

IMPACT OF THE TILLAGE SYSTEM ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF TYPOLOGICALLY DIVERSE SOILS

Summary

The aim of this study was to determine the effect of the soil tillage system on soil enzymatic activity. The performed investigations, employing two soil tillage systems: classical (ploughing) and simplified (no-tillage), were carried out on lessives soils (Luvisols) and rusty soils (Arenosols) differing typologically, with regard to their kind and species. The activity of the following five enzymes was determined in soil samples: dehydrogenases, acid phosphatase, alkaline phosphatase, urease and protease. The applied enzymatic tests turned out to be good indicators differentiating the examined soil objects depending on the employed tillage system. The employment of the simplified tillage system stimulated significantly the activity of the analysed enzymes irrespective of the soil type. This effect was particularly apparent in the top layer (0 – 10 cm) of the soil. An exceptionally wide range of activity was obtained for dehydrogenases indicating the usefulness of this group of enzymes for the evaluation of changes in the soil environment under the influence of the soil tillage system. The observed activity stimulation of the examined enzymes was accompanied by advantageous changes in soil chemical conditions.

WPLYW SYSTEMU UPRAWY NA AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNĄ GLEB ZRÓŻNICOWANYCH TYPOLOGICZNIE

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu systemu uprawy roli na aktywność enzymatyczną gleb. Badania, uwzględniające dwa systemy uprawy roli: klasyczny (płużny) i uproszczony (bezorkowy), przeprowadzono na glebach zróżnicowanych typologicznie, rodzajowo i gatunkowo: pływych i rdzawych. W próbkach glebowych oznaczono aktywność 5 enzymów: dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej, ureazy i proteazy. Zastosowane testy enzymatyczne okazały się dobrymi wskaźnikami różnicującymi badane obiekty glebowe w zależności od systemu uprawy roli. Stosowanie uprawy uproszczonej stymulowało istotnie aktywność analizowanych enzymów, niezależnie od typu gleby. Efekt ten zaznaczył się najwyraźniej w powierzchniowej warstwie gleb (0-10 cm). Szczególnie szeroki zakres aktywności uzyskano dla dehydrogenaz, co wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do oceny zmian w środowisku glebowym pod wpływem systemu uprawy roli. Obserwowanej stymulacji aktywności badanych enzymów towarzyszyły korzystne zmiany stanu chemicznego gleb.

1. Wstęp

Krajobraz rolniczy zajmujący największy obszar Europy ma dominujące znaczenie w kształtowaniu zdrowego środowiska życia człowieka, zachowaniu wartości przyrodniczych i równowagi ekologicznej [9]. Systemy uprawy roli, poczynając od klasycznych (płużnych), a na skrajnie uproszczonych kończąc wywierają określony wpływ na właściwości gleby i funkcjonowanie krajobrazu rolniczego [2].

Aktywność enzymów glebowych odzwierciedla zmiany specyficznych zdolności kompleksu glebowego zachodzące pod wpływem metod uprawy [1]. Zastosowanie testów enzymatycznych do analizy funkcjonowania systemów krajobrazowych pozwala na ocenę skuteczności zaleceń dotyczących kształtowania krajobrazów rolniczych [3, 12].

Celem podjętych badań było określenie wpływu systemu uprawy roli na aktywność enzymatyczną gleb zróżnicowanych typologicznie.

2. Materiał i metody

Badania porównawcze aktywności enzymatycznej, uwzględniające dwa systemy uprawy roli: klasyczny (płuż-

ny) i uproszczony (bezorkowy), przeprowadzono na glebach zróżnicowanych typologicznie, rodzajowo i gatunkowo: pływych i rdzawych. Obiektami badań było 8 profilów gleb o zbliżonej budowie morfologicznej zarówno w obrębie uprawy tradycyjnej (T), jak i uproszczonej (U), zlokalizowanych na terenie Gospodarstwa Rolnego Karolew, gdzie od ponad 10 lat stosowany jest uproszczony system uprawy roli oraz na przyległych polach uprawnych (gospodarstwa indywidualne), na których produkcja roślinna prowadzona jest w systemie tradycyjnym. Gospodarstwo Rolne Karolew położone jest we wschodniej części gminy Borek Wielkopolski, powiat Gostyń. Obszar ten należy do mezoregionu Wysoczyzna Kaliska. Region ten zbudowany jest z glin zwałowych od powierzchni spiaszczonych i piasków gliniastych pochodzenia zwałowego. Miejscami pojawiają się również piaski słabo gliniaste zalegające na piaskach luźnych pochodzenia lodowcowego lub aluwialnego. Występujące tu gleby płowe zaliczane są do klasy II UR i kompleksu 2 (pszenny dobry), a gleby rdzawe do klasy V UR i kompleksu 6 (żytni słaby).

Próbki glebowe pobrano w październiku 2007 roku w następujących profilach: gleby płowe – 1 T i 2U, 5 T i 6U, 7 T i 8 U; gleby rdzawe – 3 T i 4 U, z warstw: 0-10, 10-20 i 20-30 cm. Badaniami objęto pola obsiane pszenicą ozimą

(gleby płowe) i żytem (gleby rdzawe). W próbkach glebowych oznaczono aktywność 5 enzymów: dehydrogenaz [16], fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej [15], ureazy [17] oraz proteazy [11]. Ponadto oznaczono podstawowe właściwości chemiczne badanych gleb: odczyn – pH w 1 mol·dm⁻³ KCl [ISO 10390], zawartość węgla organicznego (C) i azotu ogółem (N) analizatorem Vario Max oraz zawartość przyswajalnych form fosforu (P) i potasu (K) [6].

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano przy wykorzystaniu programu Statistica 6.0 PL.

3. Wyniki i dyskusja

Gleby uprawiane tradycyjnie (obiekty: 1 T, 3 T, 5 T, 7 T) cechowały się odczynem od lekko kwaśnego do obojętnego, a gleby w uproszczonym systemie uprawy (obiekty: 2 U, 4 U, 6 U, 8 U) – od kwaśnego do lekko kwaśnego (tab. 1). Wzrost zakwaszenia gleb uprawianych systemem uproszczonym wiązał się z istotnym nasileniem procesów biochemicznych w środowisku glebowym (tab. 2). Na ścisłe relacje pomiędzy aktywnością biologiczną a zakwaszeniem gleb zwraca uwagę Kurek [10]. Produkty transformacji materii organicznej (m.in. CO₂ i niskocząsteczkowe kwasy organiczne), których ilość związana jest z aktywnością metaboliczną drobnoustrojów i wydzielanymi przez nie enzymami ma znaczący udział w zakwaszeniu gleb [8]. Również nityfikacja będąca następstwem wzmoczonej mineralizacji jest jednym z czynników zwiększenia kwaśnego ładunku w poziomach powierzchniowych gleb [10]. Na większości badanych obiektów wartości pH_{KCl} w wierzchniej warstwie gleb (0-10 cm) były mniejsze niż w warstwach głębszych (10-20 i 20-30 cm).

Zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w glebach uprawianych systemem uproszczonym była wyraźnie większa niż w glebach uprawianych klasycznie. Statystycznie istotne różnice zanotowano wyłącznie w przypadku gleb płowych (obiekty: 1-2, 5-6, 7-8), głównie w ich powierzchniowej (0-10 cm) warstwie (tab. 1). Dodatkowo działanie upraw uproszczonych na przyrost zawartości węgla organicznego i azotu ogółem w warstwach powierzchniowych różnych gleb zostało już wielokrotnie stwierdzone w innych badaniach [2, 5]. Ilości węgla organicznego i azotu ogółem w warstwie 0-10 cm badanych gleb były istotnie większe niż w warstwie 20-30 cm (tab. 1). W powierzchniowej (0-10 cm) warstwie badanych gleb wartości stosunku C : N były istotnie większe w warunkach stosowania uprawy uproszczonej niż w uprawie tradycyjnej (tab. 1).

W badanych glebach zawartość przyswajalnego fosforu kształtowała się w zakresie zawartości bardzo wysokich: 108,7-266,9 mg·kg⁻¹ na obiektach z uprawą tradycyjną i 99,2-446,8 mg·kg⁻¹ w przypadku uprawy uproszczonej. Statystycznie istotny przyrost tej formy fosforu pod wpływem stosowania ograniczonej uprawy roli zanotowano przede wszystkim w powierzchniowej (0-10 cm) warstwie gleb (tab. 1). Pionowe rozmieszczenie fosforu, który jest składnikiem mało ruchliwym, uzależnione było wyraźnie od systemu uprawy roli. W systemie klasycznym, z typową uprawą płużną i corocznym przemieszczaniem gleby w czasie uprawy, zawartość przyswajalnych form fosforu w analizowanych warstwach gleby (0-10, 10-20 i 20-30 cm) była podobna. W uprawie uproszczonej zawartość tego składnika w warstwach powierzchniowych (0-10 cm) była około 1,5-3-krotnie większa niż w warstwach 20-30 cm (tab. 1).

Tab. 1. Niektóre właściwości chemiczne gleb
Table 1. Some chemical properties of soils

Nr profilu Profile No.	Warstwa / Layer (cm)	pH KCl	C	N	C : N	P i K	
						(mg·kg ⁻¹)	
1 T	0-10	6,7	0,85	0,10	8,5	176,0	96,7
	10-20	6,9	0,84	0,09	9,3	158,9	58,6
	20-30	6,3	0,36	0,04	9,0	156,0	15,5
2 U	0-10	5,2	1,51	0,14	10,7	408,0	469,6
	10-20	6,3	0,98	0,10	9,8	297,7	212,9
	20-30	6,2	0,85	0,09	9,4	257,3	143,5
3 T	0-10	6,2	0,89	0,09	9,8	262,1	190,2
	10-20	6,9	0,74	0,08	9,2	251,2	172,1
	20-30	6,5	0,44	0,05	8,8	266,9	129,5
4 U	0-10	5,1	1,08	0,10	10,8	446,8	326,7
	10-20	5,9	0,82	0,08	10,2	382,7	215,6
	20-30	6,2	0,58	0,06	9,6	308,7	190,5
5 T	0-10	6,0	1,22	0,13	9,3	188,7	196,8
	10-20	6,1	1,11	0,11	10,1	167,6	158,6
	20-30	5,7	0,77	0,07	11,0	133,6	119,3
6 U	0-10	5,2	1,62	0,16	10,1	297,7	294,7
	10-20	5,3	1,41	0,13	10,8	167,2	209,9
	20-30	5,5	1,35	0,12	11,2	99,2	166,3
7 T	0-10	6,2	1,21	0,13	9,3	173,4	216,5
	10-20	6,3	1,01	0,11	9,1	124,8	120,0
	20-30	6,2	0,81	0,09	9,0	108,7	90,1
8 U	0-10	5,6	1,62	0,16	10,1	217,6	280,6
	10-20	6,3	1,21	0,13	9,3	175,5	148,9
	20-30	6,4	1,01	0,11	9,1	102,3	100,8
NIR _{0,05}			0,24	0,02	0,7	56,2	37,4

Objaśnienia: T - uprawa tradycyjna; U - uprawa uproszczona; C - węgiel organiczny ogółem; N - azot ogółem; P i K - przyswajalne formy fosforu i potasu

Explanations: T - classical tillage system; U - simplified tillage system; C - total organic carbon; N - total nitrogen; P and K - available phosphorus and potassium forms

Tab. 2. Aktywność enzymatyczna gleb (ADh – dehydrogenazy w $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, AFk – fosfataza kwaśna i fosfataza alkaliczna w $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, AU – ureaza w $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, AP – proteaza w $\text{mg tyrozyny} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

Table 2. Enzymatic activity of soils (DhA – dehydrogenases in $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, AFk – acid phosphatase and AFz – alkaline phosphatase in $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, UA – urease in $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, PA – protease in $\text{mg tyrosine} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

Nr profilu Profile No.	Warstwa Layer	ADh	AFk	AFa	AU	AP
1 T	0-10	4,2	85,4	104,1	23,5	12,7
	10-20	3,8	75,3	93,2	22,1	10,1
	20-30	2,6	52,7	58,5	10,2	7,0
2 U	0-10	8,3	138,1	191,8	41,9	16,9
	10-20	7,9	89,5	128,3	25,4	12,3
	20-30	3,1	77,5	68,1	7,3	6,4
3 T	0-10	2,1	76,4	57,5	10,4	9,5
	10-20	1,6	64,6	40,8	6,9	8,4
	20-30	0,9	39,1	28,3	2,1	7,5
4 U	0-10	6,9	111,5	78,5	16,8	13,4
	10-20	5,2	82,7	67,9	9,4	11,2
	20-30	1,2	63,8	55,7	8,3	10,1
5 T	0-10	4,7	122,6	88,3	21,7	15,4
	10-20	4,3	119,9	72,7	9,7	12,1
	20-30	2,8	81,8	52,9	3,6	8,4
6 U	0-10	9,2	167,5	169,6	35,8	23,5
	10-20	8,6	139,4	135,4	14,6	14,8
	20-30	3,5	105,7	67,5	8,5	9,6
7 T	0-10	4,8	138,6	68,9	19,8	15,4
	10-20	4,2	132,1	45,6	9,8	14,3
	20-30	2,5	119,5	42,7	4,5	9,2
8 U	0-10	9,7	190,2	127,4	31,4	20,1
	10-20	8,8	153,4	98,3	13,2	16,8
	20-30	3,2	143,5	56,3	8,6	10,9
NIR _{0,05}		0,9	24,9	24,1	5,8	3,6

Zawartość potasu przyswajalnego w badanych glebach wahała się w zakresie wartości niskich i średnich ($15,5-216,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a w powierzchniowej warstwie gleb uprawianych systemem uproszczonym w zakresie wartości wysokich ($280,6-469,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (tab. 1). Podobnie jak w przypadku przyswajalnego fosforu statystycznie istotny przyrost tej formy potasu w warunkach stosowania ograniczonej uprawy roli zanotowano głównie w powierzchniowej warstwie gleb. Na wszystkich obiektach badawczych ilość potasu przyswajalnego w glebach malała istotnie wraz ze wzrostem głębokości (tab. 1). Przeważające formy tego pierwiastka, z powodu swej rozpuszczalności są narażone na wymywanie.

Przeprowadzone badania wykazały, że aktywność wszystkich badanych enzymów była wyraźnie niższa w glebach uprawianych tradycyjnie niż w glebach uprawianych systemem uproszczonym (tab. 2). Tradycyjna uprawa roli zmieniając pionowe rozmieszczenie, skład chemiczny i wielkość cząstek substancji organicznej, a także warunki wodno-powietrzne w środowisku glebowym oddziałuje zarówno na aktywność enzymatyczną, jak i biomasa drobno-ustrojów [4, 14]. Badania Schultena i in. [14] wykazały, że zwiększeniu wielkości cząstek i złożoności wiązań materii organicznej w glebie uprawianej systemem klasycznym (uprawa płuzna) towarzyszyło istotne zmniejszenie (w granicach 60-80%) aktywności enzymów biorących udział w cyklu przemian C, N i P.

Zmiany aktywności enzymatycznej gleb na tle zróżnicowanych metod uprawy roli uzależnione były od rodzaju

badanego enzymu i głębokości analizowanej warstwy (tab. 2).

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ uproszczonej uprawy roli na wzrost aktywności dehydrogenaz i fosfatazy alkalicznej w warstwach 0-10 i 10-20 cm, a fosfatazy kwaśnej, ureazy oraz proteazy wyłącznie w warstwie 0-10 cm. Liczne dane z literatury przedmiotu [2, 4, 13, 14] potwierdzają, że korzystny wpływ uproszczonej uprawy roli na aktywność enzymów zaznacza się w powierzchniowej warstwie gleb.

W warunkach uprawy uproszczonej aktywność badanych enzymów była większa około: dehydrogenaz o 50-70%, fosfatazy kwaśnej i ureazy o 30-40%, fosfatazy alkalicznej o 30-50%, a proteazy o 25-35% niż w glebie uprawianej klasycznie. Szczególnie szeroki zakres aktywności uzyskany dla dehydrogenaz wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do oceny zmian w środowisku glebowym pod wpływem systemu uprawy roli. Obserwowanej stymulacji towarzyszyła wyraźnie większa niż w przypadku uprawy tradycyjnej zawartość C_{org} i N_{og} w powierzchniowych warstwach gleb (tab. 1). Wyniki te jeszcze raz potwierdzają, że poziom aktywności enzymów glebowych jest determinowany głównie zawartością materii organicznej. Związane jest to z dynamicznym rozwojem mikroorganizmów spowodowanej obfitością łatwo dostępczej substancji energetycznej.

Generalnie, gleby płowe (obiekty: 1-2, 5-6, 7-8) cechowały się wyższą aktywnością enzymatyczną niż gleby rdzawe (obiekty 3-4), (tab. 2). Każdy typ gleby cechuje

charakterystyczny skład specyficznych enzymów i właściwy sobie poziom aktywności enzymatycznej. Różnice w kształtowaniu się aktywności enzymatycznej w różnych typach gleb spowodowane są głównie tym, że każdy typ gleby zależy od jej pochodzenia i warunków rozwojowych jest odmienny pod względem zawartości materii organicznej, składu granulometrycznego i aktywności mikroorganizmów [7].

4. Wnioski

1. Testy enzymatyczne okazały się dobrymi wskaźnikami różnicującymi badane obiekty glebowe w zależności od systemu uprawy roli.
2. Stosowanie uprawy uproszczonej stymulowało istotnie aktywność analizowanych enzymów, niezależnie od typu gleby, co z praktycznego punktu widzenia ma duże znaczenie w aspekcie rozpoznania procesów uwalniających zmagazynowane składniki pokarmowe roślin.
3. Szczególnie szeroki zakres aktywności uzyskano dla dehydrogenaz, co wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do oceny zmian w środowisku glebowym pod wpływem systemu uprawy roli.
4. Obserwowanej stymulacji aktywności badanych enzymów towarzyszyły korzystne zmiany stanu chemicznego gleb. Świadczy to, że ograniczenia w uprawie roli wywołują korzystne zmiany podstawowych elementów żywności tych gleb.
5. Uzyskane wyniki badań stanowią przykład pozytywnego wpływu stosowania ograniczeń w uprawie roli w regulacji ważnych procesów przyrodniczych i ochronie gleb.

5. Literatura

- [1] Bandick A.K., Dick R.P.: Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 31, s. 1471-1479, 1999.
- [2] Bielińska E.J.: Wpływ stosowania ograniczonej uprawy roli na aktywność biologiczną gleby. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, tom 2, część 1: Wybrane zagadnienia rolnictwa ekologicznego w Polsce. Red. Z. Zbytek, PIMR, Poznań, s. 84-89, ISBN 83-921598-3-7, 2005.
- [3] Bielińska E.J., Węgorek T.: Wpływ zadrzewienia przeciwwietrznego na aktywność enzymatyczną gleby. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 33 (2), Rekultywacja obszarów zdegradowanych. Red. L. Pawłowski, M.R. Dudzińska, A. Pawłowski, Lublin 2005, s. 195-202. ISBN 83-89293-16-1, 2005.

- [4] Curci M., Pizzigallo M.D.R., Crecchio C., Mininni R., Ruggiero P.: Effect of conventional tillage on biochemical properties of soils. *Biol. Fert. Soils* 25, 1, s. 1-6, 1997.
- [5] Duseja D.R.: A comparative study of the influence of two tillage systems on soybean production soil properties and nutrient uptake. *Proc. 1991 South Con. Til. Con. Rap.* 148, s. 26-29, 1991.
- [6] Egner H., Riehm H., Domingo W.R.: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden: II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Lantbrukshögskolans Annaler* 26, s. 45-57, 1960.
- [7] Gianfreda L., Bollag J.M.: Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. W: *Soil Biochemistry*. Stotzky G., Bollag J.M. (red.) Marcel Dekker, New York 9, s. 123-135, 1996.
- [8] Kelly E.F., Chadwick O.A., Hiliński T.E.: The effect of plants on mineral weathering. *Biogeochemistry* 42, s. 21-53, 1998.
- [9] Konwencja Paryska: Ochrona i trwałe użytkowanie biologicznej i krajobrazowej różnorodności w nawiązaniu do polityki i praktyk rolniczych. STRA-CO/AGRI 2001, 11 rev. 3, 2002.
- [10] Kurek E.: Związki przyczynowo-skutkowe aktywności mikrobiologicznej i zakwaszenia gleb. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 482, s. 307-316, 2002.
- [11] Ladd N., Butler J.H.A.: Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.* 4, s. 19-30, 1972.
- [12] Ryszkowski L.: Krajobrazy rolnicze w koncepcji trwałego i zrównoważonego rozwoju społeczeństw. Wydawnictwo SGGW (red. A. Ciszewska): *Problemy Ekologii Krajobrazu*. Nr 14. s. 26-28, 2004.
- [13] Samuel A., Kiss S., Sandor M.: Phosphatase activities in a brown luvisol soil. *Studia Universitatis Babeş Bolyai, Biologia* 45, 1, s. 91-99, 2000.
- [14] Schulten H.R., Montreal C.M., Schnitzer M.: Effect of long-term cultivation on the chemical structure of soil organic matter. *Naturwissenschaften* 81, 1, s. 42-44, 1995.
- [15] Tabatabai M.A., Bremner J.M.: Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, s. 301-307, 1969.
- [16] Thalmann A.: Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.* 21, s. 249-258, 1968.
- [17] Zantua M.I., Bremner J.M.: Stability of urease in soils. *Soil Biol. Biochem.* 9, s. 135-140, 1975.