

Dr Aleksandra Głowacka  
Wydział Nauk Rolniczych  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Ul. Szczepieszka 102  
22-400 Zamość

Zamość, dn. 24.04.2014 r.

## AUTOREFERAT

**1. Imię i nazwisko:** Aleksandra Głowacka

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej**

- tytuł magistra inżyniera zootechniki z wynikiem bardzo dobrym, Wydział Zootechniczny Akademia Rolnicza w Lublinie, 1993 r.

- stopień doktora nauk rolniczych (dyscyplina agronomia, specjalność uprawa roli i roślin) Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie, 2001 r.

Tytuł rozprawy doktorskiej „Wpływ osadu ściekowego stabilizowanego wapnem, ziemi sflawiakowej i popiołu ze słomy na zasobność gleby lekkiej oraz masę i skład chemiczny kukurydzy uprawianej na zielonkę”

Promotor: prof. dr hab. Roman Reszel

Recenzenci: prof. zw. dr hab. Stanisław Kalembasa, prof. zw. dr hab. Stanisław Baran

### **Inne formy edukacji**

Międzywydziałowe Studium Pedagogiczne AR w Lublinie, 1997 r.

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

01.04.1996	asystent w Zakładzie Podstaw Agrotechniki, Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie
2002-2008	adiunkt w Zakładzie Podstaw Agrotechniki, Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie
2008-2011	adiunkt w Katedrze Produkcji Roślinnej i Agrobiznesu, Wydział Nauk Rolniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

2011-aktualnie adiunkt w Zakładzie Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Wydział Nauk Rolniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

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 uprawy pasowej i zabiegów pielęgnacyjnych na zachwaszczenie oraz wielkość i jakość plonów roślin uprawnych”***

**B) Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe**

1. **Głowacka A.** 2013. The influence of strip cropping on the state and degree of weed infestation in dent maize (*Zea mays* L.), common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Acta Agrobotanica, 66(1): 135-148. (8 pkt.) (**praca A**)
2. **Głowacka A.** 2013. The influence of strip cropping and weed control methods on weed diversity in dent maize (*Zea mays* L.), narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* L.) and oats (*Avena sativa* L.). Acta Agrobotanica, 66(4): 185-194. (8 pkt.) (**praca B**)
3. **Głowacka A.** 2013. The effects of strip cropping and weed control methods on yield and yield components of dent maize, common bean and spring barley. Polish Journal of Natural Sciences, 28 (4): 389-408. (8 pkt.) (**praca C**)
4. **Głowacka A.** 2014. The influence of strip cropping and adjacent plant species on the content and uptake of N, P, K, Mg and Ca by maize (*Zea mays* L.). Romanian Agricultural Research, 31, DII 2067-5720 RAR 2014-330, First online: 15 April 2014. (15 pkt., IF – 0,226) (**praca D**)
5. **Głowacka A.** 2014. Changes in the uptake of Cu, Zn, Fe and Mn by dent maize in blue lupin/spring oat strip cropping system. Zemdirbyste-Agriculture, 101(1): 41-50. (20 pkt., IF – 0,567) (**praca E**)
6. **Głowacka A.** 2013. Uptake of Cu, Zn, Fe and Mn by maize in the strip cropping system. Plant, Soil and Environment, 59(7): 322-328. (25 pkt., IF – 1,113) (**praca F**)

Łączna suma punktów publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną wynosi **84**, natomiast **IF = 1,906**.

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

**Wprowadzenie**

Bioróżnorodność w agrosystemach odgrywa ważną rolę w zapewnieniu wielu funkcji ekologicznych, tj. obieg składników pokarmowych, zwalczanie szkodników czy regulacja mikroklimatu [Swinton i in. 2007]. Intensyfikacja rolnictwa nie tylko powoduje jednorodność genetyczną upraw, ale skutkuje również zmniejszonym czasowym i przestrzennym zróżnicowaniem użytkowania gruntów, a co za tym idzie uproszczeniem struktury krajobrazu [Benton i in. 2003]. Dlatego promuje się ideę bardziej zrównoważonego gospodarowania w rolnictwie, uwzględniającego nie tylko utrzymanie wysokiego poziomu produkcji, ale również zmniejszenie nakładów i ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko. Zaleca się między innymi powrót do stosowania właściwego płodozmiaru oraz upraw wielogatunkowych (z ang. mix culture lub polyculture) zwiększających różnorodność gatunkową pól i stabilność agrosystemów. Uprawa pasowa jest formą uprawy wielogatunkowej i polega na uprawie dwóch lub więcej gatunków roślin, w pasach na tyle szerokich aby była możliwa niezależna mechaniczna uprawa, ale jednocześnie odpowiednio wąskich, aby zachodziło współdziałanie czynników ekologicznych i wzajemne oddziaływanie roślin w sąsiadujących pasach. Uprawa pasowa jest stosowana w różnych regionach świata do ochrony gleb przed erozją wodną i wietrzną oraz ograniczenia strat składników mineralnych przez wymywanie [Burczyk 2003, Kanwar i in. 2005, Bucur i in. 2007, Rogobete i Grozav 2011]. System ten może mieć także znaczenie w ograniczaniu nasilenia występowania szkodników i chorób roślin uprawnych [Ma i in. 2007]. Wykazano również dużą efektywność uprawy pasowej w zmniejszaniu zanieczyszczenia rzek pozostałościami herbicydów spływających z pól z wodami powierzchniowymi [Holvoet i in. 2007]. W systemie tym, najczęściej jest uprawiana kukurydza, soja lub inna roślina strączkowa, oraz jako trzecia często jest wprowadzana jest druga roślina zbożowa [Francis i in. 1986, Fortin i in. 1994, Iragavarapu i Randall 1996]. Dobór roślin o różnych cyklach rozwojowych i budowie morfologicznej pozwala na efektywniejsze wykorzystanie składników pokarmowych, wody i

światła oraz daje możliwość ograniczenia nakładów na uprawę [Fukai i Trenbath 1993, Zang i Li 2003]. Zwiększenie liczby gatunków w uprawie pasowej i przestrzenna różnorodność może korzystnie wpływać na elementy struktury plonu roślin uprawnych i w efekcie zwiększyć plon całkowity [Ghaffarzadeh i in. 1994, Lesoing i Francis 1999].

W Polsce najczęściej i najpowszechniej stosowaną formą uprawy wielogatunkowej jest uprawa mieszana zbóż i zbóż ze strączkowymi [Idziak i Michalski 2003, Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2007, Tobiasz-Salach i in. 2011]. W takim systemie uprawy, poszczególne gatunki mogą wykorzystywać różne zasoby, lub też te same zasoby są wykorzystywane bardziej efektywnie, co może zwiększać plon całkowity z jednostki powierzchni w porównaniu do uprawy jednogatunkowej [Rodrigo i in. 2001]. Mieszanki takie przydatne są do pozyskiwania surowców głównie z przeznaczeniem na paszę. Uprawa pasowa – jako alternatywna daje większe możliwości, poprzez indywidualny siew i zbiór poszczególnych gatunków, stąd też może być bardziej przydatna do uprawy roślin na różne cele.

Biorąc powyższe pod uwagę podjęłam badania własne, których celem była ocena wpływu uprawy pasowej w połączeniu z różnymi metodami regulacji zachwaszczenia na zmiany w plonowaniu, jakości plonu oraz zachwaszczeniu roślin w warunkach klimatyczno-glebowych Polski południowo-wschodniej. Badaniach dotyczące uprawy pasowej są nowatorskie w warunkach Polski i uważam je za jedno z najważniejszych osiągnięć w mojej dotychczasowej pracy naukowej.

Przedstawione zagadnienia obejmują:

1. Wpływ uprawy pasowej i zabiegów pielęgnacyjnych na zachwaszczenie roślin (praca **A i B**)
2. Zmiany elementów struktury i wielkości plonu kukurydzy, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego pod wpływem różnych metod uprawy i zabiegów pielęgnacyjnych (praca **C**)
3. Zawartość i pobranie makroskładników przez kukurydżę (praca **D**)
4. Zawartość i pobranie mikroelementów przez kukurydżę (praca **E i F**)

## **Opis przeprowadzonych doświadczeń**

### **Doświadczenie I**

Przedmiotem badań były kukurydza pastewna odmiana ‘Celio’, fasola zwyczajna odmiana ‘Aura’ i jęczmień jary odmiana ‘Start’. W doświadczeniu badałam czynniki: I. metoda uprawy: (1) - siew czysty (uprawa jednogatunkowa); (2) - uprawa pasowa, która polegała na uprawie obok siebie w pasach o szerokości 3,3 m każdy trzech rośliny: kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego. II. metoda regulacji

zachwaszczenia: A – mechaniczna: kukurydza – dwukrotne opielanie międzyrzędzi (pierwszy zabieg w fazie 5-6 liści kukurydzy, drugi około dwa tygodnie później); fasola zwyczajna - dwukrotne opielanie międzyrzędzi (pierwszy zabieg 4-5 tygodni po siewie, drugi 3 tygodnie później); jęczmień jary - dwukrotne bronowanie (pierwszy zabieg w fazie szpilkowania, drugi w fazie 5 liści); B – chemiczna: – kukurydza: bromoksynil + terbutylazyna ( $144 + 400 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w fazie 4-6 liści; fasola zwyczajna – trifluralina przed siewem ( $810 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) + bentazon ( $1200 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) po wschodach; jęczmień jary – kwas 4-chloro-2-metylofenoksyoctowy ( $500 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w pełni krzewienia. Kukurydza była uprawiana na zielonkę i zbierana w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Fasola była uprawiana na suche nasiona i zbierana w trzeciej dekadzie sierpnia lub pierwszej dekadzie września. Jęczmień był zbierany w pierwszej lub drugiej dekadzie sierpnia. Szczegółowy opis metodyki jest zamieszczony w pracy A.

W doświadczeniu badałam:

1. Zachwaszczenie roślin – ocena dwa tygodnie przed zbiorem metodą botaniczno-wagową. Oznaczałam skład gatunkowy oraz liczbę i nadziemną suchą masę chwastów.
2. Przed zbiorem elementy struktury plonu a po zbiorze plon roślin.
3. Zawartość mikroelementów w całych roślinach kukurydzy zbieranych w fazie dojrzałości mleczno-woskowej.

## Doświadczenie II

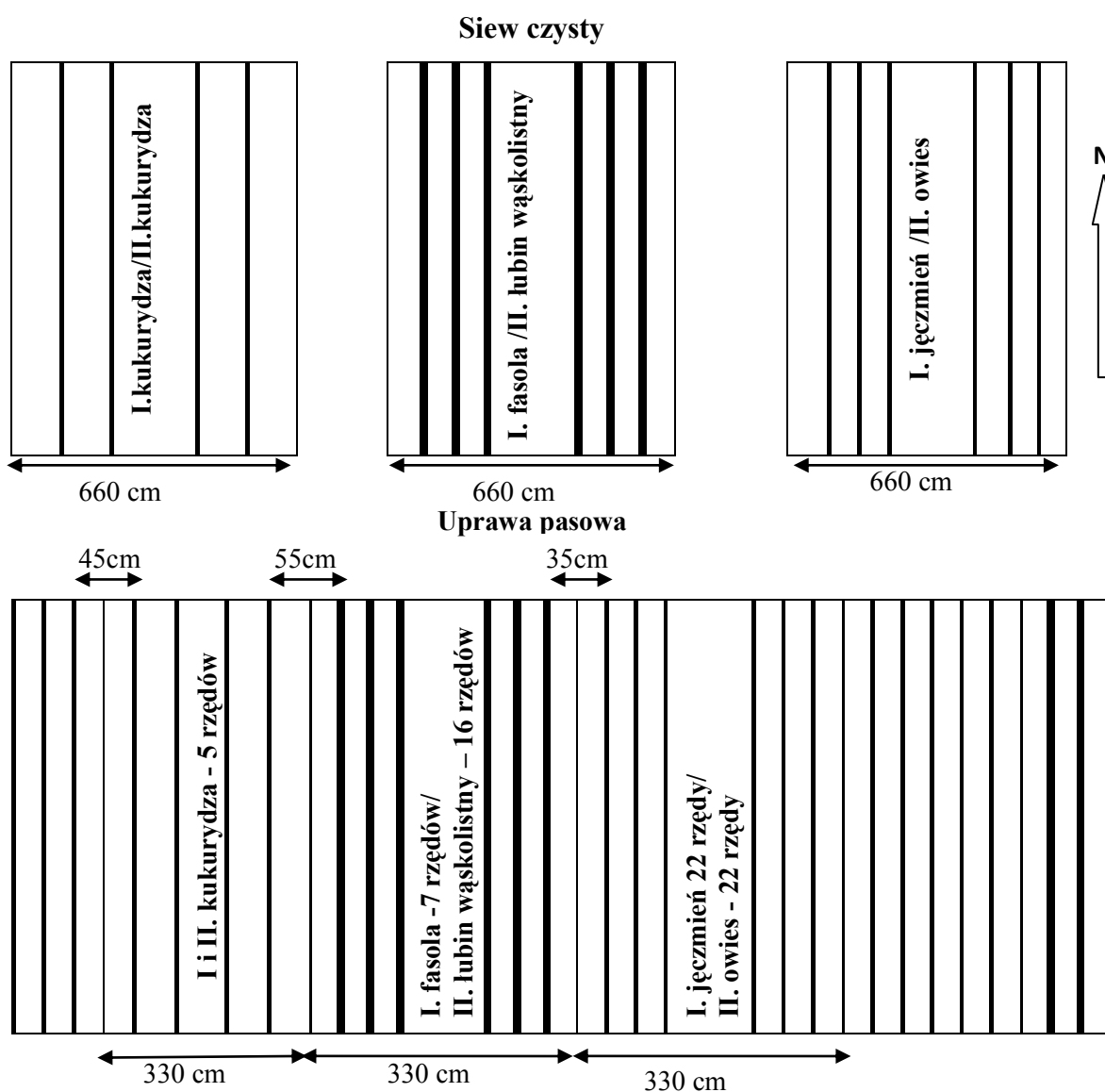
Przedmiotem badań były kukurydza pastewna odmiana ‘Celio’, łubin wąskolistny odmiana ‘Sonet’ i owies siewny odmiana ‘Kasztan’. W doświadczeniu analizowałam czynniki: I. metoda uprawy: (1). siew czysty (uprawa jednogatunkowa); (2). uprawa pasowa, która polegała na uprawie obok siebie w pasach o szerokości 3,3 m każdy, trzech roślin: kukurydzy pastewnej, łubinu wąskolistnego i owsa siewnego. II. metoda regulacji zachwaszczenia: A – mechaniczna: kukurydza – dwukrotne opielanie międzyrzędzi (pierwszy zabieg w fazie 5-6 liści kukurydzy, drugi dwa tygodnie później); łubin wąskolistny - dwukrotne bronowanie (pierwszy zabieg po siewie, przed wschodami , drugi przed osiągnięciem przez rośliny wysokości 5 cm); owies siewny - dwukrotne bronowanie (pierwszy zabieg w fazie szpilkowania, drugi w fazie 5 liści); B – chemiczna: kukurydza - bromoksynil + terbutylazyna ( $144 + 400 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w fazie 4-6 liści; łubin wąskolistny – linuron bezpośrednio po siewie ( $675 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) + metomitron ( $2800 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) po wschodach, w fazie 2-3 liści; owies siewny – kwas 4-chloro-2-metylofenoksyoctowy ( $550 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w pełni krzewienia. Kukurydza była uprawiana na zielonkę i zbierana w fazie dojrzałości mleczno-

woskowej. Łubin wąskolistny był uprawiany na nasiona i zbierany w drugiej lub trzeciej dekadzie sierpnia. Owies był zbierany w pierwszej lub drugiej dekadzie sierpnia. Szczegółowy opis metodyki jest zamieszczony w pracy B.

W doświadczeniu badałam:

1. Zachwaszczenie roślin – ocena dwa tygodnie przed zbiorem metodą botaniczno-wagową. Oznaczałam skład gatunkowy oraz liczbę i nadziemną suchą masę chwastów.
3. Zawartość makroelementów i mikroelementów w całych roślinach kukurydzy zbieranych w fazie dojrzałości mleczno-woskowej.

### Schemat doświadczenia I i II



W siewie czystym i w uprawie pasowej szerokość międzyrzędzi wynosiła: kukurydza - 65 cm, fasola zwyczajna – 47 cm, łubin wąskolistny 20 cm, owies i jęczmień 15 cm. N oznacza północ.

## Syntetyczne omówienie prac

### 1) Wpływ uprawy pasowej i zabiegów pielęgnacyjnych na zachwaszczenie roślin (praca A i B)

Celem badań, które zamieściłam w pracy A była ocena zachwaszczenia kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego w uprawie pasowej i w siewie czystym, w warunkach stosowania mechanicznej i chemicznej metody regulacji zachwaszczenia. W pracy B przedstawiłam wpływ uprawy pasowej i uprawy w siewie czystym na liczbę, skład gatunkowy oraz nadziemną suchą masę chwastów w kukurydzy pastewnej, łubinie wąskolistnym i owsie siewnym. Drugim czynnikiem były również metody regulacji zachwaszczenia (mechaniczna i chemiczna). Stwierdziłam, iż niezależnie od czynników doświadczenia gatunkami chwastów zdecydowanie dominującymi we wszystkich badanych roślinach uprawnych i występującymi najliczniej były żóltlica drobnokwiatowa, chwastnica jednostronna i komosa biała. Są to gatunki groźne w uprawach kukurydzy oraz często występujące w zbożach, jak i roślinach strączkowych. Te trzy gatunki segetalne stanowiły 70,8-99,0% ogólnej liczby chwastów w siewie czystym oraz 47,6-82% w uprawie pasowej. W pracy A wykazałam, że uprawa pasowa kukurydzy z fasolą zwyczajną i jęczmieniem jarym zmniejszyła – o 27%, całkowitą liczbę chwastów w kukurydzy oraz o 35,5% ich biomasę w porównaniu do uprawy w siewie czystym. Uprawa pasowa kukurydzy z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym istotnie zmniejszyła (o 16%) tylko nadziemną masę chwastów (praca B). Potwierdziłam, że stosowane metody regulacji zachwaszczenia również zdecydowanie różnicowały zarówno zagęszczenie jak i masę chwastów w kukurydzy. Chemiczne zabiegi pielęgnacyjne zmniejszyły liczbę chwastów (2,5-2,7 razy) oraz ich suchą masę (3-krotnie) w porównaniu z mechanicznym odchwaszczaniem. Za bardzo istotne i warte szczególnego podkreślenia uważam obserwowane współdziałanie metod uprawy i regulacji zachwaszczenia. Uprawa pasowa na obiektach z mechaniczną metodą regulacji zachwaszczenia zmniejszyła o 32,5% liczbę chwastów oraz o 41% ich masę, w stosunku do uprawy w siewie czystym. Zaś na obiektach gdzie stosowano herbicydy wartości te wynosiły 17,6% oraz 16,3% odpowiednio dla liczby i masy chwastów (praca A).

Fasola zwyczajna jest rośliną stosunkowo niską, co powoduje dużą wrażliwość na konkurencję chwastów, zwłaszcza w początkowym okresie wzrostu. Stwierdziłam, iż w fasoli zwyczajnej uprawa pasowa sprzyjała zarówno występowaniu mniejszej liczby chwastów –

średnio o 26%, jak i ograniczała ich nadziemną suchą masę – średnio o 33%, w porównaniu do uprawy w siewie czystym. Na uwagę zasługuje również tendencja większych różnic pomiędzy metodami uprawy na obiektach z mechaniczną regulacją zachwaszczenia. Na obiektach gdzie zwalczano chwasty mechanicznie uprawa pasowa obniżyła liczbę chwastów o 32% oraz ich nadziemną suchą masę o 42%. Na obiektach z chemiczną regulacją zachwaszczenia była to różnica tylko 14% i 13% odpowiednio dla liczby i suchej masy chwastów. Również zachwaszczenie łubinu wąskolistnego było istotnie niższe w uprawie pasowej. Uprawa pasowa ograniczyła liczbę chwastów średnio o 6%, zaś ich nadziemną biomasę, aż o 28,8%. Co istotne, tak jak w fasoli zwyczajnej korzystny wpływ uprawy pasowej był szczególnie wyraźny w połączeniu z mechaniczną regulacją zachwaszczenia (praca **B**).

Wykazałam, że uprawa pasowa ograniczała także istotnie liczbę chwastów w zasiewach trzeciej rośliny czyli jęczmienia jarego – o 21% w porównaniu do uprawy w siewie czystym i nie wpływała istotnie na ich suchą masę (praca **A**). Zastosowanie herbicydów w regulacji zachwaszczenia wyraźnie zmniejszało liczbę chwastów, średnio o 64,4% w porównaniu do mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych oraz ich nadziemną masę - o 47%. Co ważne, wpływ uprawy pasowej na zmniejszenie wskaźników zachwaszczenia był widoczny jedynie w połączeniu z mechanicznym zwalczaniem chwastów. Stwierdziłam także, że zarówno liczba jak i masa chwastów w owsie siewnym były istotnie niższe w uprawie pasowej niż w uprawie w siewie czystym (praca **B**). Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnego współdziałania metod uprawy i metod regulacji zachwaszczenia w kształtowaniu wskaźników zachwaszczenia łąnu owsa.

Reasumując, uprawa pasowa istotnie zmniejszała zarówno liczbę jak i suchą masę chwastów w zasiewach kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej, łubinu wąskolistnego i owsa siewnego w stosunku do uprawy w siewie czystym. W jęczmieniu jarym ograniczający wpływ uprawy pasowej był istotny tylko w odniesieniu do liczby chwastów. Bardzo ważnym osiągnięciem przeprowadzonych badań jest stwierdzenie, że pozytywny wpływ uprawy pasowej na zmniejszenie zachwaszczenia roślin był szczególnie widoczny w połączeniu z mechaniczną regulacją zachwaszczenia. Potwierdza to przydatność tego systemu do wykorzystania w rolnictwie zrównoważonym oraz ekologicznym.



## **2) Zmiany elementów struktury oraz wielkości plonu kukurydzy, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego pod wpływem różnych metod uprawy i zabiegów pielęgnacyjnych (praca C)**

Kukurydza jest gatunkiem często wybieranym do uprawy pasowej, gdyż silnie reaguje na efekt brzegowy i jako wysoka roślina o typie fotosyntezy C4 dobrze wykorzystuje większą ilość dostępnego światła słonecznego. Plon w rzędach brzeżnych znacznie wzrasta, nawet o 50%, a w efekcie plon ogólny z pasa również jest wyższy [Cruse i Gilley 1996, Lesoing i Francis 1999]. Wzrost plonu zależy również od położenia rzędu i gatunku rośliny sąsiadującej. Iragavarapu i Randall [1996] uprawiając pasowo kukurydzę z soją i pszenicą stwierdzili wzrost plonu kukurydzy o 23% w skrajnym rzędzie sąsiadującym z pszenicą, oraz o 27% w rzędzie brzeżnym sąsiadującym z pasem soi. Wyniki badań własnych (praca C) potwierdzają korzystny wpływ uprawy pasowej na plonowanie kukurydzy. Stwierdziłam, że plon kukurydzy w uprawie pasowej był średnio o 11% wyższy niż w uprawie jednogatunkowej (siew czysty). Wynikało to z znacznego wzrostu plonu w rzędach brzeżnych pasa kukurydzy, w rzędzie sąsiadującym z fasolą zwyczajną o 26,0-29,6%, zaś w sąsiadującym z jęczmieniem jarym o 17,0-21,5%. Na efektywność uprawy pasowej wpływa również ułożenie pasów. W rzędach brzeżnych od wschodu rośliny plonują lepiej, w porównaniu z tymi od zachodu. Wynika to z szybszego tempa fotosyntezy w chłodniejsze poranki, gdy słońce dochodzi do wschodniego brzegu, niż w gorące popołudnie, gdy światło słoneczne opiera się na zachodnim brzegu pasa, i może nie być w pełni wykorzystane przez rośliny kukurydzy ze względu na stres wodny i wędnięcie roślin. Dowiedziałam również, iż uprawa pasowa wpływała na elementy struktury plonu kukurydzy, tj. zwiększała istotnie masę jednej rośliny, a zmniejszała wysokość roślin (o 23 cm). Obserwowałam również zwiększenie udziału w plonie kolb - o 4,2%, a zmniejszenie udział łądyg. Istotne zwiększenie udziału kolb w plonie było wyraźne zwłaszcza w skrajnych rzędach pasa kukurydzy.

Efektywność uprawy pasowej zależy od przebiegu warunków pogodowych. Garcia-Prechac [1992] uważa, iż uprawa pasowa kukurydza/soja/owies jest bardziej wydajna od uprawy w siewie czystym w latach o średnim lub wysokim uwilgotnieniu. W badaniach własnych stwierdziłam, że niezależnie od czynników doświadczenia, najniższy plon z najmniejszym udziałem kolb wytworzyła kukurydza w roku o najmniejszej ilości opadów (2009), które ponadto były nierównomiernie rozłożone. Obserwowałam jednak, iż wzrost plonu w uprawie pasowej w stosunku do siewu czystego w w/w sezonie wynosił 11,8% i był najwyższy spośród lat badań. Może to wynikać z faktu, iż rośliny jęczmienia i fasoli są mniej

konkurencyjne w pobieraniu wody niż kukurydza. Ponadto, znaczne niedobory opadów wystąpiły w lipcu, sierpniu i wrześniu, w miesiącach w których rośliny towarzyszące kukurydzy, a zwłaszcza jęczmień mają mniejsze potrzeby wodne. W pracy C potwierdziłam, że ograniczenie regulacji zachwaszczenia do dwukrotnego opielania międzyrzędzi zmniejsza plon kukurydzy. Najniższą biomasę, z najmniejszym udziałem kolb wytworzyła kukurydza w warunkach pielęgnacji wyłącznie mechanicznej. Zastosowanie pielęgnacji chemicznej zwiększyło plon o 17,8%, a udział kolb o 3,4%. Nie potwierdziłam natomiast istotnego współdziałania metod uprawy i regulacji zachwaszczenia. Kukurydza uprawiana pasowo plonowała o 11,2% wyżej na obiektach z mechaniczną regulacją zachwaszczenia i o 10,6% na obiektach odchwaszczanych chemicznie.

W uprawie pasowej rośliną towarzyszącą kukurydzy jest często soja. Kukurydza jako roślina wyższa może znacznie ograniczać dostęp światła do soi oraz konkurować z nią o wodę i składniki mineralne, a w efekcie znacznie zmniejszyć plon nasion soi [Egli i Yu 1991, Lesoing i Francis 1999]. Dlatego też, do uprawy pasowej są wprowadzane inne rośliny zbożowe, tj. pszenica czy owies, aby ograniczyć negatywny wpływ kukurydzy na roślinę towarzyszącą [Iragavarapu i Randall 1996]. W badaniach własnych prezentowanych w pracy C wprowadziłam do uprawy pasowej fasolę zwyczajną uprawianą na suche nasiona, gdyż jest to często uprawiana rośliną strączkową na cele konsumpcyjne, zwłaszcza w południowo-wschodniej Polsce. Udowodniłam, że plon nasion fasoli był średnio o 13% większy w uprawie pasowej, w porównaniu do uprawy w siewie czystym. Uprawa pasowa zwiększała również istotnie liczbę strąków i nasion z rośliny, oraz masę nasion z rośliny i masę 1000 nasion. Co szczególnie istotne, korzystny wpływ uprawy pasowej na plonowanie fasoli zwyczajnej zaznaczył się wyraźnie na obiektach, gdzie stosowano mechaniczną regulację zachwaszczenia. Było to prawdopodobnie efektem obserwowanego mniejszego zachwaszczenia fasoli właśnie na poletkach z uprawą pasową i odchwaszczanych mechanicznie (praca A). Ponadto, sąsiadujący pas kukurydzy stanowił barierę osłaniającą rośliny fasoli przed działaniem wiatru, co mogło poprawiać wykorzystanie wody i temperaturę w łanie fasoli, a w efekcie korzystnie wpływać na liczbę strąków zawiązywanych na roślinie.

W pracy C wykazałam również, że plon nasion jak i elementy struktury plonu zmieniały się w zależności od położenia rzędu w pasie fasoli. Najmniejszą liczbę strąków i nasion z rośliny stwierdziłam w rzędzie sąsiadującym z jęczmieniem jarym, największą zaś w rzędzie graniczącym z kukurydzą. Jednak największej masie nasion z jednej rośliny sprzyjało sąsiedztwo jęczmienia. W rzędzie bezpośrednio sąsiadującym z kukurydzą zaznaczył się

negatywny wpływ kukurydzy i plon nasion fasoli był najmniejszy, jednak w kolejnych rzędach plon wzrastał i najwyższy był w rzędzie sąsiadującym z jęczmieniem jarym. Kukurydza i fasola były siane w tym samym terminie, a kukurydzę charakteryzuje powolny początkowy wzrost. W okresie wypełniania nasion konkurencyjność kukurydzy w stosunku do fasoli była większa, w efekcie masa nasion z rośliny była wyższa w rzędzie bezpośrednio sąsiadującym z jęczmieniem.

W badaniach dotyczących uprawy pasowej stwierdzano na ogół wzrost plonu innych roślin zbożowych towarzyszących kukurydzy i soi [Ghaffarzadeh i in. 1994, Iragavarapu i Randall 1996]. W pracy C dowiodłam, iż wielkość i struktura plonu trzeciej rośliny w uprawie pasowej, czyli jęczmienia jarego zmieniała się w zależności od stosowanej metody uprawy i regulacji zachwaszczenia. Średnio plon ziarna w uprawie pasowej był o 4,9% wyższy w porównaniu z uprawą w siewie czystym. Jęczmień był siany 3-4 tygodnie wcześniej niż pozostałe rośliny. Dlatego mniejsza była konkurencja w brzeźnych rzędach we wcześniejszych fazach rozwojowych. W późniejszym okresie, gdy rośliny fasoli i kukurydzy mogły konkurować z jęczmieniem, potrzebował on mniejszej ilości wody, składników pokarmowych i światła. Uprawa pasowa wpływała również na elementy struktury plonu, zwiększała istotnie liczbę i masę ziarniaków z kłosa oraz masę tysiąca nasion. Większy plon w uprawie pasowej wynikał z reakcji jęczmienia w brzeźnych rzędach, zwłaszcza sąsiadujących z fasolą zwyczajną. Plon ziarna jęczmienia w pierwszym rzędzie od pasa fasoli był wyższy, w porównaniu do rzędów środkowych o 27% i 16% odpowiednio dla mechanicznej i chemicznej regulacji zachwaszczenia. W rzędzie sąsiadującym z pasem kukurydzy plon jęczmienia również wzrastał, ale w znacznie mniejszym stopniu.

Miarą często wykorzystywaną dla porównania efektywności upraw mieszanych różnych roślin z siewem czystym czy też uprawą w monokulturze jest współczynnik ekwiwalentu terenowego. W pracy C wykazałam, iż ogólna produktywność biologiczna uprawy pasowej wyrażona współczynnikiem ekwiwalentu terenowego (LER) była wyższa niż siewu czystego. Uzyskana wartość współczynnika ekwiwalentu terenowego 1,09 oznacza, że uprawa pasowa kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego była o 9% bardziej efektywna od uprawy tych gatunków w siewie czystym.

W podsumowaniu stwierdzam, że uprawa pasowa zwiększała istotnie wielkość plonu kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego. Współdziałanie metod uprawy i regulacji zachwaszczenia było istotne jedynie w odniesieniu do fasoli, gdzie efektywność uprawy pasowej była wyższa w połączeniu z mechanicznym odchwaszczaniem. Uprawa pasowa wpływała również istotnie na niektóre elementy struktury plonu roślin. Zarówno

wielkość plonu jak i elementy jego struktury zmieniały się w zależności od położenia rzędu w pasie. Stopień zmian zależał nie tylko od badanej cechy i gatunku rośliny, ale również od roślin w sąsiadujących pasach. Wartość współczynnika ekwiwalentu terenowego wskazuje na porównywalną lub większą efektywność uprawy pasowej w stosunku do uprawy w siewie czystym. To zaś w połączeniu z korzyściami środowiskowymi potwierdza przydatność uprawy pasowej dla rolnictwa zrównoważonego.

### **3) Zawartość i pobranie makroskładników przez kukurydzę (praca D)**

W badaniach dotyczących uprawy pasowej zwraca się głównie uwagę na plon i nadziemną biomasę roślin, natomiast mało uwagi poświęca się wpływowi efektu brzegowego i interakcji roślin w sąsiadujących pasach na pobieranie składników przez rośliny. Liczne prace potwierdzają duże znaczenie oddziaływań pomiędzy roślinami w strefie korzeniowej w uprawie współrzędnej na dostępność i pobieranie składników [Wasaki i in. 2003, Li i in. 2004]. Na zwiększenie dostępności i pobierania azotu przez rośliny może wpływać uprawa współrzędna roślin motylkowych i zbóż [Karpenstein-Machan i Stuelpnagel 2000]. Natomiast Li i in. [2003] podają, że ciecierzycy sprzyja większej zawartości fosforu w uprawianych współrzędnie kukurydzy i pszenicy. Nieliczne badania potwierdzają również wpływ uprawy pasowej na zawartość i pobieranie makroelementów przez rośliny [Li i in. 2001].

W uprawie pasowej umieszczenie roślin w osobnych pasach może zmniejszyć siłę oddziaływania pomiędzy roślinami w brzeźnych rzędach sąsiadujących pasów, a przez to wpływ na pobieranie składników. Dlatego też uważam, że przedstawione w pracy **D** wyniki badań dotyczące wpływu uprawy pasowej i roślin sąsiadujących na zawartość oraz akumulację makroelementów przez kukurydzę są nowatorskie. W pracy **D** dowiodłam, że uprawa pasowa kukurydzy z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym zmniejszyła istotnie zawartość w biomacie kukurydzy azotu - o 11%, fosforu - o 14% i magnezu - o 5%. Stwierdziłam również, że uprawa pasowa zwiększała zawartość potasu (+ 10,6%) i wapnia (+ 17,9%) w biomacie kukurydzy w porównaniu do uprawy w siewie czystym.

W pracy **D** wykazałam, że chemiczna metoda regulacji zachwaszczenia sprzyjała większej zawartości w kukurydzy wszystkich oznaczanych makroelementów w porównaniu z mechanicznym odchwaszczaniem. Istotną interakcję metod uprawy i regulacji zachwaszczenia stwierdziłam w odniesieniu do zawartości w kukurydzy potasu, magnezu i wapnia. Całkowita akumulacja azotu i fosforu przez kukurydzę uprawianą w siewie czystym była istotnie większa niż w uprawie pasowej. Uprawa pasowa sprzyjała natomiast większej

akumulacji przez kukurydzę potasu i wapnia, a nie wpływała istotnie na akumulację magnezu. Większa zawartość pierwiastków w kukurydzy odchwaszczanej chemicznie w połączeniu z większym plonem biomasy sprawiły, że całkowita akumulacja wszystkich analizowanych makroelementów z biomasą kukurydzy była istotnie wyższa przy stosowaniu chemicznej regulacji zachwaszczenia. Współdziałanie metod uprawy i regulacji zachwaszczenia było istotne jedynie w odniesieniu do pobrania potasu, magnezu i wapnia.

W pracy **D** wykazałam również, że położenie rzędu w pasie i gatunek rośliny sąsiadującej wpływały na zawartość i pobranie makroelementów przez kukurydzę. Mniejszą zawartość azotu obserwowałam w rzędzie sąsiadującym z owsem siewnym. Różnice pomiędzy rzędem środkowym i skrajnym od łubinu były niewielkie. Jednak całkowita akumulacja azotu przez kukurydzę była największa w rzędach brzeżnych pasa. Mogło to być rezultatem transferu azotu do kukurydzy z sąsiadującego rzędu łubinu wąskolistnego. Większe pobranie azotu przez kukurydzę w rzędach brzeżnych od pasa owsa i soi oznacza, że kukurydza jest bardziej konkurencyjna w pobieraniu azotu niż rośliny sąsiadujące [Ghaffarzadeh i in. 1998]. Zawartość fosforu w kukurydzy wyraźnie ograniczało sąsiedztwo z owsem siewnym, natomiast różnice pomiędzy rzędem środkowym i brzeżnym od łubinu były nieznaczące. Najwięcej fosforu akumulowała kukurydza rosnąca w rzędzie sąsiadującym z łubinem wąskolistnym. Rośliny strączkowe mają zdolność wykorzystywania fosforu z niedostępnych form dzięki wydzielaniu kwasów organicznych obniżających pH w strefie korzeniowej oraz mogą uwalniać enzymy fosfatazy, które rozkładają organiczne związki fosforu w glebie [Nwoke i in. 2008]. Stwierdziłam, że sąsiedztwo z łubinem wąskolistnym zmniejszało zawartość potasu w biomasie kukurydzy, a większej zawartości pierwiastka sprzyjało sąsiedztwo owsa siewnego, zwłaszcza w kukurydzy odchwaszczanej mechanicznie. Położenie rzędu w pasie nie wpływało wyraźnie na całkowitą akumulację potasu przez kukurydzę odchwaszczaną mechanicznie. Natomiast tam gdzie stosowano herbicydy, najwięcej potasu akumulowała kukurydza w rzędzie sąsiadującym z owsem. Zawartość magnezu w kukurydzy odchwaszczanej chemicznie była najniższa w rzędzie skrajnym od owsa. Przy mechanicznej regulacji zachwaszczenia położenie rzędu w pasie nie wpływało na zawartość magnezu w kukurydzy. Sąsiedztwo owsa siewnego wpływało również ograniczająco na zawartość wapnia w kukurydzy, a najwięcej wapnia akumulowała kukurydza w rzędzie skrajnym od pasa łubinu wąskolistnego. Rośliny strączkowe mają silnie rozwinięty system korzeniowy i mogą korzystać z położonych głębiej składników, tj. P, K, Mg czy też Ca, przemieszczać je w górę profilu glebowego i czynić dostępnymi dla innych roślin [Ae i in. 1990].

Badania zamieszczone w pracy **D** potwierdzają wpływ uprawy pasowej na zawartość i akumulację makroelementów przez kukurydzę. Uprawa pasowa sprzyjała większej zawartości w kukurydzy wapnia i potasu, zmniejszała natomiast zawartość azotu, fosforu i magnezu. Zawartość makroelementów w kukurydzy zmieniała się również w zależności od położenia rzędu w pasie i gatunku rośliny sąsiadującej. Generalnie, sąsiedztwo z łubinem wąskolistnym sprzyjało większej zawartości w kukurydzy fosforu, wapnia i magnezu. Kukurydza z rzędów brzeżnych sąsiadujących z pasem owsa zawierała więcej potasu. Całkowita akumulacja azotu, fosforu, magnezu i wapnia była najwyższa w rzędzie sąsiadującym z łubinem wąskolistnym.

#### **4) Zawartość i pobranie mikroelementów przez kukurydzę (praca E i F)**

Mikroelementy, tj. miedź, cynk, żelazo i mangan, spełniają bardzo ważne funkcje zarówno w roślinach jak i organizmach zwierząt i człowieka [White i Broadley 2009]. Liczne badania potwierdzają wpływ uprawy współrzędnej na zmiany zawartości mikroelementów w roślinach. Według Zuo i Zhanga [2009] uprawa współrzędna roślin dwuliściennych i jednoliściennych o różnych strategiach reakcji na niedobory żelaza może zwiększać jego dostępność dla roślin, zwłaszcza na glebach zasadowych. Natomiast Gunes i in. [2007] wykazał, że uprawa współrzędna pszenicy i ciecierzycy zwiększała zawartość żelaza w obu gatunkach. Venkelaas i in. [2003] podają, że rośliny motylkowe uwalniają przez korzenie duże ilości carboxylatów, które mogą zwiększać dostępność mikroelementów dla uprawianych współrzędnie roślin.

W literaturze krajowej jak i światowej brak natomiast informacji o wpływie uprawy pasowej na zawartość i akumulację mikroskładników. Natomiast różnice w plonowaniu, zachwaszczeniu, jak i wzajemne oddziaływania sąsiadujących roślin mogą zmieniać pobranie i zawartość pierwiastków w kukurydzy. Wyniki zamieszczone w pracy **E** pokazują, że uprawa pasowa z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym w połączeniu z mechaniczną regulacją zachwaszczenia zmniejszała zawartość miedzi w kukurydzy, natomiast w kukurydzy pielęgnowanej chemicznie sprzyjała większemu gromadzeniu pierwiastka. Podobną tendencję obserwowałam w stosunku do całkowitej akumulacji miedzi. Zawartość cynku w biomase kukurydzy była istotnie wyższa w uprawie pasowej - średnio o 36%, w porównaniu z uprawą w siewie czystym. Całkowita akumulacja cynku w nadziemnej biomase kukurydzy w uprawie pasowej była wyższa o 26% i 62% w porównaniu z uprawą w siewie czystym, odpowiednio dla mechanicznej i chemicznej metody odchwaszczania. Uprawa pasowa zwiększała istotnie zawartość Fe w kukurydzy, ale jedynie w połączeniu z chemiczną

regulacją zachwaszczenia. Natomiast całkowita akumulacja żelaza przez kukurydzę w uprawie pasowej była wyższa o 5,4% dla mechanicznej oraz o 27% dla chemicznej regulacji zachwaszczenia. Średnio w doświadczeniu zawartość manganu w kukurydzy w uprawie pasowej była istotnie wyższa, w porównaniu do uprawy w siewie czystym. Również akumulacja manganu przez kukurydzę była znacznie wyższa w uprawie pasowej, o 61% i 46% dla mechanicznej i chemicznej metody odchwaszczania.

W pracy **E** wykazałam również, że zawartość i akumulacja mikroelementów przez kukurydzę w uprawie pasowej zmieniała się w zależności od położenia rzędu w pasie i gatunku rośliny sąsiadującej. Niezależnie od metod odchwaszczania, najwięcej miedzi zawierała kukurydza z rzędu brzeżnego od pasa owsa siewnego, najmniej zaś z rzędu sąsiadującego z łubinem wąskolistnym. Kukurydza z brzeżnych rzędów, zarówno od łubinu wąskolistnego jak i owsa siewnego zawierała wyraźnie więcej cynku niż w rzędzie środkowym. Większej zawartości żelaza sprzyjało sąsiedztwo z pasem łubinu wąskolistnego, zaś różnice pomiędzy rzędem środkowym i skrajnym od owsa siewnego były niewielkie. Najwięcej manganu zawierała kukurydza z rzędu środkowego pasa. Kukurydza z rzędów brzeżnych, zarówno sąsiadujących z łubinem jak i owsem siewnym gromadziła mniej manganu. Całkowita akumulacja mikroelementów w biomase kukurydzy była wypadkową ich zawartości w roślinach i wielkości wytworzonego plonu.

Potwierdziłam również (praca **E**), że metody regulacji zachwaszczenia wpływały istotnie na zawartość mikroelementów w biomase kukurydzy. Znacznie więcej cynku (o 36,2%), żelaza (o 4,7%) i manganu (o 30,2%) zawierała kukurydza odchwaszczana chemicznie. Natomiast istotnie więcej miedzi zawierała kukurydza z obiektów, na których stosowano mechaniczną metodę regulacji zachwaszczenia.

W pracy **F** dowiodłam, że uprawa pasowa kukurydzy z jęczmieniem jarym i fasolą zwyczajną istotnie zwiększała zawartość jak i całkowitą akumulację miedzi (o 18%) w biomase kukurydzy, w porównaniu do uprawy w siewie czystym. Uprawa pasowa nie wpływała na zawartość cynku, zwiększała istotnie zawartość żelaza, oraz zmniejszała, średnio o 14% zawartość Mn w biomase kukurydzy w porównaniu z uprawą w siewie czystym.

Położenie rzędu w pasie kukurydzy również wpływało na zawartość i akumulację mikroelementów (praca **F**). Najmniejsza zawartość miedzi była w kukurydzy z rzędu środkowego, najwyższa zaś w rzędzie brzeżnym, sąsiadującym z pasem jęczmienia jarego. Różnice w zawartości miedzi mogły wynikać z wcześniejszego zbioru jęczmienia niż fasoli i krótszej konkurencji o składniki w stosunku do kukurydzy. Najbardziej intensywne pobieranie mikroelementów, a zwłaszcza miedzi przez kukurydzę ma miejsce pomiędzy 109 a

132 dniem po siewie. W przedstawianych badaniach własnych okres ten przypadał po zbiorze jęczmienia jarego. Z drugiej strony rośliny strączkowe pobierają składniki równomiernie, aż do fazy kwitnienia, po czym dynamika pobierania znacznie wzrasta, zwłaszcza podczas zawiązywania strąków i wypełniania nasion. Zmiany zawartości cynku w kukurydzy w rzędach pasa zależały od metod odchwaszczania. Kukurydza odchwaszczana mechanicznie zawierała mniej cynku rosnąc w rzędach skrajnych pasa. Przy chemicznej regulacji zachwaszczenia więcej Zn zawierała kukurydza z rzędu brzeżnego, sąsiadującego z pasem fasoli zwyczajnej. Niezależnie od stosowanych metod regulacji zachwaszczenia, sąsiedztwo z pasem fasoli sprzyjało większej zawartości Fe w kukurydzy, a różnice pomiędzy rzędem środkowym i skrajnym od pasa jęczmienia jarego były niewielkie. Wykazałam, że zawartość manganu w rzędach brzeżnych, zarówno od pasa fasoli jak i jęczmienia, była znacznie niższa niż w rzędzie środkowym. To wskazuje, że rośliny w sąsiadujących pasach konkurowały z kukurydzą o mangan, lub zmniejszały jego dostępność. Ponadto akumulacja manganu i żelaza przez rośliny jest konkurencyjna i wzrost zawartości i akumulacji żelaza mógł spowodować zmniejszone pobieranie manganu. Całkowita akumulacja mikroelementów w biomase kukurydzy zmieniała się w zależności od stosowanej metody uprawy jak i regulacji zachwaszczenia oraz położenia rzędu w pasie kukurydzy i wynikała z zawartości mikroelementów jak i biomasy wytworzonej przez kukurydzę.

Potwierdziłam także, że mechaniczna metoda regulacji zachwaszczenia sprzyjała większej zawartości miedzi w porównaniu z metodą chemiczną, natomiast ograniczała zawartość żelaza i manganu. Dwukrotne opielanie międzyrzędzi nie wyeliminowało zupełnie chwastów, które są zwykle bardziej konkurencyjne w pobieraniu składników pokarmowych niż rośliny uprawne i mogły ograniczać ich dostępność dla kukurydzy. Z drugiej strony, w roślinach wytwarzających dużą biomasę zawartość mikroelementów w jednostce masy może być mniejsza w efekcie 'rozcieńczenia'.

Ważnym i nowatorskim osiągnięciem badań, które zaprezentowałam w pracy **E i F** jest wykazanie, że uprawa pasowa wpływała na zawartość mikroelementów w biomase kukurydzy. Kierunek i nasilenie zmian zależało od gatunku uprawianych roślin, metod regulacji zachwaszczenia oraz położenia rzędu w pasie kukurydzy. Uprawa pasowa z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym zwiększała zawartość cynku, żelaza i manganu w kukurydzy, nie wpływała istotnie na zawartość miedzi. Sąsiedztwo z pasem owsa sprzyjało gromadzeniu miedzi, większej zawartości żelaza i cynku sprzyjało sąsiedztwo z łubinem wąskolistnym, a najwięcej manganu zawierała kukurydza z rzędu środkowego. Uprawa pasowa z jęczmieniem jarym i fasolą zwyczajną zwiększała zawartość miedzi i żelaza,



ograniczała zawartość manganu w biomasie kukurydzy i nie wpływała istotnie na zawartość cynku. Sąsiedztwo z pasem jęczmienia sprzyjało gromadzeniu miedzi, większej zawartości żelaza i cynku sprzyjało sąsiedztwo z fasolą zwyczajną, zaś najwięcej manganu zawierała kukurydza z rzędu środkowego. Wyniki te wskazują, iż poprzez odpowiedni dobór gatunków do uprawy pasowej możemy zmieniać zawartość niektórych składników w roślinach i ich jakość.

### Wnioski

1. Uprawa pasowa zmniejszała liczbę chwastów w kukurydzy - o 27% , fasoli zwyczajnej – o 32%, łąbinie wąskolistnym – o 6%, jęczmieniu – o 21% oraz w owsie siewnym – o 6,7%. Ograniczyła również istotnie nadziemną suchą masę chwastów w zasiewach kukurydzy – o 16 -35,5%, fasoli zwyczajnej – o 33%, łąbinie wąskolistnym – o 28,8% oraz w owsie siewnym – o 23,8%. Współdziałanie metod uprawy i regulacji zachwaszczenia było istotne w odniesieniu do liczby i suchej masy chwastów w kukurydzy, fasoli zwyczajnej, łąbinie wąskolistnym i jęczmieniu. Korzystny wpływ uprawy pasowej na zmniejszenie zachwaszczenia roślin był szczególnie widoczny w połączeniu z mechaniczną regulacją zachwaszczenia.

2. Plon kukurydzy w uprawie pasowej był o 11% wyższy niż w siewie czystym. W rzędzie brzeżnym sąsiadującym z fasolą zwyczajną plonu wzrósł o 26,0-29,6%, zaś w sąsiadującym z jęczmieniem jarym o 17,0-21,5%. Uprawa pasowa zwiększała istotnie udział w plonie kolb - o 4,2%. Plon nasion fasoli był o 13% wyższy w uprawie pasowej. Uprawa pasowa zwiększała istotnie liczbę strąków i nasion z rośliny, oraz masę nasion z rośliny i masę 1000 nasion. Masa nasion z rośliny jak i plon nasion był najwyższy w rzędzie sąsiadującym z jęczmieniem jarym, najniższy w sąsiadującym z kukurydzą. Co szczególnie istotne, korzystny wpływ uprawy pasowej na plonowanie fasoli zwyczajnej zaznaczył się wyraźnie na obiektach, gdzie stosowano mechaniczną regulację zachwaszczenia. Uprawa pasowa zwiększała średnio o 4,9% plon ziarna jęczmienia. W uprawie pasowej plon jęczmienia w rzędach brzeżnych był wyższy niż w środkowych, w rzędzie sąsiadującym z pasem fasoli o 16-27%, oraz o 3,3-12% w rzędzie od pasa kukurydzy.

3. Wartość współczynnika ekwiwalentu terenowego 1,09 potwierdza, że uprawa pasowa kukurydzy pastewnej, fasoli zwyczajnej i jęczmienia jarego była o 9% bardziej efektywna od uprawy tych gatunków w siewie czystym. To w połączeniu z ograniczeniem zachwaszczenia

roślin oraz różnymi korzyściami dla środowiska jakie daje ten system wskazuje, że powinna być polecana do wprowadzania w rolnictwie integrowanym lub ekologicznym.

4. Uprawa pasowa z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym zmniejszała istotnie zawartość w biomacie kukurydzy azotu - o 11%, fosforu - o 14% i magnezu - o 5% oraz zwiększała zawartość potasu – o 10,6% i wapnia - o 17,9%. Sąsiedztwo z łubinem wąskolistnym sprzyjało większej zawartości w kukurydzy fosforu, wapnia i magnezu, a z owsem siewny potasu. Całkowite pobranie azotu, fosforu, magnezu i wapnia było najwyższe w rzędzie sąsiadującym z łubinem wąskolistnym.

5. Uprawa pasowa z owsem siewnym i łubinem wąskolistnym zwiększała zawartość cynku (o 36%), żelaza (o 9,1%) i manganu (o 42%) w kukurydzy, nie wpływała istotnie na zawartość miedzi. Uprawa pasowa z jęczmieniem jarym i fasolą zwyczajną zwiększała zawartość miedzi (o 14,5%) i żelaza (o 13,1%), ograniczała zawartość manganu (o 12%) i nie wpływała istotnie na zawartość cynku. Sąsiedztwo z pasem owsa i jęczmienia sprzyjało gromadzeniu miedzi, większej zawartości żelaza i cynku sprzyjało sąsiedztwo z łubinem wąskolistnym i fasolą zwyczajną, a najwięcej manganu zawierała kukurydza z rzędu środkowego.

6. Pobranie mikroelementów z biomasa kukurydzy zależało od metod uprawy, stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych jak i położenia rzędu w pasie. Generalnie uprawa pasowa z owsem i łubinem wąskolistnym zwiększała pobranie żelaza, cynku i manganu, nie wpływała na pobranie miedzi. Uprawa pasowa z jęczmieniem i fasolą zwiększała pobranie żelaza i miedzi, zmniejszała manganu i nie wpływała na pobranie cynku.

7. Chemiczna regulacja zachwaszczenia zwiększała zawartość w kukurydzy azotu (o 11,4%), fosforu (o 17,6%), potasu (o 4,4%), magnezu (o 19,5%) oraz wapnia (o 9,3%). Chemiczne zabiegi pielęgnacyjne zwiększały zawartość w biomacie kukurydzy żelaza (o 4,7-10,7%) i manganu (o 25-30,3%) oraz zmniejszały zawartość miedzi.

8. Obserwowane zmiany zawartości i pobrania makro- i mikroelementów przez kukurydzę potwierdzają, że uprawa pasowa jest skutecznym i efektywnym ekonomicznie sposobem ograniczania niedoborów składników mineralnych w roślinach i biofortyfikacji roślin uprawnych. Dlatego też przedstawione wyniki mają duże znaczenie zarówno poznawcze jak i praktyczne.

### **Piśmiennictwo**

Ae N., Arihara J., Okada K., Yoshihara T. 1990. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping system of the Indian subcontinent. Science, 248: 477-480.

- Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol. Evol.*, 18: 182-188.
- Bucur D., Jitareanu G., Ailincăi C., Tsadilas C., Ailincăi D., Mercus A. 2007. Influence of soil erosion on water, soil, humus and nutrient losses in different crop systems in the Moldavian Plateau, Romania. *J. Food, Agric. Environ.*, 5 (2): 261-264.
- Burczyk P. 2003. Zalety upraw pasowych z wsiewką roślin motylkowatych a możliwość ograniczenia strat azotu. *Post. Nauk Rol.*, 2: 16-21.
- Connolly J., Goma H.C., Rahim K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. *Agric. Ecos. Environ.*, 87, 191-207.
- Cruse R.M., Gilley J.E. 1996. Strip intercropping: A CRP Conversion Option, 17.
- Egli D.B., Yu Z.W. 1991. Crop growth rate and seeds per unit area in soybeans. *Crop Sci.*, 31: 439-442.
- Fortin M.C., Culley J., Edwards M. 1994. Soil water, plant growth, and yield of strip-intercropped corn. *J. Prod. Agric.*, 7(1): 63-69.
- Francis Ch., Jones A., Crookston K., Wittler K., Goodman S. 1986. Strip cropping corn and grain legumes: a review. *Amer. J. Alternative Agric.*, 1(4): 159-164.
- Fukai S., Trenbath B.R. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crops Res.*, 34: 247-271.
- Garcia-Préchac F. 1992. Strip position, tillage and water regime effects on strip intercropping rotation. *Dis. Abstr. Int.*, 52(8): 3954B-3955B.
- Ghaffarzadeh M., Garcia-Préchac F., Cruse R.M. 1994. Grain field response of corn, soybean and oat grown in a strip intercropping system. *Americ. J. Alternative Agric.*, 9(4): 171-177.
- Ghaffarzadeh M.F., Garcia-Préchac F., Crusoe R.M., Harbur M.M. 1998. Fertilizer and soil nitrogen use by corn and border crops in a strip intercropping system. *Agron. J.*, 90: 758-762.
- Gunes A., Inal A., Adak M.S., Alpaslan M., Bağcı E.G., Erol T., Pilbeam D.J. 2007. Mineral nutrition of wheat, chickpea and lentil as affected by intercropped cropping and soil moisture. *Nutr. Cyc. Agroecosys.*, 78: 83-96.
- Holvoet K., Gevaert V., van Griensven A., Seuntjens P., Vanrolleghem P.A. 2007. Modelling the effectiveness of agricultural measures to reduce the amount of pesticides entering surface waters. *Water Res. Manage.*, 21: 2027-2035.
- Idziak R., Michalski T. 2003. Weed infestation and yields of spring barley and oat in mixtures with different share of both species. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 490: 99-104.
- Iragavarapu T.K., Randall G.W. 1996. Border effects on yield in strip-intercropped soybean, corn, and wheat production system. *J. Prod. Agric.*, 9: 101-107.
- Kanwar R.S., Cruse R.M., Ghaffarzadeh M., Bakhsh A., Karlen D.L., Bailey T.B. 2005. Corn-soybean and alternative cropping systems effects on NO<sub>3</sub>-N leaching losses in subsurface drainage water. *App. Eng. Agric.*, 21 (2): 181-188.

- Karpenstein-Machan M., Stuelpnagel R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. *Plant Soil*, 218: 215-232.
- Lesoing G.W., Francis Ch.A. 1999. Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum and soybean. *Agron. J.*, 91: 807-813.
- Li L., Sun J., Zhang F., Li X., Yang S., Rengel Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interaction on nutrients. *Field Crops Res.*, 71: 123-137.
- Li L., Tang C., Rengel Z., Zhang F.S. 2003. Chickpea facilitates phosphorus uptake by wheat from an organic phosphorus. *Plant Soil*, 248: 297-303.
- Li L., Tang C., Rengel Z., Zhang F.S. 2004. Calcium, magnesium and microelement uptake as affected by phosphorus sources and interspecific root interactions between wheat and chickpea. *Plant Soil*, 261: 29-37.
- Ma K.Z., Hao S.G., Zhaz H.Z., Kang L. 2007. Strip cropping wheat and alfalfa to improve the biological control of the wheat aphid *Macrosiphum avenae* by the mite *Allothrombium ovatum*. *Agric. Ecos. Environ.*, 119: 49-52.
- Nwoke O.C., Diels J., Abaidoo R., Nziguheba G., Merckx R. 2008. Organic acids in the rhizosphere and root characteristics of soybean (*Glycine max*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in relation to phosphorus uptake in poor savanna soils. *Afr. J. Biotech.*, 7: 3620-3627.
- Rodrigo V.H.L., Sterling C.M., Teklehaimanot Z., Nugawela A. 2001. Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation-use efficiency of immature rubber plantation. *Field Crops Res.*, 69: 237-249.
- Rogobete G., Grozav A. 2011. Methods for assessment of soil erosion. *Res. J. Agric. Sci.*, 43: 174-179.
- Sobkowicz P., Podgórska-Lesiak M. 2007. Changes in weed infestation in pure stands and mixtures of two pea cultivars with barley affected by nitrogen fertilization. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roś.*, 47(3): 271-275.
- Swinton S.M., Lupi F., Robertson G.P., Hamilton S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecol. Econ.*, 64: 245-252.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D., Szponar-Krok E. 2011. Assessment of the productivity and mutual interactions between spring cereals in mixtures. *Fragm. Agron.*, 28(4): 116-130.
- Veneklaas E.J., Stevens J., Cawthray G.R., Turner S., Grigg A.M., Lambers H. 2003. Chickpea and white lupin rhizosphere carboxylates vary with soil properties and enhance phosphorus uptake. *Plant Soil*, 248: 187-197.
- Wasaki J., Yamamura T., Shinano T., Osaki M. 2003. Secreted acid phosphatase is expressed in cluster lupin in response to phosphorus deficiency. *Plant Soil*, 248: 129-136.

White P.J., Broadley M.R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182: 49-84.

Zhang F., Li L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant Soil*, 248: 305-312.

Zuo Y., Zhang F. 2009. Iron and zinc biofortification strategies in dicots plants by intercropping with gramineous species: a review. *Agron. Sust. Dev.*, 29: 63-71.

Zuo Y., Zhang F., Li X., Cao Y. 2000. Studies on the improvement in iron nutrition of peanut by intercropping with maize on a calcareous soil. *Plant Soil*, 220: 13-25.

## 5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Urodziłam się 26 października 1968 r. w Hrubieszowie. W 1987 roku ukończyłam Liceum Ogólnokształcącego, im. Marii Konopnickiej w Zamościu. W latach 1988 – 1993 studiowałam na Wydziale Zootechnicznym Akademii Rolniczej w Lublinie. Tytuł magistra inżyniera zootechniki z wynikiem bardzo dobrym uzyskałam w roku 1993 na podstawie egzaminu i pracy magisterskiej pt. „Przebieg krzywych laktacji u krów rasy simentalskiej i czerwono-białej”, którą wykonałam pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Trautmana. Jej wyniki zostały opublikowane w pracy, której jestem współautorką [II-D1].

Moje zainteresowania badawcze obejmują kilka zagadnień z zakresu nauk rolniczych, dyscypliny agronomii obejmujących podstawy agrotechniki, zachwaszczenia, nawożenia i ekonomiki produkcji roślin uprawnych. Na podstawie kolejności prowadzonych doświadczeń oraz publikowanych twórczych artykułów naukowych w moim dorobku naukowym można wydzielić 3 kierunki badawcze:

1. Możliwość wykorzystania różnych odpadów w rolnictwie
2. Wpływ zróżnicowanej agrotechniki na wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych
3. Ocena efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji roślinnej

### 5.1. Możliwość wykorzystania różnych odpadów w rolnictwie

Zagospodarowanie odpadów jest problemem ekologicznym i gospodarczym. Dotyczy to zarówno osadów powstających w procesie oczyszczania ścieków komunalnych jak i odpadów powstających w produkcji rolniczej, szczególnie zaś w przetwórstwie rolno-spożywczym. Jedną z możliwości jest wykorzystanie ich w produkcji rolniczej, gdyż

zawierają wiele cennych organicznych i mineralnych składników nawozowych. Ponieważ poszczególne odpady posiadają niedobór pewnych, a nadmiar innych składników pokarmowych w prowadzonych badaniach własnych postanowiłam połączyć niektóre z nich, tak aby niekorzystne właściwości lub ewentualne braki jednego były rekompensowane dodatkiem drugiego, co stanowi nowe podejście do problemu zagospodarowania odpadów.

Doświadczenie z tego zakresu realizowałam w latach 1996-1998 pod kierunkiem i ścisłym nadzorem metodycznym prof. dr hab. Romana Reszela. W trzyletnim doświadczeniu wazonowym oceniałam wpływ wapnowanego osadu ściekowego z komunalnej oczyszczalni ścieków w Zamościu stosowanego pojedynczo lub łącznie z ziemią spławiakową z osadników Cukrowni Werbkowice oraz z popiołem z pieca do spalania słomy na właściwości gleby lekkiej oraz biomasę i jakość zielonki z kukurydzy. Działanie testowanych odpadów porównywałam z corocznie wnoszonym nawożeniem mineralnym NPK oraz z wariantem bez nawożenia mineralnego. Badania były współfinansowane przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Zamościu w ramach projektu „Próba kompleksowego zagospodarowania niektórych odpadów w rolnictwie”, umowa nr 31/97/OZ-po/D, kierowanego przez prof. dr hab. Roman Reszel, którego byłam jednym z współwykonawców.

Wyniki badań dotyczących problematyki możliwości zagospodarowania różnych odpadów w rolnictwie stanowiły podstawę do napisania dysertacji doktorskiej oraz 8 artykułów naukowych [II-D2, II-D3, II-D4, II-D5, II-D6, II-D7, II-D12]. Wyniki, które znajdują się w w/w pracach prezentowałam również na 3 konferencjach, w formie doniesień, posterów i referatu [III-B1, III-B8, II-K1]. Prace z tego zakresu opublikowałam w *Rocznikach AR w Poznaniu Melioracje i Inżynieria Środowiska*, *Acta Agrophysica*, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities Environmental Development*, *Annales UMCS Sec. E*, *Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych* oraz w *Environment Protection Engineering*.

W przeprowadzonych badania dowiodłam, że stosowanie osadu ściekowego zwiększało wyraźnie koncentrację w glebie  $C_{org.}$  (proporcjonalnie do zastosowanej dawki). Dodatek ziemi spławiakowej i popiołu nie zmieniał istotnie ilości substancji organicznej w glebie, ale wprowadzony łącznie z osadem ściekowym stabilizował substancję organiczną osadu, co uwidoczniło się mniejszym ubytkiem  $C_{org.}$ , po zakończeniu badań. Zaweźnieniu uległ stosunek C: N w podłożach, zwiększała się dojrzałość kwasów huminowych, o czym świadczy obniżenie wartości współczynnika barwy E4/E6 oraz zmniejszeniu uległ udział form ruchomych związków organicznych, tj. kwasy fulwowe przy jednoczesnym wzroście

struktur stabilniejszych. Obserwowane zmiany wskazują, że procesy tworzenia próchnicy z materii organicznej osadów uległy zapoczątkowaniu i zmierzają we właściwym kierunku [II-D4, III-B1]. Wykazałam również, że wzbogacenie gleby osadem ściekowym podwyższało liczebność drobnoustrojów glebowych, w tym amonifikatorów oraz sprzyjało poprawie ich aktywności biologicznej określanej ilością wydzielanego CO<sub>2</sub>. Osad ściekowy stabilizowany wapnem przechodzi minimalny rozkład przed zastosowaniem, dlatego zawiera duże ilości utleniającego węgla organicznego, stanowiącego dobrą pożywkę dla drobnoustrojów [II-D3, II-D4]. Stwierdziłam również, że wniesienie osadu ściekowego zwiększyło koncentrację kwasów fenolowych w glebie, jednak nadal była ona przeszło dziesięciokrotnie mniejsza niż poziom toksyczny dla drobnoustrojów glebowych. Popiół ze słomy, a jeszcze skuteczniej ziemia szałwiakowa zmniejszały przyrost ilości fenoli obserwowany po dodaniu osadu ściekowego [II-D3].

Udowodniłam również, iż ziemia szałwiakowa, a jeszcze silniej osad ściekowy obniżały kwasowość hydrolityczną, zwiększając jednocześnie pojemność sorpcyjną gleby. Podwyższały stężenie kationów wymiennych, a co za tym idzie stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. Przy zastosowaniu 5%-owej dawki osadu ściekowego milirównoważnikowy stosunek K<sup>+</sup>: Mg<sup>2+</sup>: Ca<sup>2+</sup> w kompleksie sorpcyjnym zbliżył się do optymalnego. Należy podkreślić, że osad ściekowy (zwłaszcza wyższa dawka) wyraźnie lepiej oddziaływał, gdy był wprowadzany łącznie z popiołem oraz jego mieszanką z ziemią szałwiakową [II-D5]. Wniesienie zarówno ziemi szałwiakowej jak i osadu ściekowego zmieniło odczyn gleby z kwaśnego na obojętny. Jedynie popiół ze słomy zastosowany pojedynczo zakwaszał glebę. Łączenie pozostałych odpadów z osadem zwiększało skuteczność i trwałość zabiegu [II-D5]. Wprowadzenie osadu ściekowego, proporcjonalnie do dawki zwiększyło zawartość w glebie azotu ogólnego i przyswajalnego fosforu. Na zawartość potasu najkorzystniej wpływało łączne wnoszenie odpadów. Jednak na zakończenie badań najlepiej zaopatrzona w potas była gleba z corocznie wnoszonym nawożeniem NPK [II-D2]. Wykazałam również, że najkorzystniej na produkcję biomasy kukurydzy wpływało łączenie osadu ściekowego z pozostałymi odpadami. W tych warunkach mniejsza jego dawka niwelowała ujemne oddziaływanie ziemi szałwiakowej i jej mieszanki z popiołem, a większa stworzyła najlepsze warunki rozwoju roślin i sprzyjała wytwarzaniu przez kukurydzę dużej masy kolb [II-D6, III-B8]. Plonotwórcze działanie osadu ściekowego i corocznie wnoszonego nawożenia NPK było na zbliżonym poziomie, jednak osad zdecydowanie wyraźniej zwiększał udział kolb w plonie [II-D2]. Osad ściekowy zwiększał w roślinach zawartość azotu, magnezu i wapnia. Poprawiał również relację w biomacie kukurydzy K: (Ca + Mg) oraz Ca: P [II-D2].

Ziemia spławiakowa ograniczała koncentrację w tkankach kukurydzy azotu i wapnia, a sprzyjała gromadzeniu fosforu, potasu i magnezu.

Jednym z ograniczeń wykorzystania odpadów w rolnictwie jest zawartość w nich metali ciężkich i ryzyko wprowadzenia nadmiernych ilości do gleby i łańcucha pokarmowego. Testowane odpady w różnym stopniu modyfikowały zawartość mikroelementów w glebie i kukurydzy, ale w żadnym przypadku nie zostały przekroczone zawartości uznawane za naturalne dla gleb czy odpowiednie ze względu na wartość paszową roślin [II-D2, II-D7, II-D12, II-K1]. Stwierdziłam, że osad ściekowy zwiększał zawartość w glebie ogólnej formy Fe i Zn oraz przyswajalnej formy Cu, Fe, Zn i Mn, jak i rozpuszczalność wszystkich badanych mikroelementów. Zastosowanie ziemi spławiakowej i popiołu zmniejszało zawartość mikroelementów w kukurydzy. Osad ściekowy proporcjonalnie do zastosowanej dawki zwiększał ilość Cu, obniżał zaś zawartość Mn i Fe, zwłaszcza przy dawce niższej. W przypadku Zn efektywna była tylko dawka większa osadu. Dodatek pozostałych odpadów nieznacznie modyfikował oddziaływanie osadu ściekowego.

W podsumowaniu mogę stwierdzić, że wnosząc osad ściekowy z ziemią spławiakową i popiołem uzyskuje się najlepsze rezultaty dzięki stworzeniu korzystnych warunków wzrostu i rozwoju roślinom, przejawiających się istotnym powiększeniem biomasy kukurydzy i wzrostem udziału kolb. Takie łączenie pozwala zwiększyć jednorazową dawkę osadu ściekowego, bowiem pozostałe odpady niwelują negatywne skutki dawki większej. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne. Łączne stosowanie badanych odpadów może być najlepszym sposobem zwiększenia ich przydatności do użyźniania gleb, umożliwiającym szersze zagospodarowanie w rolnictwie oraz ograniczenie zużycia nawozów mineralnych nie stwarzając zarazem zagrożenia ani dla środowiska, ani dla jakości produktów rolniczych.

## **5.2. Wpływ zróżnicowanej agrotechniki na wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych**

Z zakresu przedstawionego problemu wykonałam w latach 2003-2013 samodzielnie oraz we współpracy 10 doświadczeń. Doświadczenia były prowadzone w miejscowości Malice oraz Frankamionka k. Zamościa i w Stacji Doświadczalnej Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu.



### 5.2.1. Uprawa pasowa i uprawa w siewie czystym

Zagadnienia związane z uprawą pasową (forma uprawy wielogatunkowej) są ważną częścią badań poświęconych drugiemu, zasadniczemu kierunkowi moich zainteresowań naukowych.

Pierwsze doświadczenie polowe pt. „**Wpływ uprawy pasowej kukurydzy pastewnej, pszenicy jarej i fasoli zwyczajnej na zachwaszczenie, wielkość i jakość plonów roślin**” przeprowadziłam w latach 2004-2006. W badaniach porównywałam:

I. Metoda uprawy: 1. uprawa pasowa, 2. uprawa w siewie czystym

II. Metoda regulacji zachwaszczenia: A. mechaniczna, B. mechaniczno-chemiczna, C. chemiczna.

W doświadczeniu analizowałam plonowanie, elementy struktury plonu i zachwaszczenie roślin, zawartość makro i mikroelementów w biomase kukurydzy, wpływ położenia rzędu w uprawie pasowej na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy. Na podstawie doświadczenia opublikowałam 12 oryginalnych prac twórczych [II-A2, II-A4, II-D10, II-D11, II-D14, II-D16, II-D20, II-D22, II-D27, II-D30, II-D31] w czasopismach tj. *Journal of Elementology* (2), *Acta Agrophysica* (2), *Biuletyn IHAR* (2), *Fragmenta Agronomica* (3), *Acta Agrobotanica* (2), *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* (1). Uzyskane wyniki prezentowałam również na krajowych i międzynarodowych konferencjach w formie doniesień (8) posterów (5) i dwóch referatów, w tym jeden na konferencji we Lwowie [III-B2, III-B3, III-B7, III-B9, III-B10, III-B11, III-B12, III-B16, II-K2, II-K4, II-K5].

W prowadzonych badaniach stwierdziłam, że uprawa pasowa nie wpływała istotnie na plonowanie kukurydzy, zwiększała natomiast udział kolb w biomase oraz zmniejszała wysokość roślin. W uprawie pasowej najkorzystniej plonowała kukurydza w rzędzie brzeżnym sąsiadującym z pasem fasoli zwyczajnej [II-D14, III-B11]. Uprawa pasowa zmniejszała plon ziarna pszenicy jarej, zwiększała natomiast plon handlowy nasion fasoli zwyczajnej i zmniejszała udział w plonie nasion niepełnowartościowych. Warto podkreślić, iż korzystny wpływ uprawy pasowej na plonowanie fasoli uwidocznił się we współdziałaniu z mechaniczną metodą regulacji zachwaszczenia. Wyrażał się większym plonem nasion, oraz większą masą nasion z rośliny i MTN [II-D20, II-D27].

Wykazałam, że uprawa pasowa w porównaniu do uprawy w siewie czystym zmniejszała istotnie liczbę chwastów w kukurydzy pastewnej (o 45%), pszenicy jarej (o 40%) i w fasoli zwyczajnej (o 50%) oraz suchą masę chwastów w zasiewach pszenicy jarej i fasoli zwyczajnej. Co ważne, zachwaszczenie fasoli odchwaszczanej mechanicznie w uprawie

pasowej było na zbliżonym poziomie do zachwaszczenia na obiektach w siewie czystym i mechaniczno-chemicznej regulacji zachwaszczenia. To wskazuje, że uprawa pasowa może być zalecana do stosowania w rolnictwie zrównoważonym, a po wyeliminowaniu herbicydów w ekologicznym [II-D11, II-D16, II-D21, III-B12].

Zmiany w zachwaszczeniu, plonowaniu oraz wzajemne oddziaływania roślin mogą wpływać na zawartość składników w glebie i pobieranie ich przez rośliny. Stwierdziłam, że metody uprawy nie wpływały istotnie na zawartość azotu w glebie. Uprawa pasowa zmniejszała nieznacznie zawartość azotu i wyraźnie zawartość potasu w biomase kukurydzy, a zwiększała zawartość fosforu, wapnia i magnezu. Położenie rzędu w pasie kukurydzy również wpływało na zawartość pierwiastków w biomase kukurydzy. Sąsiedztwo z pasem fasoli sprzyjało większej zawartości azotu, fosforu i magnezu. Zawartość potasu była największa w rzędzie środkowym, najniższa w rzędzie od pasa fasoli. Z kolei zawartość wapnia była najwyższa w rzędzie sąsiadującym z pszenicą, zaś najniższa w sąsiedztwie fasoli [II-D22, II-D30, II-D31, III-B2, III-B3].

Dowiodłam również, że uprawa pasowa z fasolą i pszenicą jarą zwiększała zawartość miedzi, żelaza i manganu w biomase kukurydzy. Wpływ metod uprawy na zawartość cynku był bardzo zróżnicowany w latach badań. Stwierdziłam również, że w zależności od gatunku sąsiadującej rośliny kukurydza pobiera z gleby zróżnicowane ilości mikroelementów. Sąsiedztwo z pasem fasoli sprzyjało gromadzeniu większej ilości cynku i żelaza w kukurydzy, zmniejszało zaś zawartość manganu. Większej zawartości miedzi sprzyjało sąsiedztwo pszenicy. Na zawartość i pobranie mikroelementów istotny wpływ miały również stosowane metody regulacji zachwaszczenia [II-A2, II-A4].

Ponieważ wpływ uprawy pasowej zależy od przebiegu warunków pogodowych w latach badań, gatunku, a nawet odmiany rośliny uprawnej i szerokości pasów, kontynuowałam badania nad uprawa pasową. Kolejne doświadczenia przeprowadziłam w latach 2008-2010 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pt. **„Uprawa pasowa kukurydzy, owsa siewnego i lubinu wąskolistnego – zmiany w zachwaszczeniu, plonowaniu i pobieraniu pierwiastków”** oraz **„Wpływ uprawy pasowej fasoli zwyczajnej, kukurydzy pastewnej i jęczmienia jarego na zachwaszczenie, plonowanie i skład chemiczny roślin”**. W przeprowadzonych doświadczeniach badałam: I. Metoda uprawy: uprawa w siewie czystym i uprawa pasowa, II. Metoda regulacji zachwaszczenia: mechaniczna i chemiczna. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów były podstawą przygotowania monotematycznego cyklu publikacji, stanowiących szczególne osiągnięcie naukowe.

### 5.2.2. Nawożenie mineralne z suplementacją siarki

Ze względu na rolę i udział w procesach życiowych siarka jest elementem niezbędnym do życia wszystkich organizmów żywych. W ostatnich latach zwraca się uwagę na niedobory siarki w produkcji roślinnej i konieczność włączenia tego pierwiastka do nawożenia mineralnego różnych gatunków roślin. Wyniki badań dotyczące roli siarki w roślinach i nawożeniu prezentowałam w oryginalnej pracy twórczej opublikowanej w *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* oraz w formie doniesień (4) i referatu na konferencjach tematycznych [II-A3, III-B6, III-B15, III-B21, III-B22, II-K3].

W latach 2004-2006 uczestniczyłam w prowadzeniu doświadczenia pt. „**Wpływ nawożenia siarką na plonowanie i zachwaszczenie ziemniaka**”. W doświadczeniu badałam: I. Dawka siarki - 0, 25 i 50 kg·ha<sup>-1</sup>, II. Rodzaj siarki - siarka elementarna i K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Wykazałam, że najkorzystniej na plon bulw oddziaływała aplikacja 25 kg S·ha<sup>-1</sup> w formie siarczanu oraz 50 kg S·ha<sup>-1</sup> siarki elementarnej. Wprowadzenie siarki w formie siarczanu, bez względu na dawkę zwiększało zawartość w glebie S-SO<sub>4</sub>, natomiast aplikacja 50 kg siarki elementarnej obniżyła wyraźnie odczyn gleby. Nawożenie siarką wpływało również na pobieranie magnezu i wapnia przez bulwy ziemniaka. Największą zawartość Mg i Ca stwierdziłam po zastosowaniu 25 kg S·ha<sup>-1</sup> w formie elementarnej i 50 kg S·ha<sup>-1</sup>, bez względu na formę [II-A3].

W ramach zagadnień z zakresu nawożenia siarką konsultowałam doświadczenie prowadzone w latach 2009-2011 przez mgr Magdalenę Cybulską pt. „**Ocena plonowania zbóż nawożonych azotem i siarką**”, którego celem było określenie wpływu nawożenia azotem i siarką na plon i poprawę jakości pszenicy jarej w warunkach glebowo-klimatycznych Zamojszczyzny. Pełnię funkcję promotora pomocniczego rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Cybulskiej NT.: „Ocena plonotwórczej roli siarki na tle wzrastających dawek azotu jako czynnik integrowanej produkcji pszenicy jarej”.

W 2012 roku rozpoczęłam prowadzenie doświadczenia pt. „**Wpływ suplementacji nawożenia fasoli zwyczajnej siarką i molibdenem na środowisko glebowe oraz wielkość i jakość plonu nasion**”. Doświadczenie będzie kontynuowane w 2014 roku.

### 5.2.3. Zachwaszczenie łąnów i gleby

Po uzyskaniu stopnia doktora zagadnienia związane z zachwaszczeniem łąnów roślin uprawnych i gleby są stale w kręgu moich zainteresowań naukowych.

W latach 2004-2006 przeprowadziłam eksperyment polowy pt. „**Wpływ uprawy pszenicy jarej w krótkotrwałej monokulturze na zachwaszczenie łąnu i gleby oraz**

**plonowanie**”, w którym badałam: I. Rodzaj zmianowania - monokultura i płodozmian 3-polowy, II. Metody pielęgnacji - mechaniczna, mechaniczno-chemiczna, chemiczna.

Na podstawie wyników opublikowałam 1 artykuł naukowy w *Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych* oraz 1 doniesienie konferencyjne.

Wykazałam wzrost biomasy chwastów w pszenicy jarej w trzecim roku uprawy w monokulturze w porównaniu z uprawą w trójpolowym płodozmianie. Również liczba chwastów wykazywała tendencję rosnącą, zwłaszcza w pszenicy odchwaszczanej mechanicznie. Zmiany w zachwaszczeniu gleby nie były tak istotne, aczkolwiek odnotowałam wzrost liczby diaspor chwastów (głównie komosy białej) w pszenicy w monokulturze, zwłaszcza w wierzchniej warstwie gleby [II-D17, III-B13].

Kolejne doświadczenie polowe przeprowadziłam w latach 2008-2010, pt. „**Ocena zawartości i akumulacji makro i mikroelementów przez kukurydzę i dominujące gatunki chwastów**”. Analizowałam akumulację makro i mikroelementów przez kukurydzę i dominujące gatunki chwastów, tj. komosa biała, żóltlica drobnokwiatowa, chwastnica jednostronna, ostrożeń polny i rdest kolankowy oraz wpływ chwastów na jakość biomasy kukurydzy odchwaszczanej mechanicznie i chemicznie. Ważnym osiągnięciem przeprowadzonych badań było opracowanie monografii mojego autorstwa ‘**Content and uptake of nutrients by maize and accompanying weeds**’ [II-D37] wydanej przez LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. Uzyskane wyniki były również podstawą do napisania dwóch oryginalnych prac naukowych opublikowanych w *Acta Agrobotanica* [II-D26, II-D33].

W badaniach wykazałam, że zawartość N, K, Ca i Mg we wszystkich gatunkach chwastów była wyższa niż w kukurydzy. Najbardziej konkurencyjna w pobieraniu K i P okazała się żóltlica drobnokwiatowa, w pobieraniu Ca i N ostrożeń polny, zaś w pobieraniu Mg komosa biała i rdest kolankowy. Wszystkie gatunki chwastów zawierały więcej Cu niż kukurydza, ostrożeń polny gromadził znacznie mniej Zn niż kukurydza jak i pozostałe taksony segetalne. Zawartość Mn była wyższa w komosie białej i żótlcy drobnokwiatowej niż w kukurydzy, w ostrożniu polnym była niższa niż w kukurydzy jak i pozostałych chwastach.

Za istotne osiągnięcie tych badań uważam wykazanie, że chwasty mogą być poważnymi konkurentami w pobieraniu składników w porównaniu do roślin uprawnych, a ich udział w całkowitej akumulacji makroelementów przez łan kukurydzy (kukurydza + chwasty) wynosił odpowiednio: N – 14,9%, P – 11,8%, K – 35,0%, Ca – 27,3%, Mg – 27,4%. Udział chwastów w całkowitej akumulacji mikroelementów był znacznie niższy i wynosił: Cu –

1,7%, Zn – 1,4%, Fe – 1,6%, Mn – 7,2%. Wykazałam, że udział chwastów w całkowitej nadziemnej biomacie zebranego łąnu (kukurydza + chwasty) wynosił 15,4% i 7,9% dla mechanicznej i chemicznej metody regulacji zachwaszczenia. To w połączeniu z większą zawartością makroelementów w chwastach sprawiło, że zawartość N, K, Ca i Mg w biomacie łąnu (kukurydza + chwasty) była wyraźnie wyższa niż w masie samej kukurydzy. Chwasty jako komponent zielonki nie wpływały na zawartość P w biomacie, natomiast zmniejszały zawartość Cu, Zn, Fe i Mn w porównaniu do samej kukurydzy. Biomasa łąnu (kukurydza + chwasty) charakteryzowała się korzystniejszą wartością stosunków Fe: Mn i K: (Ca + Mg) niż sama kukurydza.

W 2006 roku przeprowadziłam doświadczenie wazonowe pt. **„Ocena możliwości wykorzystania allelopatycznego oddziaływania biomasy różnych roślin w proekologicznej regulacji zachwaszczenia”**, w którym oceniałam wpływ biomasy żyta, wyki jarej, rzepaku ozimego i gorczycy białej na wschody wybranych gatunków chwastów. Wyniki badań przedstawiłam w formie posteru na konferencji naukowej oraz opublikowałam 1 pracę w *Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych* [II-D24].

Dowiodłam, że kiełkowanie chwastów najskuteczniej ograniczała biomasa żyta i wyki jarej, nieco słabiej rzepaku ozimego i gorczycy białej. Biomasa rzepaku i żyta hamowała kiełkowanie komosy białej i szarłatu szorstkiego, zaś chwastnica jednostronna nie była wrażliwa na allelozwiązki uwalniane podczas rozkładu biomasy tych gatunków. Biomasa z gorczycy białej hamowała kiełkowanie komosy białej i chwastnicy jednostronnej.

W ramach zagadnień związanych z zachwaszczeniem opublikowałam pracę, w której porównywałam wyniki badań z trzech doświadczeń polowych prowadzonych w latach 1998-2006, dotyczących redlinowej uprawy roli i gatunku międzyplonu z rodzaju *Brassicaceae*. Wykazałam, że zróżnicowana redlinowa uprawa roli nie wpływała istotnie na zachwaszczenie łąnu ziemniaka, natomiast przyorywany międzyplon z rzepaku ozimego ograniczał istotnie zachwaszczenie ziemniaka i wpływał korzystnie na wskaźniki ekologiczne, tj. współczynnik dominacji i współczynnik ogólnej różnorodności Shanona. Efektywność międzyplonu z rzepaku była znacznie wyższa niż z gorczycy białej [II-D23].

W latach 2010-2012 prowadziłam doświadczenie polowe pt. **„Ocena możliwości stosowania wybranych substancji aktywnych herbicydów w regulacji zachwaszczenia fasoli zwyczajnej i wielokwiatowej”**. W doświadczeniu oceniałam możliwości stosowania substancji aktywnych herbicydów, tj. bentazon, linuron, chlomazon, metrybuzyna, MCPB w regulacji zachwaszczenia fasoli zwyczajnej i wielokwiatowej. Badałam wpływ herbicydów na plonowanie, zachwaszczenie i jakość nasion.

Część wyników z tych badań było podstawą przygotowania publikacji, przyjętej do druku w czasopiśmie *Journal of Elementology* [II-A5]. Pozostałe wyniki są przygotowywane do druku.

Wykazałam, że substancje aktywne, tj. linuron, chlomazon, metrybuzyna w odpowiednich dawkach mogą być wykorzystane w regulacji zachwaszczenia w fasoli zwyczajnej, gdyż nie obserwuje się fitotoksycznego wpływu na rośliny fasoli. MCPB wykazuje fitotoksyczne działanie w stosunku do fasoli. Niektóre substancje aktywne mogą korzystnie wpływać na zawartość Zn i Fe w nasionach, wywołując efekt hormezy.

Prowadzę również badania zespołowe, pt. „**Zachwaszczenie pól produkcyjnych Zamojszczyzny**” (2010-2015), których kierownikiem jest Profesor Hanna Klikocka a jednym z współwykonawców dr Dariusz Juszcak. Wyniki badań prezentowałam na konferencji naukowej w formie doniesienia i krótkiej prezentacji ustnej [III-B20]. W trakcie przygotowywania jest publikacja naukowa do *Acta Agrobotanica*.

#### 5.2.4. Alternatywne technologie uprawy i nawożenia pszenżyta jarego

W latach 2007-2008 we współpracy z Katedrą Chemii Rolnej w Poznaniu oraz Katedrą Ochrony i Kształtowania Środowiska UP w Lublinie prowadziłam doświadczenie pt. „**Wpływ zróżnicowanej metody uprawy roli i nawożenia azotem na aktywność mikrobiologiczną gleby i plonowanie pszenżyta jarego**”. W doświadczeniu badałam: A. Uprawa roli: 1 - tradycyjna, 2 - uproszczona, z dwukrotnym kultywatorowaniem, 3 - uproszczona, z jednokrotnym kultywatorowaniem; B. Nawożenie azotem: 1 - 60 kg·ha<sup>-1</sup>, 2 - 90 kg·ha<sup>-1</sup>, 3 - 120 kg·ha<sup>-1</sup>.

Wyniki zostały opublikowane w artykule naukowym w *Polish Journal of Environmental Studies*.

Wykazałam, że uproszczona uprawa roli pod uprawę pszenżyta i zwiększone nawożenie azotowe, do 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, sprzyja większej liczebności bakterii, *Actinomycetes* i grzybów oraz aktywności dehydrogenazy w glebie. Tradycyjna uprawa roli i zwiększenie nawożenia azotowego do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> zmniejszało liczebność mikroorganizmów. Największą aktywność dehydrogenazy glebowej stwierdziłam w okresie wiosennym, zaś najliczniejsze występowanie mikroorganizmów w fazie kłoszenia pszenżyta [II-A1].

#### 5.3. Ocena efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji roślinnej

Zagadnienia związane z oceną efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji zbóż i strączkowych stanowią ważną część mojego dorobku i są omawiane w licznych

oryginalnych pracach naukowych [II-D15, II-D18, II-D28, II-D29, II-D32, II-D34] oraz były prezentowane na konferencjach w formie doniesień lub posterów [III-B4, III-B5, III-B17].

W latach 2007-2009 uczestniczyłam w prowadzeniu doświadczenia pt. „**Wpływ zmienionej uprawy roli i nawożenia mineralnego na efekty produkcyjne i ekonomiczne jęczmienia browarnianego**”. W doświadczeniu analizowałam: I. Sposób uprawy roli: A – uprawa tradycyjna (płużna); B – uprawa uproszczona (bezpłużna, z użyciem kultywatora). II. Nawożenie mineralne: 1 – NPK, 2 – NPKS, 3 – NPKSMg.

Na podstawie wyników opublikowałam 2 artykuły naukowe we *Fragmenta Agronomica* oraz 2 doniesienia konferencyjne i przygotowałam 2 postery prezentowane na konferencjach naukowych.

Wykazałam, że nie ma ekonomicznego uzasadnienia, aby rezygnować z tradycyjnej uprawy roli na rzecz uproszczonej, bowiem uprawa uproszczona obniża istotnie plon jęczmienia i uzyskiwaną nadwyżkę bezpośrednią [II-D32]. Za stosowaniem tradycyjnej uprawy roli przemawia również niski udział tego ogniwa agrotechniki (12%) w całkowitych nakładach energetycznych poniesionych na produkcję jęczmienia [II-D34]. Efekty ekonomiczne jak i obliczone cechy energochłonności wskazują, że uzasadnione jest stosowanie w nawożeniu mineralnym siarczanu amonu zamiast saletry amonowej, ponieważ wtedy siarka wnoszona jest beznakładowo i daje korzystny efekt plonotwórczy.

Wykorzystując dane z prowadzonych doświadczeń polowych w latach **2004-2006** oraz **2008-2010** oceniałam efektywność ekonomiczną i energetyczną uprawy roślin zbożowych i strączkowych. Wyniki tych badań są opublikowane w 4 artykułach naukowych w *Rocznikach Naukowych Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*.

Wykazałam, że uprawa fasoli na suche nasiona jest zdecydowanie bardziej opłacalna ekonomicznie niż owsa czy jęczmienia, zaś efektywność uprawy łubinu wąskolistnego jest większa niż owsa i porównywalna z jęczmieniem, ale pod warunkiem zastosowania skutecznych zabiegów regulacji zachwaszczenia [II-D28]. Dlatego też, za uprawą niektórych gatunków roślin strączkowych przemawiają nie tylko korzyści środowiskowe, ale również rachunek ekonomiczny. Jednak ich udział w strukturze zasiewów jest bardzo mały [II-D19]. Stwierdziłam ponadto, że zarówno wskaźnik efektywności energetycznej, jak i wartość nadwyżki bezpośredniej uzasadnia stosowanie w uprawie fasoli mechaniczno-chemicznej metody regulacji zachwaszczenia [II-D18]. Za stosowaniem tej metody przemawiają również względy ochrony środowiska jak i obowiązek prowadzenia integrowanej ochrony roślin. Wykazałam, iż uprawa pszenicy jarej w prawidłowym płodozmianie charakteryzuje się korzystniejszym wskaźnikiem efektywności energetycznej, niż uprawa w krótkotrwałej

monokulturze. Wartość wskaźnika efektywności energetycznej przemawia za stosowaniem w uprawie pszenicy jarej, jęczmienia i owsa chemicznej metody regulacji zachwaszczenia. Produkcja jęczmienia wymaga ponoszenia większych nakładów energetycznych, ale dzięki wyższym plonom wskaźnik efektywności energetycznej dla jęczmienia jest wyższy niż dla owsa [II-D15, II-D29].

#### 5.4. Inne

Będąc w strukturach Zakładu Podstaw Produkcji Roślinnej i Agrobiznesu uczestniczyłam w badaniach z zakresu podstaw metodologicznych szacowania potencjału biomasy na cele energetyczne do bezpośredniego spalania [II-D8]. Wykazałam, że oszacowanie potencjału biomasy na określonym terenie wymaga zgromadzenia wielu informacji. Należy uwzględnić powierzchnię łąk nieużytkowanych rolniczo, powierzchnię odłogów oraz możliwość zakładania celowych plantacji roślin energetycznych na gruntach odłogowanych. W innych badaniach wykazałam, że w gminach powiatów zamojskiego, hrubieszowskiego, tomaszowskiego i biłgorajskiego w latach 1996-2002 następował ubytek powierzchni gruntów użytkowanych rolniczo, głównie na korzyść lasów i terenów nieużytkowanych, a o strukturze użytkowania na badanych terenach decydowały głównie jakość gleb oraz warunki wodne [II-D9].

W latach 2004-2006 prowadziłam doświadczenie pt. „**Wpływ nawożenia dolistnego i środków ochrony roślin na plonowanie fasoli zwyczajnej**”, w którym badałam warianty: A - obiekt kontrolny (bez nawożenia dolistnego i środków ochrony roślin), B - nawóz PLONOVIT S, C - PLONOVIT S + Pencozeb 80 WP + Owdofos płynny 50. Analizowałam wielkość plonu nasion i cechy morfologiczne fasoli zwyczajnej uprawianej na suche nasiona. Wykazałam, że nawóz PLONOVIT S zwiększał liczbę strąków, liczbę i masę nasion z rośliny oraz plon nasion (o 37%). Najkorzystniej na plonowanie wpływało stosowanie nawożenia dolistnego i środków ochrony roślin [II-D13]. Wyniki opublikowałam w artykule naukowym w *Biuletyn IHAR*.

Bardzo ważnym osiągnięciem w pracy naukowej jak i wdrożeniowej jest opracowanie wspólnie z pracownikami Zakładu Ogólnej Uprawy Roli i Roślin UP w Lublinie, pracownikami IUNG-PIB w Puławach oraz Małopolską Hodowlą Roślin – HBP sp. Z o.o. Centrala Nasienna w Zamościu Instrukcji wdrożeniowej „Agrotechnologia pszenicy jarej” nr 226, Puławy 2013, ISBN 978-83-7562-096-2. Uwzględnia ona wszystkie elementy technologii pszenicy jarej i celem jej wdrażania będzie sprawdzenie zaproponowanej technologii w warunkach produkcyjnych [II-D38].



## 6. ZESTAWIENIE DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO

Mój dotychczasowy dorobek naukowy i wdrożeniowy obejmuje łącznie 78 pozycji, w tym 45 to oryginalne prace twórcze (8 z Impact Factor), 1 monografię, 2 rozdziały w monografii, 5 artykułów popularno-naukowych, 22 doniesienia i komunikaty naukowe, 1 instrukcję wdrożeniową, 2 raporty badawcze z badań prowadzonych na zlecenie (Tabela 1). Uczestniczyłam w 25 konferencjach krajowych, międzynarodowych i zagranicznych. Oryginalne prace twórcze są opublikowane w 18 różnych czasopismach (tabela 2), w tym 7 znajduje się w bazie JCR.

Łączna suma punktów zgodnie z listą czasopism MNiSW obowiązującą w roku wydania wynosi **337 pkt.** (352 z pracą w druku), natomiast **412 pkt.** (427 z pracą w druku) zgodnie z ujednoliconym wykazem czasopism punktowanych MNiSW z 17 grudnia 2013 roku (Tabela 2). W tym 6 monotematycznych publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe o łącznej sumie punktów **84 (IF 1,9)**. Największy udział w strukturze dorobku naukowego stanowią oryginalne prace twórcze (57,7%), z czego znaczna część, bo 62% to prace samodzielne. W języku angielskim opublikowałam 18 oryginalnych prac (40%) oraz 1 monografię.

Tabela 1. Liczbowe zestawienie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie		Liczba prac		
		przed doktoratem	po doktoracie	razem
Oryginalne prace twórcze	Samodzielne	-	28	28
	Pierwszy autor	-	3	3
	Drugi lub kolejny autor	4	10	14
<b>Razem</b>		<b>4</b>	<b>41</b>	<b>45</b>
Monografie		-	1	1
rozdziały w monografiach		-	2	2
Komunikaty, doniesienia naukowe		1	21	22
Prace i artykuły popularno-naukowe		1	4	5
Instrukcje wdrożeniowe		-	1	1
Raporty i sprawozdania z badań		-	2	2
<b>Razem</b>		<b>6</b>	<b>72</b>	<b>78</b>

Tabela 2. Liczbowe zestawienie opublikowanych prac

L.p.	Nazwa czasopisma	Liczba	Impact factor <sup>a)</sup>	Punkty wg. MNiSW <sup>b)</sup>	Suma	Punkty wg. MNiSW <sup>c)</sup>	Suma
1.	Plant, Soil Environ. #	1	1,113	25	<b>25</b>	25	<b>25</b>
2.	Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus	1	0,691	20	<b>20</b>	20	<b>20</b>
3.	Zemdirbyste-Agriculture #	1	0,567	20	<b>20</b>	20	<b>20</b>
4.	Rom. Agric. Res. #	1	0,226	15	<b>15</b>	15	<b>15</b>
5.	Pol. J. Env. Stud.	1	0,462	15	<b>15</b>	15	<b>15</b>
6.	J. Elem.	2 (3)*	0,281	15	<b>30</b> <b>(45)*</b>	15	<b>30</b> <b>(45)*</b>
7.	Environ. Prot. Eng.	1		10	<b>10</b>	15	<b>15</b>
8.	Acta Agrobot. #	1 2 2	-	9 7 8	<b>39</b>	8	<b>40</b>
9.	Pol. J. Natur. Sci. #	1	-	8	<b>8</b>	8	<b>8</b>
10.	Roczniki Naukowe SERiA	2 1 2 2	-	1 4 6 7	<b>32</b>	8	<b>56</b>
11.	Electr. J. Polish Agric. Univ., Environ. Develop.	1	-	5	<b>5</b>	7	<b>7</b>
12.	Acta Agrophysica	1 2	-	3 4	<b>11</b>	7	<b>21</b>
13.	Annales UMCS, Sect. E	2	-	4	<b>8</b>	6	<b>12</b>
14.	Biuletyn IHAR	1 1 1	-	4 6 5	<b>15</b>	4	<b>12</b>
15.	Fragm. Agron.	1 4	-	4 5	<b>24</b>	5	<b>25</b>
16.	Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.	2 3 1	-	4 6 0	<b>26</b>	9	<b>54</b>
17.	Roczniki AR w Poznaniu CCCX, Melioracje i Inżynieria Środowiska	1	-	1	<b>1</b>	0	<b>0</b>
18.	Ochr. Środ. Zas. Natur.	1	-	1	<b>1</b>	5	<b>5</b>
					<b>305</b> <b>(320)*</b>		<b>380</b> <b>(395)*</b>
	<b>Pozostałe</b>						
19.	Monografia	1	-	24	<b>24</b>		<b>24</b>
20.	Rozdział w monografii	2	-	4	<b>8</b>		<b>8</b>
	Razem	48	<b>3,62</b> <b>(3,9)*</b>		<b>337</b> <b>(352)*</b>		<b>412</b> <b>(427)*</b>
	<b>W tym prace wchodzące w skład osiągnięcia</b>	<b>6</b>	<b>1,9</b>		<b>84</b>		<b>84</b>

# - czasopisma, w których ukazały się prace wchodzące w skład osiągnięcia

<sup>a</sup> - wartość IF zgodnie z data wydania

<sup>b</sup> - liczba punktów wg Ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z data wydania

<sup>c</sup> - liczba punktów wg Ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW z 17 grudnia 2013

\* łącznie z publikacją w druku

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora na mój dorobek naukowy składały się 4 oryginalne prace twórcze (5 pkt) oraz 1 praca o tematyce popularno-naukowej. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora dorobek naukowo-badawczy znacząco się powiększył (Tabela 1)

Opublikowane artykuły były cytowane 15 razy.

Indeks Hirscha wynosi 1.

Sumaryczny impact factor publikacji według listy Journal Citation Reports wynosi **3,62 (3,9 z pracą w druku)**.

*Głowacka Aleksandra*