

WPLYW SYSTEMÓW ROLNICZYCH NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY I PLONOWANIE ROŚLIN

KAZIMIERZ KLIMA¹, TEOFIL ŁABZA, ANDRZEJ LEPIARCZYK

*Katedra Agrotechniki i Ekologii Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków*

Synopsis. W dwuczynnikowym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w warunkach górskich Beskidu Niskiego badano oddziaływanie systemu konwencjonalnego i ekologicznego na plonowanie roślin i wybrane właściwości gleby. Badania wykonywano w latach 1996–2013. W sześciu trzyletnich rotacjach płodozmianowych uprawiano: 1. ziemniak na oborniku; 2. pszenżyto jare; 3. wyka jara. Corocznie określano plon roślin. Wybrane właściwości gleby oznaczano w 1996 oraz w 2013 roku czyli po szóstej rotacji. Stwierdzono, że średni plon jednostek zbożowych w sześciu rotacjach płodozmianowych był o 16% mniejszy w rolnictwie ekologicznym niż w systemie konwencjonalnym. Zawartość materii organicznej w glebie po 18 latach uprawy w systemie rolnictwa konwencjonalnego zwiększyła się o 2,9 g·kg⁻¹, zaś w systemie rolnictwa ekologicznego o 1,1 g·kg⁻¹.

Słowa kluczowe: chemiczne właściwości gleby, rolnictwo ekologiczne, rolnictwo konwencjonalne

WSTĘP

System rolnictwa ekologicznego oprócz walorów środowiskowych odznacza się także dużą samowystarczalnością w zakresie gospodarki składnikami nawozowymi w obrębie gospodarstwa [Korsak-Adamowicz i in. 2012]. Podstawowymi źródłami składników pokarmowych są nawozy organiczne i naturalne, resztki poźniwne, azot wiązany biologicznie oraz składniki pochodzące z mineralizacji gleby [Willer 2012]. Bilans składników pokarmowych można poprawić przez stosowanie dozwolonych nie pochodzących z syntezy chemicznej nawozów mineralnych i naturalnych oraz polepszaczy glebowych [Kaczmarek i in. 2012]. Mimo wielu prac z zakresu bilansowania składników pokarmowych w systemach rolniczych [Kuś i Jończyk 2008] nadal problemem otwartym jest określenie optymalnych rozwiązań nawozowych zapewniających utrzymanie na zadawalającym poziomie żyzności gleby w systemie rolnictwa ekologicznego [Kuś i Jończyk 2008, Stalenga i in. 2004].

W pracy przyjęto hipotezę roboczą, iż zawartość węgla organicznego oraz przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie będzie się zwiększać pod wpływem nawożenia. Jednak zwiększenie to będzie inne w systemie konwencjonalnym, a inne w ekologicznym.

Celem badań było określenie plonowania trzech roślin (ziemniak, pszenżyto jare, wyka jara) i zmian zawartości materii organicznej, przyswajalnych form fosforu i potasu oraz odczynu gleby w trójpolowym płodozmianie realizowanym według zasad rolnictwa konwencjonalnego i ekologicznego.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: rtklima@cyf-kr.edu.pl

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1996–2013 w Górskiej Stacji Doświadczalnej Katedry Agrotechniki i Ekologii Rolniczej zlokalizowanej w Czyrnej k. Krynicy (Beskid Niski, 545 m n.p.m., 49°25' N, 20°58' E). Przedmiotem badań było dwuczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą podbloków w 4 powtórzeniach. Powierzchnia jednego poletka do zbioru wynosiła 22 m². Czynnikiem pierwszym były dwa systemy rolnicze: konwencjonalny i ekologiczny. Czynnikiem drugim były trzy rośliny uprawiane corocznie w płodozmianie: 1. ziemniak na oborniku (obsada 6 bulw na 1 m²); 2. pszenżyto jare (obsada 568 szt. kiełkujących ziaren na 1 m²); 3. wyka jara (obsada 250 szt. kiełkujących nasion na 1 m²). Badania obejmowały 6 rotacji trójpolowego płodozmiaru.

Glebę pola doświadczalnego określono jako brunatną wytworzoną ze zwietrzeliiny skał fliszowych o składzie granulometrycznym gliny średniej szkieletowej. Zaliczono ją do 12 kompleksu owsiano-ziemniaczanego-górskiego, V klasy bonitacyjnej. Ziemniak w obydwu systemach nawożony był obornikiem w dawce 33 t·ha⁻¹. W systemie konwencjonalnym pod wszystkie rośliny stosowano jesienią nawozy mineralne w ilości: 45,3 kg P·ha⁻¹ oraz 76,3 kg K·ha⁻¹. Dawkę azotu wynoszącą 82 kg N·ha⁻¹ zastosowano jednorazowo podczas sadzenia ziemniaka przy pomocy aplikatora nawozów zamontowanego na sadzarce. Pod pszenżyto jare zastosowano dawkę azotu wynoszącą 72 kg N·ha⁻¹, którą podzielono na przedsiewną i pogłówną. Pod wykę jarą zastosowano przedsiewnie dawkę startową azotu wynoszącą 20 kg N·ha⁻¹.

W systemie konwencjonalnym w pszenżycie jarym zachwaszczenie regulowano stosując w latach 1996–2001 Aminopielik D a potem Granstar w dawce 24 g·ha⁻¹ w końcu fazy krzewienia pszenżyta jarego. W ziemniaku zastosowano w latach 1996–2001 Afalon a następnie Sencor 70 WG (metrybuzyjna) w dawce 1 kg·ha⁻¹ po drugim obsypywaniu. W uprawie wyki jarej nie stosowano herbicydów. Larwy stonki ziemniaczanej zwalczano stosując Decis 2,5 EC w dawce 0,3 dcm³·ha⁻¹.

W systemie ekologicznym nie stosowano nawozów mineralnych i pestycydów sztucznie syntetyzowanych. W celu ograniczenia zachwaszczenia wykonywano dwukrotnie obsypywanie ziemniaka oraz wiosenne bronowanie pszenżyta jarego. Stosowano również ręczne pielenie międzyrzędzi ziemniaka oraz punktowe wyrywanie chwastów w pszenżycie jarym i w wyce jarej. Do zwalczania larw stonki ziemniaczanej stosowano Nowodor SC w dawce 5 dcm³·ha⁻¹.

W okresie zbiorów corocznie określano plonowanie roślin, zaś zawartość materii organicznej i innych składników mineralnych w warstwie ornej oznaczano w 1996 i 2013 r. Próbkę gleby pobierano z 4 miejsc z każdego poletka po zbiorze roślin. Dane zamieszczone w tab. 2 dotyczą uśrednionych wartości dla poszczególnych składników oraz pH. Zawartość przyswajalnego fosforu i potasu oznaczano metodą Egnera-Riechma (fosfor kolorymetrycznie, potas na fotometrze płomieniowym), azot ogólny metodą Kjeldahla, węgiel organiczny metodą Walkleya-Blacka, pH gleby metodą potencjometryczną przy użyciu elektrody kalomelowej i szklanej.

Rezultaty badań dotyczące plonowania i wydajności jednostek zbożowych opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji. Istotność średnich różnic obiektowych testowano przy pomocy testu Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

Średnia roczna temperatura powietrza dla wielolecia wynosi 6,1°C, zaś długość okresu wegetacyjnego 179 dni. Biorąc pod uwagę założenia opracowane przez Kaczorowską [1962] oraz miesięczne sumy opadów można sezony wegetacyjne w latach 1996, 2002, 2003, 2007, 2008, 2012, 2013 zaliczyć do suchych, w latach 1997, 1999, 2001, 2005, 2006, 2010, 2011 do mokrych, a w pozostałych do przeciętnych (tab. 1).

Tabela 1. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych (mm)
Table 1. Monthly total precipitations (mm)

Lata – Years	Miesiące – Months												IV–VIII	I–XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1996	22,9	24,1	27,7	36,8	97,2	76,6	111,7	95,0	147,1	55,1	22,6	18,4	417,3	735,2
1997	11,8	30,7	33,0	95,3	105,5	98,1	210,9	37,2	50,7	62,9	44,5	42,8	547,0	823,4
1998	56,4	76,8	33,9	105,7	95,3	107,8	105,3	67,2	77,4	93,9	31,5	36,3	481,3	887,8
1999	16,3	57,6	27,6	75,4	79,3	180,4	169,5	82,5	43,9	89,4	36,8	45,0	587,1	903,7
2000	35,1	53,2	88,3	32,3	95,3	112,4	158,8	54,6	169,0	2,5	21,7	19,6	453,4	842,8
2001	63,7	33,0	59,1	100,9	59,9	143,4	320,1	53,9	56,5	79,1	38,6	32,0	678,2	1040,2
2002	14,9	22,5	25,8	35,9	96,4	104,6	114,9	72,7	53,1	94,3	41,6	60,3	424,5	737,0
2003	19,8	33,5	33,0	33,2	138,1	83,0	87,9	4,6	61,7	35,3	31,4	24,9	346,6	586,3
2004	22,3	62,9	45,3	46,8	84,5	119,7	191,5	45,9	58,4	41,6	34,3	28,1	488,4	781,3
2005	75,3	39,1	27,3	44,4	82,8	121,3	94,6	161,0	63,0	10,6	33,0	55,3	504,1	807,7
2006	62,6	44,9	45,1	59,3	111,6	239,1	22,8	97,4	31,6	32,0	25,9	18,4	530,2	790,7
2007	108,5	54,5	73,0	25,8	60,0	94,2	54,6	58,0	212,0	57,7	104,7	27,5	292,6	930,5
2008	43,1	25,4	95,2	46,8	40,3	39,7	185,1	60,6	124,0	68,5	60,9	68,0	372,5	857,6
2009	38,6	54,5	77,8	15,5	123,7	135,3	96,2	66,4	69,7	50,3	42,8	51,3	437,1	822,1
2010	31,9	33,3	26,9	65,8	234,2	226,6	131,6	144,5	172,1	28,4	30,1	45,3	802,7	1170,7
2011	36,7	15,1	27,6	106,3	72,1	44,4	278,4	85,6	15,9	34,0	1,1	15,0	586,8	732,2
2012	60,9	33,2	20,5	56,6	20,6	167,7	82,2	63,3	45,4	108,0	25,8	31,6	390,4	715,8
2013	74,1	26,6	38,4	24,7	118,0	202,4	33,1	32,9	109,6	18,0	92,9	29,7	411,1	800,4
1961–1990	58	47	48	62	85	105	115	98	79	56	44	51	465	848

WYNIKI I DYSKUSJA

Gleba pola doświadczalnego posiada stosunkowo dużą zawartość materii organicznej, (tab. 2). Wynika to m. in. z faktu, że uprawiany obecnie stok w przeszłości porośnięty był lasem. Coroczne stosowanie obornika pod ziemniaki spowodowało zwiększenie zawartości C org., zarówno w systemie konwencjonalnym jak i ekologicznym. Uzyskany rezultat potwierdza opinię m. in. Obersona i in. [1996] oraz Pullemana i in. [2005] jednak nie potwierdza wyników Kusia i Jończyka [2008] uzyskanych w Osinach k. Puław w 12 letnich badaniach polowych. Cytowani autorzy stwierdzili zmniejszenie zawartości C org., zarówno w systemie ekologicznym jak i konwencjonalnym. Jedną z przyczyn odmienności wyników przedmiotowych badań z rezultatami doświadczeń Kusia i Jończyka [2008] mogły być inne warunki klimatyczno-glebowe oraz stosowanie w uprawach ekologicznych kompostu ubogiego w składniki pokarmowe zamiast obornika.

Tabela 2. Wybrane właściwości gleby
Table 2. Selected properties of soil

Rok Year	C organiczny Organic C (g·kg ⁻¹)		N ogólny Total N (g·kg ⁻¹)		P przyswajalny Available P (mg·kg ⁻¹)		K przyswajalny Available K (mg·kg ⁻¹)		pH _{1M KCl}	
	K*	E	K	E	K	E	K	E	K	E
1996	17,5	17,5	2,12	2,12	47,5	47,5	185	185	5,3	5,3
2013	20,4	18,6	2,59	2,22	55,1	48,9	216	174	5,1	5,2
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	1,0	0,9	0,12	0,11	2,8	r.n.	10	8	r.n.	r.n.

K* – system konwencjonalny – conventional system; E – system ekologiczny – organic system
r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 2 zwiększenie zawartości C org. oraz przyswajalnych form N, P i K było większe w systemie konwencjonalnym, w którym obok obornika stosowano nawożenie mineralne. Jedną z przyczyn zwiększonej zawartości C org., P i K w tym systemie mógł być większy przyrost masy resztek poźniwnych w następstwie stosowania nawożenia mineralnego. Na taką przyczynę zwracają uwagę Cwojdzński i Nowak [2000]. Stwierdzono tendencję do zmniejszenia zawartość przyswajalnego potasu w glebie w systemie ekologicznym. Wynik ten potwierdza rezultaty wielu badań, które wskazują na ubożenie gleby w potas w uprawach ekologicznych [Jończyk i in. 2007]. W badaniach własnych przyczyną tendencji do zmniejszenia zawartości w glebie tego składnika mogło być odprowadzanie znacznych ilości potasu z plonem bulw ziemniaka i słomy pszenżyta jarego. Zwraca na to uwagę Kuś i Jończyk [2008] oraz Stalenga i in. [2004]. W badaniach własnych stwierdzono nieznaczne obniżenie wartości pH w obydwu systemach. Mogło to wynikać z naturalnej tendencji do zakwaszania gleb górskich wynikającej m. in. ze składu chemicznego skały macierzystej jak i dużych sum opadów [Kopeć i Gonddek 2010].

Spośród uprawianych roślin najbardziej wrażliwy na uprawę w systemie ekologicznym był ziemniak, gdyż obniżenie jego plonu w porównaniu z uprawą w systemie konwencjonalnym wyniosło 18% (tab. 3). Mogło to wynikać z dużego zapotrzebowania tej rośliny na składniki

Tabela 3. Plony roślin ($t \cdot ha^{-1}$) uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym (średnie z lat 1996–2013)Table 3. Yields of plants ($t \cdot ha^{-1}$) grown in conventional or organic systems (mean of 1996–2013)

Wyszczególnienie Specification	System rolniczy – Farming system		Średnio Mean
	Konwencjonalny Conventional	Ekologiczny Organic	
Plon bulw – Yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$)			
Ziemniak – Potato	26,6	21,8	24,2
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4		
Plon ziarna – Yield of grain ($t \cdot ha^{-1}$)			
Pszenżyto jare – Spring triticale	3,73	3,19	3,46
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,22		
Plon nasion – Yield of seeds ($t \cdot ha^{-1}$)			
Wyka jara – Spring vetch	0,453	0,421	0,437
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,004		

pokarmowe [Bombik i in. 2013, Płaza 2007], które były dostarczane w systemie konwencjonalnym. Obniżenie plonu pszenżyta jarego wyniosło 14%. W badaniach Skórnickiego [2007] oraz Solarskiej [2007] średnie obniżenie plonu zbóż uprawianych w systemie ekologicznym wyniosło 30%, w porównaniu do plonu uzyskanego w systemie konwencjonalnym. Niewielkie obniżenie plonu pszenżyta jarego stwierdzone w badaniach własnych wynikało z ogólnie niskiego plonu ziarna oraz z dobrego przedplonu (ziemniak na oborniku). W badaniach uzyskano niski plon nasion wyki jarej. Jednak głównym celem uprawy tej rośliny było uzyskanie wysuszonych pędów nadziemnych, które są cenną paszą objętościową w żywieniu przeżuwaczy, głównie bydła mlecznego. W rejonie badań chów bydła mlecznego jest jedyną opłacalną gałęzią produkcji rolniczej [Musiał 2008]. Stąd zasadne było uwzględnienie wyki jarej jako elementu płodozmianu. Różnica w plonach wyki jarej uprawianej w systemach konwencjonalnym i ekologicznym wyniosła tylko 7%. Mogło to wynikać z małej dawki azotu zastosowanej w systemie konwencjonalnym oraz zdolności wyki jarej do wykorzystywania azotu atmosferycznego wiązane przez bakterie brodawkowe. Średni plon jednostek zbożowych w systemie ekologicznym był mniejszy o 16% (tab. 4) od plonu tych jednostek uzyskanego w systemie konwencjonalnym. Jak już wyżej wyjaśniono spowodowane było to ogólnie niskim plonowaniem uprawianych roślin oraz stosowaniem obornika w obydwu systemach.

Uzyskane wyniki potwierdziły założenia hipotezy badawczej tylko w odniesieniu do zawartości w glebie węgla organicznego oraz przyswajalnego fosforu. Nie potwierdziło się przypuszczenie, że zastosowane nawożenie spowoduje w systemie ekologicznym wzrost zawartości w glebie przyswajalnego potasu. Jedną z przyczyn mogła być niska dawka nawozowa tego składnika.

Tabela 4. Plony jednostek zbożowych na hektar roślin uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym

Table 4. Yields of unit corn per hectare of plants grown in conventional or organic systems

Rośliny – Plants (B)	System rolniczy – Farming system (A)		Średnio Mean
	Konwencjonalny Conventional	Ekologiczny Organic	
Ziemniak (bulwy) – Potato (tuber)	66,50	54,50	60,50
Pszenżyto jare (ziarno) – Spring tricale (grain)	37,30	31,90	34,60
Wyka jara (nasiona) – Spring wetch (seeds)	5,43	5,04	5,23
Średnio – Mean	36,41	30,48	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 5,66; B – 19,84; AxB – r.n.		

WNIOSKI

1. Coroczne stosowanie obornika spowodowało zwiększenie zawartości C org. w obydwu systemach rolniczych. Zawartości C org. w systemie konwencjonalnym, w którym obok obornika stosowano nawożenie mineralne, zwiększyła się bardziej niż w systemie ekologicznym.
2. W systemie konwencjonalnym wystąpił większy przyrost azotu oraz przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie niż w systemie ekologicznym. Odnotowano nieznaczne obniżenie wartości pH w obydwu badanych systemach.
3. Na uprawę w systemie ekologicznym najbardziej spadkiem plonu reagował ziemniak, a najmniej wyka jara.
4. Przeciętna wydajność roślin uprawianych w systemie ekologicznym była mniejsza o 16% od wydajności w systemie konwencjonalnym.

PIŚMIENNICTWO

- Bombik A., Rymuza K., Stopa D. 2013. Potato yield depending on ridge shape and harvest time. Part I. Total and commercial tuber yield. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 12(4): 31–43.
- Cwojdzński W., Nowak K. 2000. Wpływ nawożenia na wybrane właściwości gleby w statycznym doświadczeniu nawozowym. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 211, *Agricultura* 84: 69–74.
- Jończyk K., Kuś J., Stalenga J. 2007. Produkcyjne i środowiskowe skutki różnych systemów gospodarowania. *Probl. Inż. Rol.* 15(2): 13–22.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prace Geogr. IG PAN*, 33: 1–107.
- Kaczmarek Z., Kruk K., Gajewski P., Jakubus M. 2012. Wpływ dodatków osadu i kompostu komunalnego oraz efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości poziomu orno-próchniczego gleby mineralnej. Cz. I. Właściwości fizyczne i wodne. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 57(3): 186–189.
- Kopeć M., Gondek K. 2010. Efektywność wapnowania użytku zielonego w wieloletnim doświadczeniu (Czarny Potok). *Inż. Ekol.* 22: 25–33.
- Korsak-Adamowicz M., Dopka D., Płotczyk B. 2012. Prowadzenie gospodarstw rolnych w różnych systemach a wpływ na środowisko przyrodnicze. *Fragm. Agron.* 29(2): 77–86.

- Kuś J., Jończyk K. 2008. Wpływ ekologicznego i konwencjonalnego sposobu gospodarowania na wybrane parametry żyzności gleby. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 53(3): 161–165.
- Musiał W. 2008. Ekonomiczne i społeczne problemy rozwoju obszarów wiejskich Karpat Polskich. Wyd. IRWiR PAN Warszawa, ser. Probl. Roz. Wsi Rol.: ss. 391.
- Oberson A., Fardeau J. C., Maire N., Sticher H. 1996. Microbiological processes in soil organic phosphorus transformations in conventional and biological cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 21: 138–148
- Płaza A. 2007. Wpływ nawożenia międzyplonami i słomą jęczmienia jarego na plonowanie i opłacalność uprawy ziemniaka. *Ann. UMCS, sect. E., Agricultura* 62(1): 123–130.
- Pulleman M.M., Six J., Marinissen J.C.Y., Jongmans A.G.. 2005. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. *Appl. Soil Ecol.* 29: 1–15.
- Skórnicki H. 2007. Wyniki ekonomiczno-produkcyjne w wybranych gospodarstwach ekologicznych w latach 2005–2006. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Zbytek Z. (red). *Prace PIMR Poznań* 4: 7–20.
- Solarska E. 2007. Plonowanie i jakość pszenicy ozimej w zależności od systemu produkcji. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Zbytek Z. (red.). *Prace PIMR Poznań* 4: 21–32.
- Stalenga J., Jończyk K., Kuś J. 2004. Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Ann. UMCS, sect. E, Agricultura* 59(1): 383–389.
- Willer H. 2012. *Organic Agriculture Worldwide*. FiBL IFOAM, Frick, Switzerland: ss. 121.

K. KLIMA, T. ŁABZA, A. LEPIARCZYK

EFFECT OF FARMING SYSTEMS ON SELECTED SOIL PROPERTIES AND PLANT CROP YIELDING

Summary

A two-factor field experiment was carried out under the Beskid Niski mountain conditions and its objective was to study the effect of traditional and organic farming systems on plant crop yielding and some selected soil properties. The research study was performed in a period from 1996 to 2013. The following plants were cultivated using six three-year crop rotations: 1. potatoes grown using farm manure; 2. spring triticale; 3. spring vetch. The crop yield of the plants grown was determined every year. The selected soil properties were determined in 1996 and, then, in 2013, i.e. after the sixth crop rotation. It was found that the farm manure applied every year caused the content of C_{org} to increase under the two farming systems applied. In the soils cultivated using the traditional farming system along with the additional mineral fertilization, the content of C_{org} increased more than in the soils under the ecological system. Under the traditional farming system, the increase in the content of nitrogen, digestible forms of phosphorus and potassium in the soil was higher for the ecological farming system used. The acidity of soils decreased slightly in the two farming systems studied. The decrease in the crop yield of potatoes grown using ecological farming system was the highest, and the decrease in the yield of vetch was the lowest. A mean output of the plants grown using the ecological farming system was by 16% lower than that of the plants grown using the traditional system.

Keywords: soil chemical properties, farming systems, conventional systems

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 30.09.2014

Do cytowania – *For citation*:

Klima K., Łabza T., Lepiarczyk A. 2014. Wpływ systemów rolniczych na wybrane właściwości gleby i plonowanie roślin. *Fragm. Agron.* 31(4): 58–64.