

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko:

Sławomir Józef Krzebietke

2. Posiadane stopnie naukowe

Doktor nauk rolniczych (dyscyplina agronomia, specjalność chemia rolna) Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Obrona 23.10.2003 r. na podstawie rozprawy nt. „Kształtowanie się plonów i równowagi jonowej roślin w zależności od systemu nawożenia w zmianowaniu”.

Promotor: prof. dr hab. Teresa Wojnowska

Recenzenci: prof. dr hab. Tadeusz Filipek, prof. dr hab. Jan Łabętowicz

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

od 17.12.2004 r. adiunkt w Katedrze Chemii Rolnej i Ochrony 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:

„Oddziaływanie wieloletniego nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi na glebę i rośliny”

B) Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe

1. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, WOJNOWSKA T. 2004. Fizykochemiczne właściwości gleby w warunkach wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego. Ann. UMCS, Sect. E, 59(1): 407-413 **(1)**.
2. **KRZEBIETKE S.**, SIENKIEWICZ S. 2004. Równowaga jonowa jęczmienia jarego i plon ziarna w warunkach zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego. J. Elem., 9(4): 617-626 **(2)**.
3. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, SIENKIEWICZ J. 2004. Równowaga jonowa kukurydzy i jej wpływ na plon w warunkach zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego. J. Elem., 9(4): 749–758 **(3)**.
4. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, WIERZBOWSKA J., CZAPLA J. 2004. Zmiany chemicznych właściwości gleby w zależności od systemu nawożenia. Ann. UMCS, Sect. E, 59, 1, 415–422 **(4)**.
5. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, PANAK H., CZAPLA J. 2005. Plony jęczmienia jarego i pszenicy jarej w zależności od nawożenia w wieloletnim doświadczeniu polowym. Fragm. Agron., 22, 1(85): 244-253 **(5)**.
6. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, WOJNOWSKA T., PANAK H., CZAPLA J. 2005. Technological quality of sugar beets under influence of FYM and potassium fertilization in a permanent field trial. Fragm. Agron., 22, 1(85): 254-263 **(6)**.
7. 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. Elem., 14(4): 779–786 **(7)**.
8. SIENKIEWICZ S., WOJNOWSKA T., **KRZEBIETKE S.**, WIERZBOWSKA J., ŻARCZYŃSKI P. 2009. Content of available forms of some micronutrients in soil after long-term differentiated fertilization. J. Elem., 14(4): 787–794 **(8)**.
9. SIENKIEWICZ S., **KRZEBIETKE S.**, ŻARCZYŃSKI P., CZAPLA J., OMILIAN M. 2010. Produktywność gleby po wieloletnim nawożeniu obornikowo-mineralnym i mineralnym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 556: 937-943 **(9)**.

C) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania praktycznego

Jako osiągnięcie naukowe przedkładam zbiór prac, w którym przedstawiam moje badania nad wpływem nawożenia naturalno-mineralnego i mineralnego na zmiany właściwości chemicznych gleby oraz ilość i jakość plonów roślin. Wyniki uzyskałem w statycznym długotrwałym doświadczeniu polowym.

Wieloletnie eksperymenty gwarantują najbardziej miarodajne wyniki w zakresie chemizmu gleb użytkowanych rolniczo i ich cech produktywności w porównaniu z eksperymentami kontrolowanymi, wazonowymi czy doświadczeniami laboratoryjnymi. Kompleksowe podejście do problematyki ujętej w badaniach sprawia, że niesie ono duży wkład merytoryczny i poznawczy w zakresie omawianych zagadnień.

Każda ingerencja w środowisko glebowe wiąże się z mniejszymi lub większymi zmianami jego parametrów chemicznych. Wielu autorów podkreśla niekorzystny wpływ niezrównoważonego nawożenia mineralnego na chemiczne właściwości gleby (MAZUR, SADEJ 1993; KUSZELEWSKI i in. 1996; SIENKIEWICZ 2003). Obecnie w produkcji rolniczej obserwuje się specjalizację: powstają duże fermi drobiu, krów mlecznych, trzody chlewnej itd., inne gospodarstwa prowadzą wyłącznie produkcję roślinną. Takie systemy gospodarowania rolniczego sprawiają, że niejednokrotnie w niektórych gospodarstwach, miejscowościach, a nawet rejonach kraju występują bardzo duże nadwyżki nawozów naturalnych. Możliwości ich wykorzystania reguluje ustawa „O nawozach i nawożeniu” z dnia 10 lipca 2007 r. (Dz. U. Nr 147, poz. 1033), wg której dawka azotu w zastosowanym nawozie naturalnym w przeliczeniu na 1 ha nie powinna przekroczyć 170 kg N (ok. 35 t·ha⁻¹ obornika). W praktyce unormowania te nie

zawsze są przestrzegane, co wynika najczęściej z niedostosowania poziomu produkcji zwierzęcej do posiadanego areалу. Coraz częściej w uprawie wprowadzane są uproszczenia oraz niemal zanika klasyczna gospodarka płodozmianowa, która jeszcze jest stosowana w rolnictwie ekologicznym. Wyłączne nawożenie organiczne nie zapewnia odpowiednich proporcji składników mineralnych w glebie (KUSZELEWSKI i in. 1996; SIENKIEWICZ 2003). Najbardziej korzystne wydaje się nawożenie uwzględniające zarówno obornik, jak i nawozy mineralne, warunkuje to bowiem m.in. bardziej stabilny odczyn gleby, co potwierdzają w badaniach liczni autorzy (ŁABĘTOWICZ i in. 1999; DAUGĖLIENĖ 2002; SIENKIEWICZ 2003).

W badaniach własnych (**publikacja 1**) wykazałem, że wprowadzany regularnie do gleby nawóz naturalny (obornik) zwiększał pojemność kompleksu sorpcyjnego, sumę zasad i jego wysycenie zasadami. Azot zgodnie z uzyskanymi wynikami powodował obniżenie pH gleby. O negatywnym wpływie N można przeczytać w wielu pracach (FILIPEK, KACZOR 1997; KACZOR, KOZŁOWSKA 2003; SIENKIEWICZ 2003).

W wyniku wieloletniego stosowania obornika, w kompleksie sorpcyjnym korzystnie zwiększał się udział kationów Mg^{2+} i K^+ (**publikacja 1**). Ich ilość w kompleksie sorpcyjnym gleby zwiększała się również na skutek wprowadzania nawozów mineralnych zawierających te składniki nawozowe. Wapnowanie wpływało nieznacznie na zmniejszenie zawartości jonów Mg^{2+} w glebie, natomiast wyraźnie zwiększyło ilość kationów Ca^{2+} . Azot w dużym zakresie prowadził do zwiększonego udziału jonów H^+ , powodując tym samym w kompleksie sorpcyjnym zmniejszenie udziału wapnia i magnezu. Wielu autorów wskazuje na korzystny wpływ nawożenia organiczno-mineralnego na

wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami (MERCİK i in. 2000; RABIKOWSKA, PISZCZ 2000; SIENKIEWICZ 2003).

W badaniach zaprezentowanych w **publikacji 4** wykazałem, że nawożenie obornikiem i nawozami mineralnymi w porównaniu z wyłącznym nawożeniem mineralnym wydatnie zwiększa zasoby węgla organicznego i azotu ogólnego w glebie. Średni wzrost zawartości węgla organicznego w przeprowadzonych badaniach kształtował się w granicach bliskich 50%, a azotu nie przekraczał 40%. Stosowane w doświadczeniu wieloletnim nawozy mineralne (N, P, K, Mg, Ca) nie miały istotnego wpływu na koncentrację węgla organicznego i azotu ogółem w warstwie gleby (0-25 cm). Według Szulca i in. 1999 oraz Sienkiewicza 2003 zawartość $N_{ogół.}$ i $C_{org.}$ zależy od zastosowanego systemu nawożenia.

Nawożenie zarówno nawozami mineralnymi jak i naturalnymi czy organicznymi stwarza niebezpieczeństwo wzrostu zawartości mineralnych form azotu w glebie – amonowego i azotanowego (**publikacja 4**). W przeprowadzonym doświadczeniu udowodniłem, że duże dawki azotu mineralnego powodowały zwiększenie ilości $N-NO_3$, a obornik w większym stopniu odpowiadał za nagromadzenie $N-NH_4$ w glebie. W badaniach HOUBA i in. (1987) stwierdzono, że zróżnicowane nawożenie i zmianowanie nie zmieniało w szerokim zakresie ilości mineralnego azotu glebowego. Jednak moje wyniki wykazały jednoznaczny wzrost zawartości $N_{min.}$ w glebie ($N-NH_4+N-NO_3$) pod wpływem nawożenia obornikiem lub tylko nawozami azotowymi. Z kolei NOWAK i in. (2000) otrzymali większy wzrost koncentracji $N_{min.}$ po nawożeniu mineralnym niż po zastosowaniu obornika. W przeciwieństwie do tego MERCİK i in. (2000) uzyskali wyniki wskazujące na znaczący wpływ obornika na zawartość azotu mineralnego w glebie, co zdaniem autorów świadczy o większych jego stratach

po zastosowaniu obornika niż nawozów mineralnych. Na podstawie wyników własnych mogę przychylić się do powyższego stwierdzenia.

Optymalny poziom zasobności gleby w składniki pokarmowe (przyswajalne dla roślin) zależy od wielu czynników: typu gleby, możliwości zatrzymywania składników pokarmowych, intensywności produkcji oraz poziomu nawożenia organiczno-mineralnego. Dostępność składników przyswajalnych dla roślin warunkowana jest przede wszystkim dobrze zbilansowanym nawożeniem organiczno-mineralnym (BARCZAK i in. 1999). Natomiast niezbilansowana gospodarka nawozowa powoduje przemieszczanie się większych ilości biogenów do wód gruntowych, co powoduje ich skażenie (KOC i in. 2008; SKWIERAWSKI i in. 2008). W wyniku prowadzonych badań wykazałem dodatni wpływ obornika na zawartość przyswajanych form P, K i Mg w glebie (**publikacje 4, 7**). Stwierdziłem, że regularnie stosowany obornik (co 2 lata) zwiększył prawie 3-krotnie ilość dostępnego fosforu; 2,3-krotnie potasu oraz 1,4-krotnie magnezu w glebie. W niektórych pracach naukowych (STRĄCZYŃSKA 1998; BARCZAK i in. 1999) spotyka się pogląd, że stosowanie wyłącznie nawozów naturalnych w długim okresie może prowadzić do zubożenia gleby w fosfor. Obornik również w większym zakresie niż formy mineralne nawozów potasowych i magnezowych zwiększał dostępność tych kationów w glebie (**publikacja 4**). Na podstawie badań własnych wykazałem, że nawet coroczne nawożenie magnezem w dawkach nieznacznie przekraczających jego pobranie nie dało tak pozytywnych efektów jak obornik stosowany co 2 lata. Jak podają DECHNIK i in. (1993), niekorzystnym zjawiskiem jest wymywanie magnezu wraz ze wzrostem dawek NPK. Zdaniem KANIUCZAK (1999) zjawisko zmniejszania dostępności magnezu jest związane z wyczerpywaniem się jego zasobów glebowych i nawet

nawożenie tym składnikiem nie powoduje zwiększenia ilości przyswajalnego Mg w glebie. W świetle badań własnych stwierdziłem, że w warunkach gospodarki bezobornikowej wzrost zasobności gleby w składniki pokarmowe można osiągnąć stosując zrównoważone nawożenie i wapnowanie.

Mikroskładniki wprowadzone do gleby wraz z nawozami odgrywają bardzo ważną rolę w przemianach biochemicznych zachodzących w roślinach (SPIAK 2000). Odpowiednią zasobność gleby w mikroelementy zapewnia zrównoważone nawożenie, zarówno mineralne, jak i organiczne. Zbyt duże dawki nawozów mineralnych, organicznych i naturalnych przekraczające potrzeby pokarmowe uprawianych roślin, zawierających również śladowe ilości metali ciężkich, mogą spowodować skażenie środowiska glebowego. Mikroelementy zawarte w glebie są niezbędne do właściwego wzrostu i rozwoju roślin. Po przekroczeniu optymalnej zasobności na skutek np. niezbilansowanego nawożenia, pierwiastki te stają się metalami ciężkimi, powodującymi skażenie gleby i roślin (RATTAN i in. 2005; DIATTA 2008). Wyniki badań, jakie uzyskałem w doświadczeniu wieloletnim wykazały, że regularnie stosowany obornik nie powoduje zagrożenia związanego z nadmiarem Cu, Zn i Mn w glebie (**publikacja 8**). Zawartość ww. pierwiastków w glebie mieściła się w granicach optymalnej zasobności. Można jednak zauważyć pewne tendencje. Obornik najsilniej wpłynął na zwiększenie koncentracji Cu, w mniejszym stopniu manganu. Spośród stosowanych w nawożeniu składników (N, P, K, Mg, Ca) azot zwiększał zawartość przyswajalnych form metali w glebie, co mogło być spowodowane jego działaniem zakwaszającym. Reasumując można stwierdzić, że regularnie, co 2 lata, stosowany obornik w zmianowaniu zwiększył zawartość przyswajalnych form mikroelementów (Cu, Zn, Mn) w glebie do poziomu

optymalnego. Wieloletnie stosowanie nawozów mineralnych może doprowadzić do ograniczonej dostępności dla roślin omawianych mikroelementów.

O ilości plonu decydują zarówno czynniki zależne, jak i niezależne od producenta. Czynnikiem produkcyjnym w dużym stopniu zależnym od rolnika jest dobrze zbilansowane nawożenie organiczne i mineralne (CZUBA 1995, ELLMER i in. 1999). Ma ono znaczący wpływ na ilość i jakość surowca pozyskiwanego z roślin uprawnych (JASKULSKA 2004, MAZUR, MAZUR 2006). Rośliny reagują na nawozy mineralne już w pierwszym roku po ich zastosowaniu, natomiast nawozy organiczne i wapnowanie oddziałują kilka lat.

Badania, które zaprezentowałem w **publikacji 5** dotyczą plonowania pszenicy jarej i jęczmienia jarego w systemie uprawy z obornikiem lub bez tego nawozu. Doświadczenie prowadzone w latach 1986–2001 umożliwiło opracowanie modelu zależności plonu ziarna obydwu zbóż od dawek N i K w dwóch systemach nawożenia: z obornikiem i bez tego nawozu. W glebie systematycznie nawożonej obornikiem, co drugi rok po 40 t·ha⁻¹, dawki azotu i potasu w uprawie jęczmienia jarego powinny wynosić 40–60 kg K·ha⁻¹ i 50–60 kg N·ha⁻¹, w przypadku pszenicy jarej odpowiednio: 70 kg N·ha⁻¹ i 50 kg K·ha⁻¹. W systemie nawożenia wyłącznie mineralnego dawki azotu i potasu powinny być zwiększone do 80–90 kg N·ha⁻¹ i 100 kg K·ha⁻¹ pod jęczmień jary i w uprawie pszenicy jarej do 100–120 kg·ha⁻¹. Według DZIAMBY i RACHONIA (1992) najefektywniejszą dawką azotu było 60 kg N·ha⁻¹, KRUCZEK (1995) największy plon uzyskał po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹, zaś SCHMIDT (2001) optymalną dawkę potasu dla jęczmienia jarego określił na 60 kg K ha⁻¹. Wzrastające dawki N od 0 do 90 kg·ha⁻¹, co 30 kg·ha⁻¹, powodowały regularny przyrost plonu ziarna i słomy jęczmienia jarego. W przypadku pszenicy

jarej, statystycznie udowodniony przyrost plonu ziarna i słomy nastąpił do dawki 80 kg N·ha⁻¹. MAZUREK i in. (1999) również uzyskali przyrost plonu ziarna do takiej dawki N. Największe dawki potasu (99,7 kg K·ha⁻¹ – jęczmień jary, 74,7 kg K·ha⁻¹ – pszenica jara) powodowały zmniejszenie plonu ziarna i słomy omawianych roślin. Natomiast na brak reakcji na nawożenie potasem wskazuje SCHMIDT (2001). W warunkach prowadzonych badań nie odnotowałem wpływu wapnowania i nawożenia magnezem na plon generatywny i wegetatywny pszenicy jarej. Bardziej wymagającym zbożem w tym względzie okazał się jęczmień jary. Roślina ta jest szczególnie wrażliwa na odczyn gleby, stwierdziłem również, że w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego konieczne jest uwzględnienie magnezu w dawce nawozowej. Podkreślam również, że regularnie stosowany obornik, dzięki poprawie warunków bytowania roślin w glebie, zwiększał plony omawianych zbóż o prawie 15% (**publikacja 5**).

W piątej rotacji prezentowanych badań (lata 2002–2005) wieloletnie nawożenie dużymi dawkami obornika (40 t·ha⁻¹), nawet bez nawozów mineralnych, zapewniało zadowalające plony roślin w zmianowaniu: burak cukrowy, jęczmień jary, kukurydza, pszenica jara. Zboża (jęczmień jary, pszenica jara) uprawiane w drugim roku po oborniku plonowały wyżej odpowiednio o 30,8% i 14,6% niż nawożone tylko mineralnie. Jeszcze lepsze efekty otrzymałem w odniesieniu do roślin uprawianych w 1 roku po zastosowaniu obornika. Nawóz ten zwiększał plon korzeni buraka cukrowego o 85%, a plon zielonej masy kukurydzy o 65,5%. Biorąc pod uwagę całą rotację udowodniłem, że obornik dał o 64% większy plon jednostek zbożowych z 1 ha w porównaniu do systemu z wyłącznym nawożeniem mineralnym. Trzeba podkreślić, że dawki nawozów mineralnych stosowane z obornikiem były takie

same jak bez tego nawozu. Okazało się, że w warunkach prowadzonych badań obornik w bardzo dużym stopniu decydował o plonach. Nie był to jednak efekt jednorazowego zastosowania tego nawozu, lecz długofalowe oddziaływanie na całokształt właściwości gleby decydujących o jej żyzności (**publikacja 9**). Poprawa tych właściwości gleby związana była z lepszą gospodarką wodną i jej zatrzymywaniem w glebie (GRZEBISZ 2013).

Pełne nawożenie N, P, K, Mg, Ca łącznie z obornikiem dało największą masę korzeni buraka cukrowego (**publikacja 9**). Podobne wyniki uzyskała również JASKULSKA (2004). Znaczenie zbilansowanego nawożenia z wykorzystaniem obornika i nawozów mineralnych, w tym również wapnowania, w kreowaniu ilości plonu buraka cukrowego podkreśla wielu autorów (MARKS 1998; JASKULSKA, JASKULSKI 2003, SIENKIEWICZ 2003). Wzrastające dawki azotu, od 60 do 180 kg·ha⁻¹, powodowały regularny przyrost biomasy kukurydzy, a dawka 99,7 kg K·ha⁻¹ okazała się najbardziej optymalna w przypadku tej rośliny pastewnej. Do podobnych stwierdzeń doszedł również KULCZYCKI (1998). Zdaniem ww. autora zbyt duże dawki potasu są nieefektywne w uprawie kukurydzy. Najlepsze długotrwałe efekty plonotwórcze zapewniało zbilansowane nawożenie mineralne uwzględniające Ca i Mg. W warunkach systematycznego nawożenia obornikiem dawki N i K można ograniczyć o 1/3 bez ryzyka utraty plonu. Gleba średnia, nawet regularnie nawożona obornikiem, wymaga wapnowania celem zapewnienia lepszej efektywności działania składników nawozowych.

Nie zrównoważone nawożenie, zarówno organiczne, jak i organiczno-mineralne lub mineralne, wpływa negatywnie na kompleks sorpcyjny gleby i dostępność składników pokarmowych dla roślin (**publikacja 1**). Składniki mineralne wprowadzone do gleby zmieniają wysycenie kompleksu

sorpcyjnego poszczególnymi jonami, co jest związane ze zmianami w roztworze glebowym. Roślina pobiera dostępne jony z roztworu glebowego, które decydują o stanie równowagi kationowo-anionowej. Zmiany powodowane w glebie niezbilansowanym nawożeniem bezpośrednio oddziałują na roślinę, a w efekcie uzyskuje się często mniejszy plon roślin o gorszych parametrach jakościowych (**publikacje 2, 3**). Na ilość składników pokarmowych w roztworze glebowym i ich wzajemne relacje oraz wpływ na plon roślin i jego jakość zwraca uwagę wielu autorów (BROGOWSKI, GAWROŃSKA-KULESZA 1993, FILIPEK 2001).

Jęczmień jary uprawiano zawsze w 2 roku po oborniku, nawóz ten znacząco modyfikował zawartość kationów i anionów w roślinach w stadium BBCH-31 (**publikacja 2**). Nawóz naturalny zastosowany pod przedplon powodował zwiększenie zawartości prawie wszystkich kationów, z wyjątkiem Ca^{2+} , w omawianej fazie rozwojowej jęczmienia jarego (BBCH-31). Mogło to być spowodowane konkurencyjnością potasu i magnezu. Antagonistyczny wpływ K^+ i Mg^{2+} w stosunku do Ca^{2+} uwidocznił się silniej w roślinach uprawianych na oborniku. Z kolei w badaniach BROGOWSKIEGO i in. (1989) rodzaj nawozów (mineralne, organiczne) nie wpłynął na zawartość wapnia w roślinach jęczmienia jarego. Zróżnicowane nawożenie mineralne najsilniej oddziaływało na zawartość K^+ i Cl^- , w mniejszym zaś stopniu na pozostałe kationy i aniony. Potas ograniczał kumulację magnezu w jęczmieniu jarym w fazie BBCH - 31. Taką zależność potwierdzają również badania URBANOWSKIEGO i JASKULSKIEJ (2001). Spośród wszystkich kationów, nagromadzenie K^+ w roślinach jęczmienia jarego w badanym stadium rozwojowym było największe, przekraczało pobranie wapnia i magnezu odpowiednio ponad 3,5-krotnie i 7,7-krotnie. Należy zwrócić uwagę na to, że nadmierne nagromadzenie K w roślinach w młodych stadiach rozwojowych

może stwarzać ryzyko ograniczonego pobierania innych kationów np. Ca i Mg, szczególnie w warunkach słabej dostępności tych kationów.

Analizując nagromadzenie anionów w jęczmieniu jarym ww. fazie wzrostu stwierdziłem, że ich zawartość była mniejsza pod wpływem nawożenia mineralnego w stosunku do nawożenia uwzględniającego obornik. Roślina ta w zmianowaniu z obornikiem zgromadziła ponad 2-krotnie więcej Cl^- w stosunku do kolejnego w sekwencji jonu diwodorofosforowego(V). Rośliny jęczmienia jarego w testowanej fazie nagromadziły o 7,2% więcej SO_4^{2-} w drugim roku po nawożeniu obornikiem niż po wyłącznym nawożeniu mineralnym. Azot powodował wzrost zawartości omawianych jonów w ww. roślinie w zmianowaniu z obornikiem, a rosnące dawki potasu w zmianowaniu bez obornika zmniejszyły zawartość SO_4^{2-} . Znajomość zawartości anionów i kationów w jęczmieniu jarym w fazie wskaźnikowej świadczy o stanie odżywienia roślin (**publikacja 2**). Na podstawie wyników zaproponowałem równania, dzięki którym można prognozować ilość plonu ziarna jęczmienia jarego w zależności od zawartości jonów w roślinach w fazie BBCH–31. Otrzymałem zupełnie odmienne zależności w odniesieniu do dwóch systemów nawożenia: z obornikiem i bez tego nawozu. W warunkach uprawy z częstym wnoszeniem obornika do gleby o plonie jęczmienia jarego w największym stopniu decydowało 6 składników: wapń, potas, sód, diwodorofosforany(V), azot organiczny oraz aniony organiczne.

Plon ziarna jęczmienia jarego uprawianego w zmianowaniu z wyłącznym nawożeniem mineralnym zależał od zawartości w roślinach jonów potasu, sodu i wapnia. Nadmiar Ca^{2+} w fazie BBCH - 31 jęczmienia jarego może ograniczyć plonowanie, szczególnie gdy są niedobory K (**publikacja 2**). Wcześniej pisałem o sytuacji odwrotnej kiedy nadmiar K^+ może utrudniać pobieranie Ca^{2+} i Mg^{2+} . Jest

to potwierdzenie, że badania z tego zakresu są niezmiernie ważne z punktu widzenia właściwej dystrybucji składników pokarmowych w układzie nawóz–gleba–roślina.

Niezależnie od systemu uprawy, o plonie ziarna jęczmienia jarego decydowała zawartość kationów potasu w ww. fazie wzrostu. Nadmiar wapnia na początku strzelania w źdźbło wpływał na zmniejszenie plonu, prawie dwukrotnie silniej ten efekt wystąpił w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego.

Kukurydza z tego samego wieloletniego eksperymentu, uprawiana w pierwszym roku po oborniku w dawce $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, bardzo silnie reagowała na zastosowane nawożenie: obornikowo-mineralne i mineralne (**publikacja 3**). Na podstawie wyników stwierdziłem, że plon zielonki korespondował dodatnio z zawartością jonów potasu, azotanów(V), fosforanów(V), azotu organicznego oraz sumą kationów w roślinie w fazie BBCH-16. Zbyt duża zawartość Ca^{2+} w ww. fazie rozwojowej kukurydzy może negatywnie wpływać na plon zielonej masy. W kukurydzy uprawianej na oborniku stwierdziłem rozszerzenia stosunków molowych K:Mg oraz K:(Ca+Mg), które znacznie przekraczały wartości podawane w literaturze (METSON 1984; CZUBA, MAZUR 1988). Kukurydza nawożona tylko nawozami mineralnymi zgromadziła o 25,7% więcej wapnia niż uprawiana na oborniku. Głównym składnikiem nawozowym ograniczającym pobieranie Ca^{2+} był potas. Większe dawki potasu stosowane bez obornika systematycznie zmniejszały nagromadzenie N_{og} w tkankach kukurydzy w fazie BBCH-16. Stwierdziłem także zmniejszenie akumulacji azotu ogólnego w omawianej fazie wzrostu kukurydzy po nawożeniu magnezem i wapnowaniu. Obornik, odwrotnie niż w przypadku Ca^{2+} i Mg^{2+} , zwiększył nagromadzenie kationów K^+ w młodych roślinach. Średnio, wzrost koncentracji ukształtował się

na poziomie 39,6% w porównaniu z nawożeniem wyłącznie mineralnym. Dowiodłem również, że wyłącznie nawożenie mineralne powoduje zmniejszenie gromadzenia anionów organicznych we wczesnej fazie wzrostu kukurydzy (BBCH-16). Może wskazywać to na mniejszą asymilację i fotosyntezę roślin. Natomiast obornik istotnie zwiększał zawartość SO_4^{2-} , NO_3^- i H_2PO_4 oraz zmniejszał koncentrację chloru w omawianej fazie wzrostu kukurydzy.

Właściwie skomponowane nawożenie roślin wpływa również na jakość pozyskiwanego surowca – korzeni buraków cukrowych dla przemysłu cukrowniczego (**publikacja 6**). W latach 1986 – 2003 dokonałem oceny jakości korzeni buraków cukrowych pod względem zawartości sacharozy, wydatku cukru oraz pozostałych melasotworów: Na i $N-\alpha NH_2$. Wykazałem, że obornik stosowany łącznie z nawożeniem mineralnym ograniczał wydatek cukru. Jednak w ostatecznym rozrachunku wydajność cukru z obiektów z obornikiem była większa niż z poletek bez obornika – zapewniał to większy plon korzeni buraków cukrowych. Stwierdziłem m.in., że plon korzeni w większym stopniu zależał od roku uprawy, systemu gospodarowania (z obornikiem lub bez tego nawozu) niż od dawek potasu. Wraz ze wzrostem dawki potasu w korzeniach wzrastała również koncentracja pozostałych melasotworów. W badaniach BZOWSKIEJ-BAKALARZ i BANACHA (2009) plon i wartość technologiczna korzeni, podobnie jak w moich badaniach, zależała od warunków meteorologicznych w okresie wegetacji.

Reasumując, sądzę, że udało mi się wykazać, że łączne nawożenie obornikiem i nawozami mineralnymi zapewnia zrównoważone wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami. Optymalna zasobność gleby w wyniku zrównoważonego nawożenia zarówno mineralno-naturalnego, jak i mineralnego

stwarza korzystniejsze warunki do wzrostu, rozwoju i plonowania roślin o dobrej jakości. Te badania prowadziłem na glebie średniej, dość reprezentatywnej dla warunków glebowych Polski, można na niej uprawiać rośliny mniej i bardziej wymagające. Gleby takie aby utrzymać w dobrej kulturze i nie zmniejszać ich potencjału produkcyjnego powinny być regularnie nawożone obornikiem lub innym nawozem naturalnym czy organicznym. W obecnych czasach systematycznie wzrasta powierzchnia uprawy zbóż w strukturze zasiewów. Taka tendencja w dłuższej perspektywie czasu może doprowadzić do pogorszenia kultury gleby i zmniejszenia jej potencjału produkcyjnego.

Piśmiennictwo

- BARCZAK B., CWOJDIŃSKI W., NOWAK K. 1999. Effect of mineral and organic fertilization on some soil properties under a static field experiment. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467: 177-183.
- BROGOWSKI Z., GAWROŃSKA-KULESZA A. 1993. Stan jonowy niektórych gatunków roślin w różnych fazach ich rozwoju uprawianych w statycznych doświadczeniach nawozowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 278, Sesja Nauk., 37/2: 57-67.
- BROGOWSKI Z., CZARNOŃSKA K., GAWROŃSKA-KULESZA A., BORKOWSKA B. 1989. Stan równowagi jęczmienia jarego odmiany Aramir na tle zróżnicowanego nawożenia. *Rocz. Nauk. Rol. Ser. A*, 108(1): 63-80.
- BZOWSKA-BAKALARZ M., BANACH M. 2009. Właściwości technologiczne surowca buraczanego produkowanego w zmodyfikowanej technologii nawożenia. *Acta Agrophysica*, 14(1): 31-40.
- CZUBA R. 1995. Zmiany zasobności gleb kraju w trzydziestolecie oraz eksperymentalna ocena systemów regeneracji nadmiernie wyczerpanych ich zasobów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421a: 59-66.
- CZUBA R., MAZUR T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa, 291-292.
- DAUGĖLIENĖ N. 2002. Soil acidity in relation to mobile phosphorus and potassium contents and yield of pasture. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482: 121-127.
- DECHNIK I., BEDNAREK W., FILIPEK T. 1993. Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości gleby brunatnej wytworzonej z lessu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 277, Sesja Nauk., 37: 133-141.
- DIATTA J.B. 2008. Mutual Cu, Fe and Mn solubility control under differentiated soil moisture status. *J. Elem.*, 13(4): 473-489.
- DZIAMBA S., RACHOŃ L. 1992. Wpływ dawek i sposobów stosowania nawożenia azotem na plonowanie, zawartość i jakość białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Ann. UMCS Se. E.*, 47(4): 21-26.
- ELLMER F., BAUMECKER M., SCHWEITZER K. 1999. Soil organic matter and P, K balances in the nutrient deficiency experiment at Thyrow (Germany) after 60-years. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465: 93-102.
- FILIPEK T. 2001. Wpływ zakwaszenia na zawartość potasu i magnezu oraz stosunek K:Mg w glebach i roślinach zbożowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 43-49.
- FILIPEK T. 2004. Równowaga jonowa i plonowanie roślin nawożonych zróżnicowanymi dawkami azotu i potasu. Cz. II. Stan równowagi jonowej i plonowanie buraka cukrowego. *Ann. UMCS Se. E.*, 42(20): 207-227.
- FILIPEK T., KACZOR A. 1997. Dynamika antropogenicznej presji zakwaszenia rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. *Mat. konf. „Ochrona i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”*. IUNG Puławy, 3 - 4 czerwca 1997, 35-43.
- GRZEBISZ W., GRANSEE A., SZCZEPANIAK W., DIATTA J. 2013. The effect of potassium fertilization on water-use efficiency in crop plants. *J. Plant Nutr. Soil. Sci.*, 176: 355-374.
- HOUBA I.V.G., NOVOZAMSKY I., UITTENGAARD I., LEE I.I. 1987. Atomic determination of total soluble nitrogen in soil extract. *Landwirtsch. Forsch.* 40, 295-302.
- JASKULSKA I. 2004. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia, na jakość plonów roślin w zmianowaniu. *Ann. UMCS, Se. E.*, 59(2): 569 - 577.
- JASKULSKA I., JASKULSKI D. 2003. Wpływ wieloletniego nawożenia na kształtowanie właściwości gleby. *Post. Nauk Rol.* 4: 21-35.
- KACZOR A., KOZŁOWSKA J. 2003. Wpływ nawożenia roślin różnymi formami azotu i potasu na odczyn i zasobność gleby w fosfor. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 493: 375-379.
- KANIUCZAK J. 1999. Zawartość niektórych form magnezu w glebie płowej wytworzonej z lessu w zależności od wapnowania i nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467: 307-316.
- KOC J., SOB CZYŃSKA-WÓJCIK K., SKWIERAWSKI A. 2008. Magnesium concentrations in the waters of re-naturalised reservoirs in rural areas. *J. Elem.*, 13(3): 329-340.
- KRUCZEK G. 1995. Plonowanie oraz jakość ziarna jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421a: 233-237.
- KULCZYCKI G. 1998. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na wybrane właściwości gleby oraz plon i pobieranie składników pokarmowych przez kukurydzę. Cz. II. Plon i jego skład chemiczny. *Rocz. Glebozn.*, 49(3/4): 63-72.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J., SZULC W. 1996. Współdziałanie nawozów mineralnych z obornikiem w kształtowaniu dynamiki wzrostu i pobierania składników pokarmowych w uprawie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk AR w Szczecinie, Rol.*, 62: 273-284.

- ŁABĘTOWICZ J., KUSZELEWSKI L., KORC M., SZULC W. 1999. Znaczenie nawożenia organicznego dla trwałości plonów i równowagi jonowej gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465: 123-134.
- MAZUR T., MAZUR Z. 2006. Działanie obornika w MARKS M. 1998. Studium nad racjonalizacją uprawy gleb ciężkich. Rozprawy i monografie, ART Olsztyn, 1-72.
- zależności od poziomu nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 512: 419-425.
- MAZUREK J., JAŚKIEWICZ B., KLUPCZYŃSKI Z. 1999. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 118: 257-261.
- MERCIK S., STĘPIEŃ W., LENART S. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym w doświadczeniach wieloletnich. Cz. I. Właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb. *Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric.*, 84: 311-316.
- MERCIK S., STĘPIEŃ W., ŁABĘTOWICZ J. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym w doświadczeniach wieloletnich. Cz. II. Właściwości chemiczne gleb. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agric.* 84: 317-322.
- METSON J. A. 1984. Sulphur in forage crops. *Techn. Bull.*, 20: 17-20.
- NOWAK W., SOWIŃSKI J., SŁOWIŃSKI H., PYTLARZ-KOZICKA M. 2000. Wpływ nawożenia organicznego oraz azotowego na odczyn gleby, ilość N-mineralnego i zawartość węgla organicznego w czasie wegetacji buraka cukrowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agric.* 84, 367-372.
- RABIKOWSKA B., PISZCZ U. 2000. Zakres i zasięg zmian odczynu i właściwości sorpcyjnych w glebie pod wpływem długoletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric.*, 84: 423-428.
- RATTAN R.K., DATTA S.P., CHHONKAR P.K., SURIBAU K., SIGH A.K. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soil, crops and groundwater – a case study. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 109: 310-332.
- SCHMIDT L. 2001. Effects of long-term potassium fertilization on crop yield and quality. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480: 329-336.
- SIENKIEWICZ S. 2003. Oddziaływanie obornika i nawozów mineralnych na kształtowanie żyzności i produktywności gleby. UWM Olsztyn, Rozprawy i monografie, 74: 1-120.
- SKWIERAWSKI A., SOBCZYŃSKA-WÓJCIK K., RAFAŁOWSKA M. 2008. Phosphorus runoff from small agricultural catchments under different land use intensity. *J. Elem.*, 13(4): 637-646.
- SPIAK Z. 2000. Mikroelementy w rolnictwie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 29-34.
- STRĄCZYŃSKA S. 1998. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na skład frakcyjny związków próchnicznych i chemiczne właściwości gleby. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 190, *Agric.* 72: 289-293.
- SZULC W., ŁABĘTOWICZ J., KUSZELEWSKI L. 1999. Zmiany ilościowe próchnicy i jej frakcje pod wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego w glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465: 303-309.
- URBANOWSKI S., JASKULSKA I. 2001. Plonowanie roślin oraz zawartość potasu i magnezu w plonach pod wpływem wieloletniego nawożenia tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465: 353-361.
- Ustawa „O nawozach i nawożeniu” z dnia 10 lipca 2007 r. (Dz. U. Nr 147, poz. 1033).

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Zestawienie dorobku naukowego

Mój dorobek naukowy obejmuje 102 pozycje, łącznie z 8 pracami dotyczącymi osiągnięcia naukowego oraz 4 pracami oryginalnymi w druku, w tym po doktoracie opublikowałem 90 pozycji (Tab. 1, 3). Spośród wymienionych prac, 44 to oryginalne prace naukowe, 17 w języku angielskim, natomiast 11 z nich znajduje się w bazie Journal Citation Reports (JCR) – tab. 2. Na konferencjach i seminariach przedstawiłem 49 doniesień (14 komunikatów, 25 posterów, 10 referatów, w tym 6 zamawianych), z czego 6 przed uzyskaniem stopnia doktora. W swoim dorobku posiadam również 9 artykułów popularnonaukowych. W dorobku publikacyjnym jestem pierwszym lub jedynym autorem 34 pozycji (Tab. 1).

Tabela 1

Zestawienie dorobku publikacyjnego wg kolejności autorów

Dorobek naukowy	Jako pierwszy autor	Jako drugi autor	Jako trzeci i dalszy autor	Razem
Oryginalne prace naukowe we czasopismach z IF	5*	1	5*	11*
Inne anglojęzyczne publikacje naukowe	1	1	3	5
Polskojęzyczne publikacje naukowe	3	7	9	19
Inne oryginalne publikacje naukowe (niepunktowane)	1	4	2	7
Publikacje o charakterze monografii	-	-	2*	2*
Publikacje popularnonaukowe	9	-	-	9
Udział w konferencjach:				
- komunikaty	5	4	5	14
- posterdy	4	9	12	25
- referaty zamawiane	6	-	-	6
- referaty pozostałe	-	2	2	4
Łącznie	34*	28	40*	102*

* łącznie z pracami w druku

Tabela 2

Punktacja opublikowanych prac wg listy MNiSW z 2012 r.

Nazwa czasopisma	Liczba	Punkty wg listy MNiSW z 2012 r.	Suma punktów	IF**** (suma)
Czasopisma punktowane	33 (35)*	-	283 (343)*	3,402 (6,387)*
Acta Agrophysica	2	5	10	-
Acta Horticulturae et Regiotecturae – mimoriadne číslo – Słowacja	2	2***	4***	-
Annales UMCS Sect. E.	2 [2]	5	10	-
Biuletyn Magnezologiczny	1	1	-	-
European Journal of Agronomy	1*	45	45*	2,477*
Fragmenta Agronomica	3 [2]	5	15	-
Journal of Elementology	12 [4]	15	180	0,378 (3,402)
Macro and Trace Elements, Schubert - Verlag Leipzig – Niemcy	1	2***	2***	-
Polish Journal of Environmental Studies	1*	15	15*	0,508*
Polish Journal of Natural Science	1	8	8	-
Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu – Rolnictwo	1	5	5	-
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	8 [1]	6**	48**	-
Czasopisma oryginalne niepunktowane	7 (9)*	-	-	-
Żywnienie Człowieka i Metabolizm	1	-	-	-
Energetyka - Biogaz, Wyniki Badań, Technologie, Prawo i Ekonomika w Rejonie Morza Bałtyckiego	2	-	-	-
Opracowania monograficzne, zeszyty	1 (3)*	-	-	-
Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie	1	-	-	-
Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży	3	-	-	-
Czasopisma popularnonaukowe	9	-	-	-
Wiadomości Rolnicze	4	-	-	-
Magazyn ogólnopolski „Zagroda”	4	-	-	-
Nasza Rola	1	-	-	-
Łącznie	49 (53)*	-	283 (343)*	3,402 (6,387)*
Dotyczące osiągnięcia naukowego	9	-	86	0,756

* łącznie z pracami w druku

** wg listy MNiSW z 2010 r.

*** wg listy MNiSW z 2008 r.

**** wg współczynnika wpływu (IF) w 2011 r.

[] liczba prac danego czasopisma dotyczących osiągnięcia naukowego

Tabela 3

Zestawienie dorobku publikacyjnego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Dorobek naukowy	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Łącznie
Oryginalne prace naukowe we czasopismach z IF	-	9 (11)*	9 (11)*
Inne anglojęzyczne publikacje naukowe	1	4	5
Polskojęzyczne publikacje naukowe	3	16	19
Inne oryginalne publikacje naukowe (niepunktowane)	-	7	7
Publikacje o charakterze monografii	-	2*	2*
Publikacje popularnonaukowe	1	8	9
Udział w konferencjach:			
- komunikaty	-	14	14
- postery	6	19	25
- referaty zamawiane	-	6	6
- referaty pozostałe	1	3	4
Łącznie	12	86 (90)*	98 (102)*

* łącznie z pracami w druku

Według rankingu czasopism opracowanego przez MNiSW z 2012 r., mój dorobek naukowy można wycenić na 283 punktów (343 pkt. z pracami w druku); liczbę cytowań wg Publish or Perish 4.0 oszacowałem na 30, a indeks h wynosi 3, w bazie Web of Science znajduje się odpowiednio 6 cytowań, indeks h wynosi 1. Sumaryczny Impact Factor dla wszystkich publikacji wynosi 3,402 (6,387 - łącznie z pracami w druku), na osiągnięcie naukowe przypada 86 punktów, IF wynosi 0,756.

W moim dorobku naukowym można wyróżnić 2 nurty zainteresowań:

1) wpływ agrotechniki na glebę, plonowanie i jakość roślin;

28 artykułów (10-12, 14, 16-22, 24-32, 34-36, 38-41, 44) – wg MNiSW* - 145(160)** pkt

2) chemizm gleb odlogowanych;

7 artykułów (9, 13, 15, 23, 33, 37, 43) – wg MNiSW* – 57(102)** pkt

* wg listy czasopism MNiSW z 2012 r. oraz z 2010 r. i 2006 r. MNiSW dla czasopism nieznajdujących się na tej liście

** łącznie z pracami w druku

1) Wpływ agrotechniki na glebę, plonowanie i jakość roślin

Z tej tematyki badawczej opublikowałem najwięcej oryginalnych prac naukowych. W doświadczeniach nad optymalizacją nawożenia ziemniaka stwierdziłem, że rzędowe nawożenie azotem, w porównaniu z tradycyjną metodą, zwiększyło plon o $1,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wzrastające dawki azotu, bez względu na metodę aplikowania mocznika, przyczyniały się do wzrostu plonu handlowego ziemniaka. Większe plony skrobi i białka otrzymano z obiektów nawożonych rzędowo. O plonowaniu decydowały warunki pogodowe. Udowodniłem, że wzrastające dawki N zwiększały jego koncentrację w bulwach ziemniaka. Nawożenie tradycyjne powodowało zwiększenie zawartości wapnia w bulwach ziemniaka w porównaniu z systemem nawożenia rzędowego. W kolejnym eksperymencie z zastosowaniem zlokalizowanego nawożenia NH_4 -depot ziemniaka odmiany Orlik, stwierdziłem, że taka metoda wprowadzania azotu daje lepsze efekty plonotwórcze niż konwencjonalnie stosowana saletra amonowa. Metoda ta jest szczególnie polecana ze względu na lepsze efekty ekonomiczne związane ze stosowaniem tańszych nawozów.

W doświadczeniach nad optymalizacją nawożenia łubinu białego wykazałem różną reakcję odmian na zastosowane nawożenie. Odmiana Bac wydała większy plon po nawożeniu PKMgN, natomiast Bardo po aplikacji tylko PKMg. Nawożenie mineralne wpływało na zmniejszenie masy tysiąca nasion i liczby nasion w strąku w odniesieniu do efektów otrzymanych bez nawożenia. Natomiast liczba strąków na roślinie najkorzystniej kształtowała się pod wpływem fosforu i potasu zastosowanych w dawkach: odpowiednio 1,5 g P i 2 g K na wazon (10 kg gleby).

W polowym doświadczeniu z łubinem żółtym badałem wpływ obsady i sposobu siewu na zawartość chlorofilu w liściach oraz plon białka i tłuszczu w nasionach trzech jego odmian (Legat, Juno, Markiz). Ze względu na plon białka i tłuszczu najbardziej korzystną obsadą było 80 roślin na 1 m^2 oraz siew rzędowy. Zawartość chlorofilu w liściach nie zależała od odmiany oraz od gęstości i sposobu siewu łubinu żółtego. W doświadczeniu wazonowym testowałem wpływ wilgotności gleby na skład chemiczny sześciu odmian łubinu żółtego (Juno, Polo, Lidar, Markiz, Taper oraz Legat). Wykazałem, że wraz ze wzrostem wilgotności gleby następuje zmniejszenie koncentracji składników popielnych i białka w nasionach. Ze względu na zawartość tłuszczu optymalna wilgotność gleby powinna wynosić 50% jej pojemności wodnej, natomiast największą masę korzeni zapewniała 70% wilgotność gleby.

W ramach grantu KBN Nr 6 P06Z 037 21 nt. „Użyteczność paszowa rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w warunkach północno-wschodniej Polski”

określałem możliwości adaptacyjne rutwicy wschodniej do warunków glebowo klimatycznych Polski północno-wschodniej oraz sposób zagospodarowania uzyskanej biomasy na paszę dla bydła. Nawożenie potasem i fosforem wpływało nieznacznie na zawartość P, Ca oraz Mg w zielonce i kiszonce. Stwierdziłem wzrost zawartości K i niską zawartość Na w paszy. W wyniku nawożenia P oraz K wzrosła zawartość $N_{\text{ogól.}}$, natomiast zmniejszyła się koncentracja azotanów(V) oraz siarczanów(VI). Kiszonka lub zielonka otrzymane z rutwicy wschodniej mogą stanowić bogate źródło podstawowych składników mineralnych.

W wieloletnich doświadczeniach polowych nad wpływem zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego na wybrane elementy struktury plonu i cechy biometryczne zbóż wykazałem, że obornik stosowany, co dwa lata wpływał na zwiększenie obsady i długości kłosów, liczby ziaren w kłosie oraz wysokości roślin, zmniejszając jednocześnie MTZ jęczmienia jarego i pszenicy jarej. Wzrost dawki azotu wywierał negatywny wpływ na masę tysiąca ziaren. Elementy struktury plonu kukurydzy kształtowały się znacznie lepiej, gdy uprawiano ją na oborniku oraz nawożono nawozami mineralnymi. W doświadczeniach wazonowych ze ślazowcem pensylwańskim testowałem możliwość wykorzystania pozostałości po fermentacji tej rośliny w jej nawożeniu. Wykazałem, że pozostałość pofermentacyjna może być wykorzystana jako „nawóz”, który wpływa na zwiększenie wysokości i grubości pędów oraz plon świeżej i suchej masy roślin. Podwojenie dawki odpadu z 228 g do 456 g na 1 wazon (10 kg gleby) zwiększało zawartość N, K, Mg, Ca i Na w suchej masie ślazowca pensylwańskiego.

Badalem również reakcję sałaty masłowej na różne formy nawozów azotowych (saletry wapniowej, amonowej i sodowej) oraz chloru (CaCl_2 , KCl , MgCl_2) i siarczanów (K_2SO_4 , MgSO_4). Stwierdziłem, że po nawożeniu NaNO_3 główki sałaty masłowej miały najmniejszą masę, a jednocześnie wystąpiło korzystne zmniejszenie zawartości azotanów(V). Ze względu na zawartość N-NO_3 niekorzystnie na jakość sałaty wpływała saletra wapniowa zastosowana łącznie z saletrą amonową. Sałata nawożona nawozami siarczanowymi zawierała więcej P, K, Mg i Na niż po zastosowaniu form chlorkowych. Natomiast formy chlorkowe nawozów powodowały zwiększoną zawartość wapnia w sałacie masłowej oraz azotanów w liściach zewnętrznych omawianego warzywa. Saletra sodowa znacząco wpłynęła na zmniejszenie zawartości magnezu i wapnia w sałacie.

W badaniach laboratoryjnych wykazałem zakwaszenie, już kwaśnego, substratu torfowego po zastosowaniu fosforanu mocznika. Dawka 300 mg N dm^{-3} podłoża w tym nawozie po trzymiesięcznym okresie inkubacji powodowała zmniejszenie wartości pH o 1

jednostkę – z 5,2 do 4,2. Największa z zastosowanych dawek (2,632 g fosforanu mocznika dm^{-3} substratu torfowego) spowodowała zmniejszenie pH torfu zaledwie o 0,1 jednostki. Testowany nawóz wprowadzony w środowisku kwaśnym systematycznie ograniczał dostępność wapnia dla roślin. Duże dawki tego nawozu mogą prowadzić do znacznego nagromadzenia formy amonowej azotu w podłożu, szczególnie w początkowym okresie po jego zastosowaniu. Nadmiar N-NH_4 w glebie może niekorzystnie oddziaływać na uprawiane rośliny.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) należą do trwałych zanieczyszczeń środowiska. Związki te powstają w wyniku procesów pirolizy i niepełnego spalania substancji organicznej. Znaczne ich ilości powstają w wyniku działalności człowieka, są emitowane do atmosfery i ostatecznie kumulują się w glebie. Jako pierwszy w Katedrze Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska podjąłem się badań nad zawartością tych ksenobiotyków w glebie. Badania opierają się na wieloletnich doświadczeniach nawozowych realizowanych w Katedrze Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska oraz Katedrze Warzywnictwa UWM w Olsztynie. Dwukrotnie wnioskowałem o granty badawcze do NCN (Opus 3 i 4) w Krakowie, podając następujące tematy:

1. „Aktywność biologiczna i zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebie” – 15.06.2012 r. – kierownik projektu, nr rej. 2012/05/B/NZ9/03372.
2. „Modelowanie właściwości chemicznych gleb i roślin oraz zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebach z wykorzystaniem spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIR)” – 15.12.2012 r. – kierownik projektu, nr rej. 2012/07/B/NZ9/01319.

Na podstawie dotychczasowych badań stwierdziłem, że dolistnie aplikowane związki antracen (ANT) i piren (PYR) powodowały przyrost masy główek sałaty masłowej. Zawartość N, K, Na, Mg, Ca i Mg w sałacie była modyfikowana przede wszystkim przez zasobność podłoża, w mniejszym zakresie przez wybrane WWA. Obecne w podłożu związki z grupy WWA spowodowały zmniejszenie plonu sałaty. Wyraźniej ta tendencja występowała w przypadku antracenu niż pirenu. ANT i PYR doprowadziły do spadku zawartości azotu oraz wzrostu koncentracji wapnia w warunkach niskiej zasobności podłoża w składniki pokarmowe. Spośród testowanych WWA, antracen aplikowany dogłębowo wpływał na zwiększenie zawartości Zn i Cr w liściach testowanej rośliny.

Testowałem również wpływ antracenu na wzrost i plonowanie łubinu żółtego. Na podstawie wyników stwierdziłem, że ANT dostający się na liście roślin powodował

znaczące zmniejszenie suchej masy łodyg i nasion. ANT obecny w glebie nie miał wpływu na rozwój części nadziemnych łubinu, natomiast stwierdziłem zmniejszenie suchej masy korzeni oraz ich długości.

W badaniach wykazałem, że dobrze zaopatrzone podłoże w składniki pokarmowe wpływa na mniejszą reaktywność toksycznych związków z grupy WWA i rośliny wykazują większą „elastyczność” na ich zawartość w środowisku. Jeśli występuje niedobór składników pokarmowych jest to dla roślin czynnikiem stresogennym, dodatkowa obecność innych niepożądanych związków pociąga za sobą kumulację tych czynników o niekorzystnym wpływie na rośliny.

Prace dotyczące tej problematyki opublikowałem w takich czasopismach naukowych jak: Journal of Elementology (Biuletyn Magnezologiczny) – 6 prac; Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych – 5 prac; Zeszytach Naukowych WSA w Łomży – 2 prace; Żywnienie Człowieka i Metabolizm – 1 praca; Fragmenta Agronomica – 1 praca; Zeszyty Naukowe AR Wrocław – 1 praca; Acta Horticulturae et Regiotecturae – 2 prace; Acta Agrophysica – 2 prace; Polish Journal of Natural Sciences – 1 praca; Macro and Trace Elements – 1 praca; Zeszytach Naukowych AR w Krakowie – 1 praca; Ekoenergetyka – biogaz, Wyniki Badań, Technologie, Prawo i Ekonomia w Rejonie Morza Bałtyckiego – 2 prace; monografia – w druku oraz Polish Journal Environment Study – 1 praca w druku.

2) Chemizm gleb odłogowanych

Odłogowanie i ugorowanie pól polega na kilkuletnim wyłączeniu gleb z użytkowania rolniczego. Właściwe postępowanie z takimi gruntami umożliwia późniejszą ponowną uprawę. Istotne dla producenta jest to, aby grunty te w okresie wyłączenia z uprawy podlegały jak najmniejszej degradacji, a najlepiej, aby poprawiały się ich właściwości. Problemem jest też sposób zagospodarowania wytworzonej biomasy. Z tego zakresu badań uczestniczyłem czynnie, jako wykonawca w granicy nt. „Środowiskowe i produkcyjne skutki przywracania do produkcji gleb ugorowanych i odłogowanych” - KBN Nr 2 P06R 061 28. W badaniach wykazałem, że odłóg obsiany roślinami wieloletnimi w większym stopniu uruchamia składniki pokarmowe i włącza je do obiegu niż roślinność naturalna obiektu klasycznego. Jednak roślina bobowata (rutwica wschodnia) pokrywająca wyłącznie glebę może stwarzać ryzyko przemieszczania się azotanów(V) do wód gruntowych. Dobrym rozwiązaniem może być

obsianie pól wyłączonych z produkcji mieszanką rutwicy wschodniej i stokłosa bezostnej. Tak zabezpieczona gleba utrzymuje żyzność i jednocześnie nie stwarza zagrożenia ekologicznego związanego z przemieszczaniem N-NO₃. Stwierdziłem, że sposób odłogowania i ugorowania gleby istotnie wpływał na zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Istotnie najczęściej P, K i Mg przyswajalnego znajdowało się w dwóch warstwach gleby (0-25 cm i 25-50 cm) obsianej rutwicą wschodnią. Określiłem silną zależność między zawartością przyswajalnej formy fosforu w glebie od jego pobrania przez rośliny w roku poprzednim. Utrzymywanie gleby w czarnym ugorze, a także kilkuletnie pozostawienie roślinności naturalnej przyczyniło się do znacznego zubożenia gleby w dostępne formy makroelementów. Sposób odłogowania i ugorowania gleby wpływał na zawartość przyswajalnych form Cu, Zn i Mn w warstwach 0-25 cm i 25-50 cm. Szczególnie duże zmiany wystąpiły w odniesieniu do Zn i Mn, w mniejszym zaś zakresie dotyczyły Cu. Coroczne obsiewanie pola wyłączonego z produkcji, bez zbierania wyrosłej biomasy, pozwoliło utrzymać zasobność gleby w Zn przyswajalny na poziomie wysokim, a Cu i Mn na średnim. W badaniach wykazałem, że potencjał produktywności gleby wyłączonej z użytkowania rolniczego zależy od sposobu jej zagospodarowania. Najwyższe plony biomasy otrzymano z obiektów obsianych rutwicą wschodnią (*Galega orientalis* Lam.) lub jej mieszanką ze stokłosą bezostną (*Bronus inermis* Leyss). Te dwa gatunki roślin wydają się być dobrym rozwiązaniem dla gleb okresowo wyłączonych z użytkowania rolniczego. Wykazałem, że sposób odłogowania i ugorowania gleby istotnie modyfikował zarówno zawartość azotu ogólnego, jak i węgla organicznego. Rutwica wschodnia i jej mieszanka ze stokłosą bezostną sprzyjały zwiększeniu koncentracji węgla organicznego i azotu ogólnego. Zarówno rutwica wschodnia, jak i jej mieszanka ze stokłosą bezostną powinny być rekomendowane do obsiewania gleb czasowo wyłączonych z uprawy. Ugór czarny okazał się najmniej korzystny. W przeprowadzonych badaniach wykazałem, że ilość nagromadzonych w glebie organicznych związków węgla zależała od biomasy roślin pozostającej na polu (odłogu) i zgromadzonego w niej azotu.

Prace dotyczące tej problematyki opublikowałem w *Journal of Elementology* - 3 prace; *Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych* – 2 prace; *Zeszytach Naukowych WSA w Łomży* – 1 praca oraz w *European Journal of Agronomy* – 1 praca w druku.

M. Krzebietke Sławomir