

EVALUATION OF FERTILIZER AND NUTRIENT BALANCES IN SELECTED ORGANIC FARMS IN THE BRODNICA REGION

Summary

Assessment of the sustainability of nutrient balances in selected group of 20 organic farms located in the Kujawsko-Pomorskie was aim of the research. Balance of NPK, the share of green fields and the balance of soil organic matter were taken into account in the assessment. MACROBIL program was used to calculate the field balance. Organic farms were characterized by a positive, safe balance of nitrogen of $2.8 \text{ N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. While the balance of phosphorus and potassium was negative and amounted, respectively, -2 and $-21.6 \text{ N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. Sustainable balance of potassium was noted in the animal farms, while strongly negative in farms specialized in plant production. Balance of soil organic matter in the organic farms was positive and amounted on an average of 0.53 t DM/ha . The highest values of this index were recorded in farms specialized in animal production. The share of green fields in the studied group of organic farms amounted slightly more than 50%, which indicates their great potential in reducing the negative effects associated with agricultural production.

OCENA STANU ZRÓWNOWAŻENIA GOSPODARKI NAWOZOWEJ W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH EKOLOGICZNYCH W REJONIE BRODNICY

Streszczenie

Celem prowadzonych badań była ocena stopnia zrównoważenia gospodarki nawozowej w 20 wybranych gospodarstwach ekologicznych, zlokalizowanych w województwie kujawsko-pomorskim. W ocenie zrównoważenia uwzględniono bilans NPK, udział zielonych pól oraz bilans glebowej substancji organicznej. Do sporządzenia bilansu składników mineralnych metodą „na powierzchni pola”, wykorzystano program komputerowy Macrobil. Analizowane gospodarstwa ekologiczne charakteryzowały się dodatnim, bezpiecznym dla środowiska saldem bilansu azotu wynoszącym $2,8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Natomiast saldo bilansu fosforu i potasu było ujemne i wynosiło odpowiednio: -2 i $-21,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Zrównoważony bilans potasu uzyskiwały gospodarstwa ukierunkowane na produkcję zwierzęcą, natomiast wyraźnie ujemny gospodarstwa specjalizujące się w produkcji roślinnej. Bilans glebowej substancji organicznej w badanych gospodarstwach ekologicznych był dodatni i wynosił średnio $0,53 \text{ t s.m./ha}$. Najwyższe wartości tego wskaźnika odnotowano w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji zwierzęcej. Udział pól zielonych w badanej grupie gospodarstw ekologicznych wynosił nieco ponad 50%, co wskazuje na duży ich potencjał w ograniczaniu niekorzystnych skutków towarzyszących produkcji rolniczej.

1. Wprowadzenie

Podstawowym celem rolnictwa ekologicznego jest realizacja zasad zrównoważonego rozwoju, których istotnym elementem jest racjonalne gospodarowanie składnikami nawozowymi. Oznacza to przede wszystkim dążenie do możliwie zamkniętego ich obiegu w ramach gospodarstwa [6]. Można tego dokonać maksymalizując ich biologiczną retencję w glebie oraz minimalizując straty powodowane nadmierną mineralizacją i wymywaniem. Te ostatnie procesy, zwłaszcza w przypadku azotu i fosforu, stanowią realne niebezpieczeństwo skażenia środowiska przyrodniczego [1, 3, 6]. Jednym z podstawowych narzędzi służących rozpoznaniu potencjalnych zagrożeń dla środowiska ze strony praktyki rolniczej jest określenie salda bilansu składników nawozowych [13].

Celem prowadzonych badań była ocena stopnia zrównoważenia wybranych gospodarstw ekologicznych na podstawie kryteriów przyrodniczych.

2. Metodyka badań

Prace badawcze prowadzono w 2008 r. w 20 gospodarstwach ekologicznych zlokalizowanych w województwie

kujawsko-pomorskim (powiaty Brodnica, Golub-Dobrzyń, Rypin) oraz w woj. warmińsko-mazurskim.

W oparciu o analizę płodozmianu, produktywności roślin, produkcję zwierzęcą oraz zagospodarowanie nawozów naturalnych określono stan zrównoważenia badanych gospodarstw ekologicznych. W ocenie zrównoważenia uwzględniono następujące wskaźniki środowiskowe:

- bilans NPK,
- udział zielonych pól,
- bilans glebowej substancji organicznej.

Do sporządzenia bilansu składników mineralnych metodą „na powierzchni pola”, wykorzystano opracowany w IUNG-PIB program komputerowy Macrobil (wer. 1.10). W programie Macrobil po stronie przychodów uwzględnia się ilość składników dopływających do gleby w formie nawozów mineralnych, naturalnych i organicznych. W przypadku azotu uwzględnia się jego biologiczne wiązanie przez bakterie symbiotyczne współżyjące z roślinami motylkowatymi oraz organizmy wolnożyjące w glebie, a także opad azotu z atmosfery. Po stronie rozchodów występują ilości składników odprowadzanych z pola z plonami zbieranych roślin. Wyniki uzyskane z programu Macrobil zostały zmodyfikowane dla grupy roślin wiążących symbiotycznie azot (strączkowe

oraz roślin motylkowate drobnonasienne). Dla pierwszej grupy roślin przyjęto współczynnik symbiotycznego wiązania na poziomie 0,5, natomiast dla drugiej 0,7 [12]. Oznacza to, że 70% azotu wynoszonego z pola z plonem mieszanek koniczyn z trawami pochodzi z biologicznego wiązania. Przyjęta modyfikacja kalkulacji bilansu azotu wynika z faktu, iż program Macrobil wylicza jedynie ilość azotu symbiotycznie związanego pozostawionego w resztkach poźniwnych roślin motylkowatych.

Ponadto wyliczono procentowy udział w strukturze zasiewów pól z pokrywą roślinną w okresie jesienno-zimowym.

Do oceny wpływu gospodarowania na zawartość glebowej substancji organicznej i pośrednio na jej zdolność do absorpcji CO₂ wykorzystano specjalne współczynniki reprodukcji i degradacji glebowej substancji organicznej Kundlera i in. [9].

3. Wyniki i dyskusja

W 2008 r. w badanej grupie gospodarstw ekologicznych wykonano analizy zasobności gleb w podstawowe składniki pokarmowe. W większości ocenianych gospodarstw ekologicznych odczyn gleby, zasobność w fosfor oraz w magnez była na poziomie optymalnym lub zbliżonym do optymalnego. Natomiast zasobność gleby w potas w ocenianej grupie gospodarstw była z reguły na poziomie niskim, co wskazywało na brak zrównoważonej gospodarki tym składnikiem oraz konieczność zastosowania dopuszczonych w rolnictwie ekologicznym nawozów potasowych.

Uzyskane wyniki analiz roku stanowiły również podstawę dla oceny stanu zrównoważenia gospodarstw. Salda bilansów trzech podstawowych makroskładników dla grupy 20 gospodarstw ekologicznych zestawiono w tab. 1.

3.1. Azot

Dostateczne zaopatrzenie roślin w azot w rolnictwie ekologicznym można osiągnąć tylko poprzez pełne zagospodarowanie wszystkich nawozów naturalnych (obornik, gnojówka) i

organicznych oraz wysycenie płodozmianu roślinami motylkowatymi uprawianymi w plonie głównym i w poplonach [8]. Należy podkreślić, że niedobór azotu jest z reguły głównym czynnikiem limitującym wielkość plonów w tym systemie gospodarowania [17].

Saldo bilansu azotu powinno wykazywać nadwyżkę na poziomie 30-40 kg/ha/rok [7]. Wynika to stąd, iż nieuniknione są gazowe straty tego składnika, a pewne ilości azotanów nawet w warunkach bardzo poprawnego gospodarowania ulegają wymyciu. Natomiast trwałe ujemny bilans azotu może świadczyć o nadmiernej mineralizacji próchnicy.

W badanych gospodarstwach saldo bilansu azotu w 2008 roku kształtowało się na nieznacznie dodatnim poziomie ok. 3 kg/ha UR, z wahaniami w poszczególnych gospodarstwach od -35 do +89 kg N/ha UR (tab. 1). W nawozach naturalnych wnoszono około 28 kg/ha azotu, i na podobnym poziomie oszacowano jego biologiczne wiązanie. W sumie po przychodowej stronie bilansu w gospodarstwach ekologicznych ilość azotu wynosiła 74 kg/ha UR.

Analiza bilansu składników nawozowych wykazała istnienie dużych różnic między grupami gospodarstw o różnych kierunkach produkcji. Generalnie w analizowanej zbiorowości większość (9 gospodarstw) reprezentowała roślinny kierunek produkcji (w tym 2 gospodarstwa prowadzono bez produkcji zwierzęcej), sześć mieszany, zaś w pięciu gospodarstwach w wartości sprzedaży przeważała produkcja zwierzęca. Szczególnie dużymi ujemnymi saldami makroskładników wyróżniały się gospodarstwa specjalizujące się w produkcji roślinnej (tab. 2).

W gospodarstwach tych znaczącą pozycję w strukturze zasiewów stanowiły warzywa, z którymi odprowadza się większe ilości azotu i potasu. Zdecydowanie najlepsze wyniki salda bilansu azotu uzyskano w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji zwierzęcej (głównie w chowie bydła mlecznego). O dodatnim wyniku salda azotu w tej grupie gospodarstw ekologicznych decydował znaczący udział roślin motylkowatych (głównie mieszanek koniczyn z trawami, ale także roślin strączkowych) w strukturze zasiewów.

Tab. 1. Bilans składników mineralnych N, P, K na powierzchni pola (program Macrobil) w gospodarstwach ekologicznych w 2008 roku
Tab. 1. *NPK field balance (Macrobil program) in the investigated organic farms in 2008*

Lp.	Wyszczególnienie / <i>Specification</i>	Średnia ze zbiorowości <i>Average</i>	Min	Max
1	Saldo N (kg/ha UR) / <i>N balance (kg/ha of AL)</i>	2,8	-35	89
2	Saldo P (kg/ha UR) / <i>P balance (kg/ha of AL)</i>	-2,1	-12	27
3	Saldo K (kg/ha UR) / <i>K balance (kg/ha of AL)</i>	-21,6	-61	53
<i>Przychodowa strona bilansu azotu (kg/ha UR) Sources of nitrogen inputs (kg/ha of AL)</i>				
4	Nawozy mineralne / <i>Mineral fertilizers</i>	0	-	-
5	Nawozy naturalne / <i>Natural fertilizers</i>	28	-	-
6	Materiał siewny / <i>Seeds</i>	2	-	-
7	Biologiczne wiązanie azotu / <i>Biological nitrogen fixation</i>	27	-	-
8	Opad atmosferyczny azotu / <i>Nitrogen deposit</i>	17	-	-
9	Razem przychód (kg/ha UR) / <i>Total inputs (kg/ha of AL)</i>	74		

Tab. 2. Bilans NPK na powierzchni pola oraz udział (%) pól zielonych w powierzchni GO w trzech grupach gospodarstw ekologicznych
Tab. 2. *NPK field balance and share (in %) of green fields in the area of arable lands in three groups of organic farms*

Lp.	Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Kierunek produkcji/ <i>Profile of agricultural production</i>		
		Roślinny (9) <i>Crop</i>	Mieszany (6) <i>Mixed</i>	Zwierzęcy (5) <i>Animal</i>
1	Saldo N (kg/ha UR) / <i>N balance (kg/ha of AL)</i>	-15,9	-5,6	46,6
2	Saldo P (kg/ha UR) / <i>P balance (kg/ha of AL)</i>	-7,2	-4,0	9,4
3	Saldo K (kg/ha UR) / <i>K balance (kg/ha of AL)</i>	-27,1	-25,3	-7,0
4	Udział pól zielonych (%) / <i>Share of green fields (%)</i>	48,1	46,1	65,6

Generalnie pomimo stosunkowo małych plonów roślin pastewnych spowodowanych niedostatkami opadów wiosną 2008 roku wzbogacenie gleby w azot w efekcie symbiotycznego jej wiązania zabezpieczało potrzeby pokarmowe roślin następczych. Ponadto należy podkreślić, że w ustabliżowanych gospodarstwach ekologicznych wysoka jest również aktywność biologiczna gleby [11] i tym samym intensywniejsze może być biologiczne wiązanie azotu przez mikroorganizmy wolnożyjące w glebie.

3.2. Fosfor

W analizowanych gospodarstwach ekologicznych saldo bilansu fosforu wynosiło średnio $-2,1$ kg, z wahaniami od -12 do 27 kg P/ha UR (tab. 1). Z plonami roślin, średnio w badanej grupie gospodarstw, odprowadzano $11,3$ kg, zaś głównym jego źródłem były nawozy naturalne, z którymi wnoszono $9,2$ kg P/ha UR. Występujące w niektórych gospodarstwach, zwłaszcza tych wyspecjalizowanych w produkcji roślinnej (głównie w uprawie warzyw) większe deficyty fosforu (tab. 2) mogą stwarzać niebezpieczeństwo spadku zasobności gleby w ten składnik.

Wyniki badań zagranicznych [2, 4, 5] wskazują jednak, że w gospodarstwach ekologicznych, prowadzonych zwłaszcza na glebach lekkich, występuje na ogół nieznacznie ujemny bilans fosforu, wynoszący od 2 do 13 kg P_2O_5 /ha/rok. Wynika to stąd, iż fosfor nie jest wymywany z gleby, a w sprzedawanych produktach roślinnych i zwierzęcych jego zawartość jest stosunkowo mała. Ponadto pewne jego ilości wprowadza się z paszami treściwymi pochodzącymi z zakupu lub mineralnymi dodatkami do pasz. W gospodarstwach ekologicznych zasobność gleb w fosfor jest na ogół niższa, niż w porównywanych gospodarstwach konwencjonalnych, jednak najczęściej utrzymuje się na poziomie średnim, według ocen przyjętych w doradztwie nawozowym. Z badań prowadzonych w IUNG-PIB wynika, że w rolnictwie ekologicznym wysoka jest aktywność enzymatyczna gleby, głównie fosfatazy kwaśnej i zasadowej. Enzymy te mogą zwiększać dostępność fosforu dla roślin ze związków mineralnych gleby [11]. Ponadto poprawa zapotrzebowania roślin w fosfor w systemie ekologicznym może być także związane z intensywniejszym rozwojem mikoryzy. Liczne doniesienia z literatury wskazują, że system ekologiczny silnie wzmacnia rozwój tego rodzaju symbiozy [14, 15].

3.3. Potas

Bilans potasu w gospodarstwach ekologicznych jest najczęściej ujemny [10, 16], co jest spowodowane znaczną zawartością tego składnika w ziemiakach i warzywach stanowiących roślinne produkty towarowe. W analizowanych gospodarstwach ujemna różnica bilansowa dla potasu wynosiła średnio $-21,6$ kg/ha/rok, z wahaniami od -61 do 53 kg K/ha/rok (tab. 1). Z plonami roślin, średnio w badanej grupie gospodarstw, odprowadzano $55,2$ kg, zaś głównym jego źródłem były nawozy naturalne, z którymi wnoszono $33,4$ kg K/ha/rok. W przypadku tego składnika występowało bardzo duże zróżnicowanie w obrębie badanej grupy gospodarstw. Zrównoważony bilans potasu uzyskiwały gospodarstwa ukierunkowane na produkcję zwierzęcą, natomiast wyraźnie ujemny bilans gospodarstwa specjalizujące się w produkcji roślinnej (tab. 2).

Należy pokreślić, iż w gospodarstwach ekologicznych prowadzących produkcję roślinną i zwierzęcą możliwe jest zachowanie zrównoważonego bilansu fosforu. W przypadku potasu, w warunkach dużej sprzedaży produktów roślinnych, ujemna różnica bilansowa może być już duża. W Polsce, gdzie około 50% stanowią gleby utworzone z różnego rodzaju piasków, ubogie w składniki pokarmowe, grozi to spadkiem zasobności gleby i występowaniem niedoboru potasu w roślinach uprawnych. W związku z tym, w gospodarstwach ekologicznych, podobnie jak i w konwencjonalnych, konieczna jest okresowa kontrola zasobności i odczynu gleb. W przypadku spadku zasobności poniżej średniej dla danej gleby, konieczne jest stosowanie odpowiednich nawozów potasowych lub fosforowych.

Uzyskane wyniki w badanej grupie gospodarstw ekologicznych potwierdzają konieczność kontrolowania stanu zasobności gleb. W gospodarstwach tych, pomimo wysokiej obsady zwierząt, nie stwierdza się zagrożeń wynikających z nadmiarów pierwiastków biogenych (azot, fosfor). Większy problem stanowić będzie natomiast ich deficyt oraz wynikające z charakteru tych gospodarstw problemy związane z jego uzupełnieniem. Analizy gleby wykonane w 2008 roku w wybranych gospodarstwach ekologicznych wykazały, że większość z nich zlokalizowana na glebie średniej, oraz połowa na glebie lekkiej charakteryzowała się niską zasobnością w potas, z tego aż 2 gospodarstwa zasobnością bardzo niską (poniżej $7,5$ mg K_2O). Ocena bilansu potasu wykonana programem Macrobil potwierdziła problemy związane ze zrównoważonym zbilansowaniem tego składnika.

Udział pól zielonych w badanej grupie gospodarstw ekologicznych był na dość wysokim poziomie i wynosił nieco ponad 50%. W gospodarstwach o kierunku roślinnym oraz mieszanym kształtował się on niewiele poniżej średniej, natomiast najwyższe wartości tego wskaźnika (ponad 65%) odnotowywano w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji zwierzęcej. Wysoka wartość tego wskaźnika w badanych gospodarstwach ekologicznych wskazuje na duży ich potencjał w ograniczaniu skutków niekorzystnych zjawisk (np. zwiększonego wymywania biogenów w okresie jesienno-zimowym) towarzyszących produkcji rolniczej.

Bilans glebowej substancji organicznej w badanych gospodarstwach ekologicznych wyliczony w oparciu o współczynniki Kundlera i in. [9] uwzględniające oddziaływanie roślin uprawnych oraz nawozów naturalnych i organicznych był dodatni i wynosił średnio $0,53$ t s.m./ha, co wskazuje na duży potencjał tych gospodarstw do reprodukcji substancji organicznej i pośrednio na jej zdolność do sekwestracji CO_2 . Porównywane grupy gospodarstw ekologicznych charakteryzowały się zróżnicowanym saldem bilansu glebowej substancji organicznej (tab. 3).

Gospodarstwa wyspecjalizowane w produkcji roślinnej, a zwłaszcza w produkcji warzyw charakteryzowały się nieznacznie ujemnym bilansem glebowej substancji organicznej, co może w dłuższej perspektywie prowadzić do zwiększonej mineralizacji próchnicy glebowej. Generalnie o dodatnim bilansie substancji organicznej w badanej grupie gospodarstw ekologicznych decydował znaczący, ponad 30% udział roślin pastewnych w strukturze zasiewów, a także stosunkowo duży udział poplonów, natomiast w grupie gospodarstw mieszanych i z produkcją zwierzęcą – dodatkowo obsada zwierząt.

Tab. 3. Bilans glebowej substancji organicznej (w t s.m./ha) w trzech grupach gospodarstw ekologicznych w 2008 r.
 Tab. 3. Soil organic matter balance (in t of d.m./ha) in three groups of organic farms in 2008

Kierunek produkcji <i>Profile of agricultural production</i>	Oddziaływanie roślin uprawnych <i>Impact of crops</i>	Oddziaływanie nawozów naturalnych <i>Impact of natural fertilizers</i>	Bilans <i>Balance</i>
Roślinny <i>Crop</i>	-0,15	0,07	-0,08
Mieszany <i>Mixed</i>	0,08	0,36	0,44
Zwierzęcy <i>Animal</i>	0,67	1,05	1,72
Średnio <i>Average</i>	0,13	0,40	0,53

4. Podsumowanie

1. Analizowane gospodarstwa ekologiczne charakteryzowały się dodatnim, bezpiecznym dla środowiska saldem bilansu azotu wynoszącym 2,8 kg N ha⁻¹ rok⁻¹. Ujemne wartości bilansu stwierdzono w gospodarstwach o roślinnym kierunku produkcji oraz nieznacznie ujemne w mieszanych.
2. Saldo bilansu potasu było ujemne i wynosiło -21,6 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Ujemne wartości odnotowano we wszystkich trzech porównywanych grupach gospodarstw.
3. Saldo bilansu fosforu było nieznacznie ujemne i kształtowało się na poziomie -2 kg ha⁻¹ rok⁻¹.
4. Bilans glebowej substancji organicznej w badanych gospodarstwach ekologicznych był dodatni i wynosił średnio 0,53 t s.m./ha. Najwyższe wartości tego wskaźnika odnotowano w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji zwierzęcej.
5. Udział pól zielonych w badanej grupie gospodarstw ekologicznych wynosił nieco ponad 50%, co wskazuje na duży ich potencjał w ograniczaniu niekorzystnych skutków towarzyszących produkcji rolnej.

5. Literatura

- [1] Asdal A., Bakken A. K.: Nutrient balances and yields during conversion to organic farming in two crop rotation systems. Designing and testing crop rotations for organic farming. Danish Research Center for Organic Farming. 125-132, 1999.
- [2] Berry P.M., Stockdale E.A., Sylvester-Bradley R., Philipps L., Smith K.A., Lord E.I., Watson C.A and Fortune S.: N, P and K budgets for crop rotations on nine organic farms in the UK. Soil Use and Management, 19 (2): 112-118, 2003.
- [3] Duer I., Fotyma M. (red.): Polski Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Wyd. IUNG, Puławy, 2001.
- [4] Entz M.H., Guilford R. and Gulden R.: Crop yield and nutrient status on 14 organic farms in the eastern Northern Great Plains. Can. J Plant Sci. 81:351-354, 2001.
- [5] Gosling P., & Shepherd M.: Long-term changes in soil fertility in organic farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. Agriculture Ecosystems and Environment 105, 425-432, 2005.
- [6] Granstedt A.: Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment – experience from Sweden and Finland. Agriculture, Ecosystems & Environment 1570: 1–17. Elsevier Science B. V., Amsterdam, 2000.
- [7] Kopiński J.: Ocena gospodarstw rolniczych o różnej intensywności produkcji na tle wybranych wskaźników agrośrodowiskowych. Roczn. Nauk. SERiA, Poznań, t. XI, Z. 1, 223-228, 2009.
- [8] Köpke U.: Nutrient Management in Organic Farming Systems: the Case of Nitrogen. Intern. Workshop on Nitrate Leaching, 11-15.10.1993, Copenhagen, Denmark. In Biological Agriculture and Horticulture (BAH), Vol 11/1995, s.15-29, 1995.
- [9] Kundler P., Eich D. & Liste J.: Mehr tun als nur ersetzen: Verstärkte Zufuhr organischer Substanz zum Boden – Wesentliche Voraussetzungen für einen hohen Leistungsanstieg in der Pflanzenproduktion. Neue Deutsche Bauernzeitung 22 (36): 8-9, 1981.
- [10] Kuś J., Kopiński J., Stalenga J.: Organizacyjno-ekonomiczne i środowiskowe aspekty funkcjonowania wybranych gospodarstw ekologicznych w rejonie Brodnicy w: Rolnictwo ekologiczne a społeczeństwo i środowisko. Raport naukowy z projektu BERAS, Puławy, s. 3-56, 2004.
- [11] Martyniuk S., Gajda A., Kuś J.: Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. Acta Agrophysica, 52:185-192, 2001.
- [12] Mazur T., i in.: Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wyd. ART Olsztyn, 1993.
- [13] OECD National Soil Surface Nutrient Balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat Paris, February 1999.
- [14] Ryan M., Chilvers G., Dumaresq D.: Colonisation of wheat by VA-mycorrhizal fungi was found to be higher on a farm to be managed in an organic manner than on a conventional neighbour. Plant Soil 160: 33-40, 1994.
- [15] Sattelmacher B., Reinhard S., Pomikalko A.: Differences in mycorrhizal colonisation of rye (*Secale cereale* L.) grown in conventional or organic (biological-dynamic) farming systems. Journal of Agronomy and Crop Science 167: 350-355, 1991.
- [16] Stalenga J., Jończyk K., Kuś J.: Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Annales UMCS, Sec. E, 59,1, 383-389, 2004.
- [17] Stalenga J.: Applicability of different indices to evaluate nutrient status of winter wheat in the organic system. Journal of Plant Nutrition 30: 351–365, 2007.