość WWA był zróżnicowany, co można przedstawić w następującym szeregu: obornik > obornik + PK > gnojowica + PK > NPK > gnojowica. Dodatkowe nawożenie fosforem i potasem (PK), stosowane z gnojowicą, przyczyniło się do wzrostu zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebach. Natomiast takie same dawki P i K stosowane z obornikiem działały ujemnie. Wśród WWA dominowały węglowodory 3-pierścieniowe. Wynika to z dużej zawartości acenaftylenu i acenaftenu.

Stosowanie nawozów naturalnych, a szczególnie obornika, wpłynęło korzystnie na właściwości fizyczne gleb w warstwie ornej. Zwiększyła się jej porowatość, głównie w zakresie porów kapilarnych, kształtujących połowę pojemność wodną. Natomiast nawożenie mineralne pogarszało zdolności retencyjne gleb. Zmiany właściwości fizycznych w glebie płowej były większe niż w glebie brunatnej.

Oceniono skutki stosowania osadu ściekowego pochodzącego z Oczyszczalni Ścieków w Olecku. Próbkę gleby pobrane z pól użyźnianych osadem ściekowym wykazywały zmiany wielu właściwości chemicznych ważnych z punktu widzenia żyzności gleb. Do zmian korzystnych należy zaliczyć zwiększenie zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego oraz zawartości przyswajalnych form P, K i Mg w glebie. Pod wpływem zastosowanego osadu ściekowego nastąpił wzrost pojemności sorpcyjnej oraz zwiększenie udziału Ca i Mg w kompleksie sorpcyjnym. Do niekorzystnych zmian właściwości chemicznych należy zaliczyć wzrost kwasowości hydrolitycznej oraz niewielki przyrost zawartości metali ciężkich w glebie.

Oznaczono zawartość makroskładników w nawozach naturalnych tj. w oborniku, gnojowicy i pomioście drobiowym. Próbkę nawozów z całej Polski gromadziła Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Olsztynie, która była koordynatorem tych badań. Zakres oznaczeń laboratoryjnych obejmował zawartości suchej masy oraz azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia. Wykazano, że obornik bydlęcy zawierał większe ilości makroskładników niż obornik trzody chlewnej. Odmiennie kształtowała się zależność w gnojowicach, większą zawartość makroskładników stwierdzono w gnojowicy trzody chlewnej w porównaniu do gnojowicy bydlęcej. W pomioście indyckim stwierdzono o 5% większą koncentrację makroskładników niż w pomioście kurzym, przy dość dużym zróżnicowaniu w odniesieniu do każdego badanego makroskładnika. Badania te oraz innych autorów wskazują na potrzebę ich kontynuacji, ze względu na postępujące wzbogacanie składu chemicznego nawozów naturalnych.

c) zawartość ditlenku węgla w powietrzu glebowym (publikacje II.D.14, II.D.40, II.D.50)

Pomiary CO₂ w glebach wykonano w 27 roku od założenia statycznego doświadczenia założonego na glebie brunatnej nawożonej obornikiem lub gnojowicą trzody chlewnej. Zawartość ditlenku węgla oznaczano w warstwie gleby 0-25 cm., w okresie wegetacji roślin co 7 dni w miesiącach maj-sierpień. Gnojowica i obornik stosowane w dawkach zrównoważonych azotem nie różnicowały istotnie zawartości CO₂, a nawożenie NPK zwiększało jego zawartość. Największą zawartość CO₂ stwierdzono w obiektach nawożonych gnojowicą w dawce zrównoważonej z obornikiem ilością wprowadzonego do gleby węgla organicznego. W stosunku do obiektu kontrolnego w wyniku nawożenia średni wzrost zawartości CO₂ wynosił 40%.

W innym doświadczeniu polowym dokonano pomiarów CO₂ w glebach od czerwca do połowy września tj. 12 tygodni. W obiektach nawożonych obornikiem+NPK średni wzrost stężenia CO₂ wynosił 0,05% obj., a w obiektach

nawożonych obornikiem tylko 0,02% obj. Badania wykonano w ramach realizacji projektu finansowanego przez KBN.

W doświadczeniu wazonowym badano zawartość CO₂ w glebie nawożonej kompostami otrzymanymi z małowcennych gatunków ryb jeziorowych z komponentami takimi, jak: słoma, kora drzewna, trociny i węgiel brunatny. Doświadczenie założono w dwóch seriach tj. bez dodatkowego nawożenia i z dodatkowym nawożeniem mocznikiem. Uprawiano rzodkiewkę, a po jej zbiorze sałatę. Pomiary prowadzono co 7 dni przez 9 tygodni. Stwierdzono, że wzrost stężenia CO₂ w powietrzu glebowym zależał od uprawianej rośliny. Największe zmiany stężenia CO₂ stwierdzono w pierwszych czterech tygodniach.

2. Produkcja i wartość nawozowa kompostów (publikacje IIA.1, II.D.7, II.D.13, II.D.16, II.D.22, II.D.37, IID.42, II.D.43, II.D.45, II.D53, II.D.54).

W swoich badaniach różnych kompostów wykazałem ich nawozową przydatność. Komposty z osadów ściekowych, odpadów przemysłowych i rolniczych oceniono na podstawie plonów roślin, zawartości mikro- i makroskładników nawozowych oraz wartości próchnicotwórczej. Najlepszym komponentem do kompostowania z osadami ściekowych okazały się liście drzew bowiem zawierały najwięcej makroskładników, w tym azotu poprawiającego stosunek C:N. Z dawką 10 t·ha⁻¹ suchej masy kompostu średnia ilość węgla organicznego wprowadzonego do gleby wynosiła 1878 kg·ha⁻¹. Takim kompostem można zastąpić nawożenie obornikiem, np. w gospodarstwach bezinwentarzowych.

W badaniach kompostów z odpadów przemysłowych i rolniczych (pomiotu kurzego z trocinami, gnojowicy z trocinami i słomą oraz osadów ścieków komunalnych z trocinami) stwierdzono, że otrzymane komposty różniły się zawartością azotu oraz składem frakcyjnym.

Porównania wartości nawozowej kompostu z kory drzew w stosunku do obornika dokonano w 3 letnim doświadczeniu polowym określając zmiany

ilościowe i jakościowe w glebie i w owocach poziomki. W glebie wzrosła zawartość przyswajalnych form magnezu i fosforu oraz cynku i żelaza. Na plon owoców poziomki działanie obornika było korzystniejsze niż kompostu. Zawartość związków organicznych tj. witaminy C, cukrów ogółem, kwasów organicznych i polifenoli ogółem zależała głównie od warunków pogodowych, a mniej od nawożenia. W innym doświadczeniu badano wpływ nawożenia kompostem z kory i obornika na zawartość azotu w glebie i owocach poziomki. Nawozy te spowodowały wzrost zawartości w glebie N-łatwo hydrolizującego a w owocach poziomki N-ogółem o 20,4% i 29,7%.

Opracowano technologię przetwarzania osadów ściekowych (tłuszczowych) powstających w Zakładach Chemicznych „Strem” w Dąbrowie Górniczej na kompost, z dodatkiem komponentów organicznych tj. trocin lub słomy. Dodatek tych komponentów poprawił właściwości fizyczne masy kompostowej co spowodowało szybki rozwój bakterii termofilnych, redukujących związki tłuszczowe, z zawartości ponad 30% do 1,0-1,5% s.m. w dojrzałym kompoście. Zawartość składników nawozowych w takim kompoście wynosiła średnio: N – 9,5 mg·kg⁻¹, P - 4,2 mg·kg⁻¹, K - 1,5 mg·kg⁻¹, Ca - 4,8 mg·kg⁻¹, Mg - 0,5 mg·kg⁻¹ w s.m. Ich wartość nawozową sprawdzono w doświadczeniu wazonowym. Istotny wpływ tego kompostu na plon kukurydzy i facelii otrzymano w obiektach z dodatkowym nawożeniem azotem. Opracowano instrukcję wdrożeniową wg której założono przyzmy kompostowe na terenie przyległym do Zakładów Chemicznych „Strem” w Dąbrowie Górniczej oraz na terenie Zakładu Dydaktyczno-Naukowego w Tomaszku należącym do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

Podjęto badania nad uzyskaniem kompostów z oddzierek tłuszczowych skór surowych. Oddzierki stanowią ok. 30% masy materiału przeznaczonego do garbowania. Z tego odpadowego surowca tłuszczowego, pochodzącego z Zakładów Przemysłu Tłuszczowego „WEL” w Lidzbarku Welskim, opracowano metodę przetwarzania ich na komposty. Kompostowanie oddzierek skór surowych nastąpiło po ich rozdrobnieniu na małe kawałki, wymieszaniu

z komponentem (trociny) i umieszczeniu w specjalnych skrzyniach. Po 3-5 dniach temperatura wewnątrz kompostu wynosiła ponad 40°C i po okresie intensywnego rozkładu związków tłuszczowych ustabilizowała się na poziomie 15-20°C. Dojrzałość kompostu stwierdzono po 60-65 dniach kompostowania. Gotowy kompost zawierał: N-14,1 mg·kg⁻¹, P-2,3 mg·kg⁻¹, K-1,3 mg·kg⁻¹, Ca-11,3 mg·kg⁻¹ i Mg-3,0 mg·kg⁻¹ w suchej masie. Zawartość substancji organicznej i składników nawozowych kwalifikuje otrzymany kompost do stosowania w rolnictwie i ogrodnictwie.

W doświadczeniu wazonowym oceniono wartość nawozową kompostów wyprodukowanych z wycierki ziemniaczanej z dodatkiem osadu ściekowego, słomy lub trocin. Działanie kompostów wpłynęło dodatnio na długość źdźbła i kłosa, większą ilość ziaren w kłosie pszenżyta oraz długość łodyg, rozgałęzień i łuszczyń rzepaku. Plon pszenżyta i rzepaku zależał od dawki kompostu i uzupełniającego nawożenia mineralnego.

Utylizacja ubocznych produktów pochodzących z gospodarki rybackiej poprzez ich przetwarzanie na kompost ma gospodarcze i ekologiczne uzasadnienie. Uzyskuje się bowiem cenny nawóz organiczny wzbogacający glebę w substancję organiczną i składniki pokarmowe roślin. Do badań wykorzystano drobne ryby karpowate odłowione z Jeziora Kortowskiego (odpady rybne). Po trzech miesiącach uzyskano dojrzały kompost, który posłużył do przeprowadzenia doświadczenia wazonowego. W wazonach uprawiano rzodkiewkę, a po jej zbiorze sałatę. Doświadczenie obejmowało dwie serie tj. kompost w dawce 1,0 g N na wazon i kompost w takiej samej dawce z dodatkiem 0,5 g mocznika na wazon. W stosunku do kontroli średni wzrost plonu rzodkiewki wynosił 52,7% w obiektach bez mocznika i 35,4% w obiektach z mocznikiem. Na podstawie analiz wykazano, że nawożenie tylko kompostem lub kompostem z mocznikiem spowodowało wzrost zawartości P, K, Ca, Mg.

Nastąpił również wzrost zawartości wymienionych makroskładników w liściach rzodkiewki. Komposty korzystnie wpłynęły na zawartość węgla organicznego i przyswajalnych form fosforu i magnezu w glebie.

3. Skład chemiczny ścieków i osadów ściekowych (publikacje II.D.3, II.D.38, II.D.47, II.D.51)

Badania ścieków z Oczyszczalni Ścieków w Olecku przeprowadzono w latach 2003-2004, pobierając próbki jeden raz w miesiącu w cyklu dobowym. Wykazano, że stopień redukcji zanieczyszczeń ścieków wynosił: BZT5-98,8%, N-ogólnego 83,6% i N-amonowego 91,2%. W ściekach oczyszczonych ilość azotu ogółem ulegała dużym wahaniom od 7,07 do 41,30 mg·dm⁻³. Między zawartością N-ogółem a ilością N-NH₄ współczynnik korelacji wynosił $r = 0,98$, czego nie stwierdzono w odniesieniu do N-NH₄ i N-NO₃.

Przeprowadzono badania zawartości suchej masy, materii organicznej, makroskładników, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, i Hg oraz pH w osadach ścieków komunalnych województwa warmińsko-mazurskiego. Osady zawierały ponad 24% suchej masy i ponad 62% materii organicznej. Stwierdzono dużą zmienność zawartości makro- i mikroskładników w latach badań. Suma badanych metali ciężkich wyniosła średnio 1047 mg kg⁻¹ s.m., przy dużej różnicy w odniesieniu do poszczególnych składników (od 0,703 mg kg⁻¹ Hg do 771,2 mg kg⁻¹ Zn). Największą zmienność koncentracji w analizowanych osadach ściekowych wykazał kadm, a najmniejszą rtęć. Badane osady ściekowe stosowane w rolnictwie są wystarczającym źródłem miedzi i cynku dla roślin uprawnych.

4. Chemiczne zanieczyszczenia elementów środowiska (publikacje II.A.2, II.A.3, II.A.4, II.A.5, II.D.6, II.39. II.D.48, II.D.52)

Badania dotyczyły źródeł i skutków zanieczyszczenia różnych elementów środowiska a także roślin wskaźnikowych.

Wykonano analizy gleb na zawartość chlorków wzdłuż trzech ulic Olsztyna o różnym nasileniu ruchu samochodów. Stwierdzono, że średnie stężenie chlorków wahało się w granicach 38,3-22,4 mg·kg⁻¹ gleby. Dokonano także pomiarów ich zawartości w zależności od odległości od krawędzi jezdni stwierdzając ich największą zawartość w odległości 0,5 m. Zbadano wpływ stężenia chlorku sodu w podłożu na kiełkowanie nasion warzyw. Dynamikę

kiełkowania badano zwiększając stężenie NaCl w roztworze wodnym. Stwierdzono, że zwiększona zawartość chlorku sodu wpływa negatywnie na zdolność kiełkowania wszystkich badanych gatunków. Wodny roztwór NaCl o przewodności właściwej $6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ spowodował zmniejszenie dynamiki kiełkowania nasion, a roztwór o przewodności właściwej $10 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ całkowicie uniemożliwił kiełkowanie.

Zbadano skażenie chemiczne gleby lekkiej spowodowane składowaniem pojazdów silnikowych wycofanych z eksploatacji. Stwierdzono duże różnice w zawartości miedzi, ołowiu, chromu i cynku w glebie w miejscu składowania. Zawartość metali ciężkich sprawiła, że gleby zaliczono do zdegradowanych chemicznie.

Określono zawartość metali ciężkich w glebie i mchu wzdłuż torów kolejowych na przedmieściach Olsztyna w kierunku południowym. Oznaczono zawartość Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, i Cd. Stwierdzono, że zawartość tych pierwiastków w mchu i glebie zmniejszała się wraz z odległością od torów, z wyjątkiem Cu.

Zanieczyszczenie środowiska w Olsztynie określono na podstawie zawartości Pb, Cd i Zn w igłach sosny zwyczajnej, korzeniach i liściach babki zwyczajnej, muchomorze zwyczajnym i glebie. Próbkę do badań z 10 miejsc miasta pobrano po upływie miesiąca od rozpoczęcia sezonu grzewczego. Stwierdzono, że bliskość szlaków komunikacyjnych i osiedli domków jednorodzinnych (spalanie węgla) miały wpływ na zawartość badanych metali ciężkich w glebach i roślinach. Największą koncentrację Cd i Pb stwierdzono w liściach i korzeniach babki zwyczajnej.

W badaniach nad neutralizacją skażeń gleby metalami ciężkimi, jako roślinę wskaźnikową, wykorzystano kukurydzę. Przeprowadzono doświadczenia wazonowe, w których badano wpływ wzrastających dawek niklu na zawartość makro- i mikroelementów w częściach nadziemnych kukurydzy po aplikacji do gleby substancji neutralizujących (zeolitu i haloizytu). Zawartość makro-

i mikroelementów zależała od dawki niklu, a także rodzaju zastosowanej substancji neutralizującej.

W badaniach dotyczących zanieczyszczonych wód gruntowych użyto piasku wapiennego jako bariery reaktywnej do usuwania miedzi. Stwierdzono, że chemicznie i termicznie modyfikowany wapień wykazuje wysoką skuteczność (ponad 94%) w usuwaniu miedzi z wody.

Zbigniew Mazur