

## WPLYW WIELKOŚCI NAWOŻENIA NA BILANS NPK I PRÓCHNICY W GLEBIE W WYBRANYCH TECHNOLOGIACH PRODUKCJI ROŚLINNEJ\*

Anita Konieczna

*Institut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział Warszawa*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki analizy wpływu wielkości nawożenia mineralnego i naturalnego w różnych technologiach upraw na bilans NPK i próchnicy w glebie. Badania przeprowadzono dla upraw gatunków roślin, które potencjalnie mogą zostać wykorzystywane do produkcji bioenergii. Dane zaczerpnięto z kart technologicznych z wybranych ankietowanych gospodarstw rolniczych. Zbadano 8 technologii upraw zróżnicowanych pod względem łącznej ilości dawek azotu, fosforu i potasu w zastosowanych nawozach mineralnych i naturalnych. Za pomocą – opracowanego w zakresie i dla potrzeb badań – programu komputerowego obliczono bilans NPK oraz próchnicy w środowisku glebowym, w zależności od gatunku rośliny i jej zapotrzebowania pokarmowego, rodzaju gleby oraz wysokości osiągniętego plonu. Spośród przeanalizowanych technologii upraw, największe ubytki w ilości badanych pierwiastków (NPK) odnotowano dla uprawy buraka cukrowego (tech. 2W). Wynosiły one odpowiednio: azotu  $157,00 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , fosforu  $93,00 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , potasu  $385,00 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Uprawa prowadzona w tej technologii zubożyła glebę w próchnicę o  $1,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wysokie, dodatnie wartości bilansu otrzymano dla uprawy żyta na zielonkę (tech. 3M). Zawartość azotu w glebie wzrosła o  $202,60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , fosforu o  $235,20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , potasu o  $154,20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Obliczenia wykazały – również w przypadku tej technologii – przyrost na najwyższym poziomie w ilości próchnicy o  $4,38 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na podstawie wyników można stwierdzić, że w przypadku tych technologii należałoby skorygować dawki i rodzaj zastosowanych nawozów.

**Słowa kluczowe:** bilans NPK, azot, fosfor, potas, próchnica, technologie uprawy

### Wstęp

Gleba, woda i atmosfera to podstawowe elementy środowiska przyrodniczego. Określenie jakości gleby jest głównym wyznacznikiem przydatności rolniczej, dlatego monitorowane istniejących zasobów powinno odbywać się z dużą dokładnością. Właściwości

---

\* Praca została zrealizowana w ramach Programu Wieloletniego, w działaniu 3.3, finansowanym ze środków Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

gleby, w zależności od zdolności buforowych, są w mniejszym lub większym stopniu modyfikowane działalnością gospodarczą człowieka. W dobie intensyfikacji produkcji rolniczej wprowadzaniem nowych odmian o wysokich wymaganiach pokarmowych, konieczne jest nawożenie gleby, którego celem jest osiągnięcie wyższych i lepszych pod względem jakościowym plonów. Proces ten odbywa się poprzez dostarczanie roślinom składników pokarmowych w odpowiednich ilościach, terminach i w odpowiedniej formie nawozu, przy jednoczesnym utrzymaniu lub poprawie żyzności gleby. Dlatego tak ważne jest określenie właściwego postępowania w kwestii nawożenia, zapotrzebowania na składniki pokarmowe w celu zastosowania optymalnych dawek nawozów naturalnych i mineralnych, które umożliwią uzyskanie wysokiego plonu o dobrej jakości (Uprawa Buraka Cukrowego, Poradnik Plantatora, 2011). Konsekwencją świadomego podejścia do nawożenia jest oszczędność nawozów, efektywniejsze ich wykorzystanie oraz poprawa zasobności gleby w składniki na skutek ich lepszego bilansowania, co przekłada się na uzyskanie stabilniejszego plonowania roślin w wieloletnim (Radzimierski, 2012).

Niewłaściwe, przeprowadzane w sposób niekontrolowany, stosowanie nawozów może być przyczyną przenawożenia roślin, prowadząc do obniżenia jakości plonu. Zbyt wysokie dawki nawozów mogą także ujemnie wpływać na gleby i wody, pośrednio także na zwierzęta i ludzi (Latyński, 1982; Mazur i Mazur, 2006).

W ostatnich latach coraz większą wagę przykładają się do gospodarowania w oparciu o zasady Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej (Duer i in., 2004), którego jednym z wielu założeń jest ograniczenie ryzyka wystąpienia strat składników mineralnych z gleby na skutek wypłukiwania ich do głębszych warstw, co może doprowadzić do zanieczyszczenia wód gruntowych, zwłaszcza w okresie pomiędzy zakończeniem wegetacji jesiennej a siewem roślin jarych (Wilczewski, 2007).

Istotne znaczenie na całokształt zmian zachodzących w glebie w czasie uprawy danej rośliny – od siewu po zbiór – ma rodzaj zastosowanej technologii. Konsekwencją zastosowanego wariantu technologicznego, oprócz wysokości i jakości otrzymanego plonu, jest m.in.: wzbogacenie gleby w składniki pokarmowe, ograniczenie kosztów zabiegów, ograniczenie wymywania składników pokarmowych, ochrona gleby przed zaskorupieniem, przeciwdziałanie erozji wietrznej i wodnej (Bzowska-Bakalarz i Bieganowski, 2008). Przy wyborze technologii należy uwzględnić potrzeby nawozowe, kierując się zasobnością gleby w składniki pokarmowe oraz zapotrzebowaniem na mikro- i makroelementy, charakteryzującym poszczególne gatunki roślin należące do określonych grup. W najbliższych latach przewiduje się wyraźny wzrost arealu upraw gatunków roślin, które mogą stanowić surowiec do produkcji biogazu i biopaliw w postaci stałej i ciekłej (Kuś i in., 2009; Książak i in., 2012).

Celem badań było ilościowe określenie wpływu wielkości zastosowanego nawożenia mineralnego i naturalnego w poszczególnych technologiach na zasobność gleby w NPK oraz w próchnicę.

## Metodyka

Badaniom poddano dwie różne technologie upraw kukurydzy na kiszonkę, trzy technologie upraw buraków, po jednej technologii uprawy traw, lucerny i żyta na zielonkę, które mogą być wykorzystane w procesie produkcji biogazu:

- kukurydza na kiszonkę:
  - technologia o symbolu 1M (pow. 3,25 ha, plon 65 t·ha<sup>-1</sup>),
  - technologia o symbolu 2S (pow. 0,25 ha, plon 75 t·ha<sup>-1</sup>),

Wpływ wielkości nawożenia...

- buraki pastewne i cukrowe:
  - technologia o symbolu 1S (pow. 0,30 ha, plon 70 t·ha<sup>-1</sup>),
  - technologia o symbolu 2R (pow. 2,50 ha, plon 75 t·ha<sup>-1</sup>),
  - technologia o symbolu 2W (pow. 5,00 ha, plon 80 t·ha<sup>-1</sup>),
- trawy:
  - technologia o symbolu 1M (pow. 2,10 ha, plon 28 t·ha<sup>-1</sup>),
- lucerna:
  - technologia o symbolu 2S (pow. 0,40 ha, plon 45 t·ha<sup>-1</sup>),
- żyto na zielonkę:
  - technologia o symbolu 3M (pow. 3,25 ha, plon 18 t·ha<sup>-1</sup>).

Technologie zróżnicowane były pod względem doboru gatunku uprawianej rośliny (różne zapotrzebowania pokarmowe), osiągniętego plonu, rodzaju gleby, na której uprawa była prowadzona, zastosowanego w danej technologii rodzaju i dawek zastosowanego nawożenia organicznego bądź mineralnego. W przypadku technologii upraw tego samego gatunku roślin wybrano technologie różniące się pod względem rodzaju gleby, zastosowaniem (lub zaniechaniem) różnego rodzaju nawożenia z uwzględnieniem różnic w dawkach zastosowanych nawozów. Na podstawie badań sporządzono karty technologiczne, Dane z kart technologicznych zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1

*Dane wyjściowe do oszacowania wpływu na środowisko glebowe*

Table 1

*Output data for assessing impact on the soil environment*

Rodzaj uprawy	Rodzaj gleby	Plon (t·ha <sup>-1</sup> )	Stosowany nawóz zielony	Stosowane nawożenie organiczne		Stosowane nawożenie mineralne	
				Rodzaj	Ilość (kg·ha <sup>-1</sup> )	Nazwa	Ilość (kg·ha <sup>-1</sup> )
Kukurydza na kiszonkę tech. 1M	średnie	65	tak	obornik	42	mocznik	250
				gnojowica	14	ekolist PK	12
Kukurydza na kiszonkę tech. 2S	lekkie	75	nie	obornik	35	X	X
				gnojówka	13	X	X
Buraki pastewne tech. 1S	średnie	70 – korzenie 40 – liście	nie	obornik	40	X	X
Buraki cukrowe tech. 2R	średnie	75 – korzenie 35 – liście	nie	obornik	40	sól potasowa	200
						superfosfat potrójny	200
						mocznik	160
Buraki cukrowe tech. 2W	ciężkie	80 – korzenie 30 – liście	nie	X	X	polifoska 6-20-30	450
						saletra	400
Trawy tech. 1M	średnie	28	nie	obornik	20	saletrzak	210
Lucerna tech. 2S	średnie	45	nie	gnojów-ka	8	X	X
Żyto na zielonkę tech. 3M	średnie	18	tak	obornik	42	saletra	100
				gnojowica	14		

Na potrzeby badań, w ramach prac nad określeniem wpływu wielkości nawożenia na środowisko glebowe pod względem zasobności w azot, fosfor i potas oraz próchnicę, opracowano program komputerowy, umożliwiający oszacowanie skutków zastosowania wybranych technologii. Dodatkowo uzyskane wyniki pozwalają określić potencjalne zagrożenia degradacji gleb w uprawie poszczególnych roślin.

Do celów analitycznych programu niezbędna była budowa szeregu algorytmów, funkcjonujących jako jądro programu. Wartości stałe, podstawione do wzorów w postaci współczynników, zasięgnięto z opracowań MRiRW – Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej (Duer i in., 2004). Zakładane współczynniki wraz ze zmiennymi, przy wykorzystaniu algorytmów, pozwolą określić bilans substancji organicznej w glebie.

Znając zapotrzebowanie poszczególnych roślin na składniki pokarmowe – N, P, K – oraz ilości zastosowanych nawozów organicznych i mineralnych w wybranych technologiach, za pomocą opisanego programu komputerowego wyliczono wartości, o jakie zmieni się ilość N, P, K oraz próchnicy w glebie dla poszczególnych upraw. Przykładowy zrzut z ekranu tego programu zaprezentowano na rysunku 1.

Parameter	Value	Unit
Próchnica	1,4	t/ha
Azot	-26,4	kg/ha
Fosfor	145,5	kg/ha
Potas	-167,5	kg/ha
NPK	-48,4	kg/ha
N-No3-gleba (wzór A)	-0,0439	mg N-No3 / l
N-No3-gleba (wzór B)	0,1665	mg N-No3 / l
N-No3-gleba (wzór C)	0,0901	mg N-No3 / l

Rysunek 1. Przykładowy ekran programu do wyliczeń bilansu NPK i próchnicy w glebie  
Figure 1. Exemplary screen of the programme for calculation of NPK an humus in soil balance

Dla wykonania obliczeń bilansu NPK i próchnicy w glebie, przy osiągniętych – dla poszczególnych upraw – plonach z uwzględnieniem niepewności wyniku, przyjęto, że plon kukurydzy waha się w przedziale  $\pm 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , buraków – zarówno pastewnych jak i cukrowych –  $\pm 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Założono, że plon traw może odbiegać od zadeklarowanej wielkości

## Wpływ wielkości nawożenia...

o  $\pm 2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Przy plonie lucerny założono, iż wielkość, jaką osiągnął plon tej uprawy, może być obciążona błędem  $\pm 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a żyta na zielonkę –  $\pm 2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W przypadku nawożenia organicznego ilość zastosowanych dawek może odbiegać od podanych wartości o  $\pm 1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Na wynik bilansu NPK w glebie miała również wpływ wysokość zastosowanych dawek nawozów mineralnych. Założono, że podane ilości użytych nawozów mogą wahać się od -10 do +10  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wyjątek stanowi ekolist PK, którego zużyta ilość może wahać się o  $\pm 2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Są to maksymalne odchylenia wynikające z dokładności pomiaru wysokości plonu i dokładności ilości zastosowanych dawek nawozów organicznych i mineralnych.

## Analiza wyników badań

Wyliczono bilans zawartości próchnicy, NPK dla dwóch technologii upraw kukurydzy na kiszonkę, uprawy buraków pastewnych, dwóch upraw buraków cukrowych, uprawy traw, lucerny oraz żyta na zielonkę. Wyniki obliczeń przedstawia tabela 2.

Tabela 2

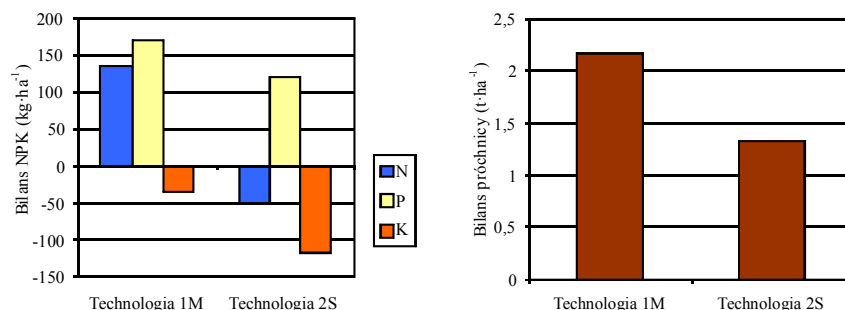
*Bilans NPK i próchnicy dla upraw kukurydzy na kiszonkę, buraków pastewnych i cukrowych, traw, lucerny, żyta na zielonkę*

Table 2

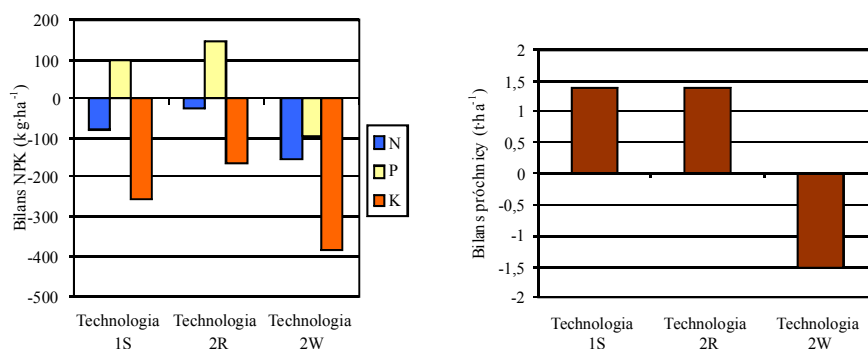
*NPK and humus in soil balance for maize crops on silage, fodder and sugar beets, grasses, lucerne, rye for green forage*

Rodzaj uprawy	Bilans				
	Próchnica ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Azot ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Fosfor ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Potas ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	NPK ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
Kukurydza na kiszonkę tech. 1M	2,18 $\pm 0,10$	134,90 $\pm 31,70$	170,48 $\pm 15,78$	-36,32 $\pm 31,98$	269,06 $\pm 79,46$
Kukurydza na kiszonkę tech. 2S	1,33 $\pm 0,07$	-50,50 $\pm 27,50$	122,00 $\pm 16,00$	-118,00 $\pm 32,00$	-46,50 $\pm 75,50$
Buraki pastewne tech. 1S	1,40 $\pm 0,07$	-80,00 $\pm 25,00$	95,00 $\pm 12,50$	-255,00 $\pm 37,50$	-240,00 $\pm 75,00$
Buraki cukrowe tech. 2R	1,40 $\pm 0,07$	-26,40 $\pm 29,60$	145,50 $\pm 15,40$	-167,50 $\pm 43,50$	-48,40 $\pm 88,50$
Buraki cukrowe tech. 2W	-1,54 $\pm 0,00$	-157,00 $\pm 24,00$	-93,00 $\pm 8,10$	-385,00 $\pm 35,50$	-635,00 $\pm 67,60$
Trawy tech. 1M	2,45 $\pm 0,07$	13,90 $\pm 17,90$	60,80 $\pm 7,80$	-65,20 $\pm 16,80$	9,50 $\pm 42,50$
Lucerna tech. 2S	1,96 $\pm 0,00$	-242,50 $\pm 34,50$	-22,00 $\pm 10,00$	-220,00 $\pm 32,00$	-484,50 $\pm 76,50$
Żyto na zielonkę tech. 3M	4,38 $\pm 0,10$	202,60 $\pm 22,20$	235,20 $\pm 11,40$	154,20 $\pm 20,40$	592,00 $\pm 54,00$

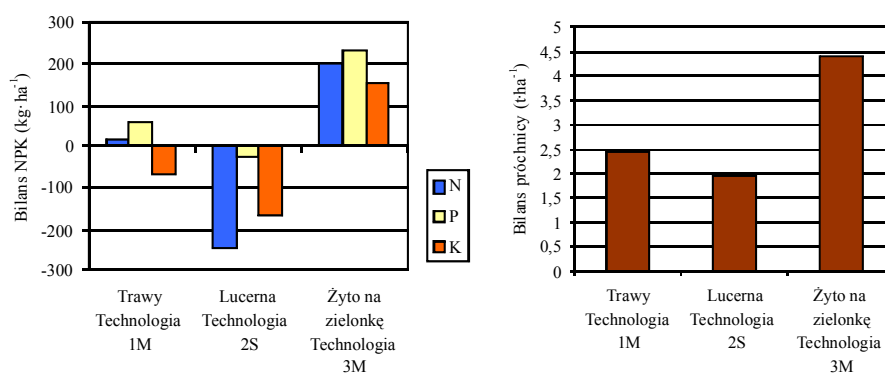
Graficznie wyniki bilansów dla azotu, fosforu i potasu oraz próchnicy, dla poszczególnych upraw przedstawiają wykresy (rys. 2–4).



Rysunek 2. Bilans NPK i próchnicy w uprawach kukurydzy na kiszonkę  
 Figure 2 NPK and humus balance in cultivation of maize for green forage



Rysunek 3. Bilans NPK i próchnicy w uprawach buraków pastewnych i cukrowych  
 Figure 3. NPK and humus balance in cultivation of fodder and sugar beets for green forage



Rysunek 4. Bilans NPK i próchnicy w uprawach traw, lucerny i żyta na zielonkę  
 Figure 4. NPK and humus balance in cultivation of grasses, lucerne and rye for green forage

## Wpływ wielkości nawożenia...

Otrzymane nadwyżki poszczególnych pierwiastków dla uprawy żyta na zielonkę (tech. 3M) spowodowane były dostarczeniem w nawozach ilości azotu odpowiadającej 320% zapotrzebowania na ten pierwiastek, fosforu aż 1 035%, a potasu 245%.

Ujemną wartość bilansu zarówno w przypadku azotu, fosforu i potasu otrzymano dla buraków cukrowych (tech. 2W). Zastosowane dawki nawozów zaspokoili potrzeby pokarmowe w przypadku azotu w 51%, fosforu w 27%, a potasu w 26%.

Tabela 3

*Pobranie składników na jednostkę plonu przez żyto na zielonkę i buraki cukrowe*

Table 3

*Collection of elements per a crop unit by rye for green forage and sugar beets*

Roślina	Dawka - kg na 100 kg plonu		
	Azot	Fosfor	Potas
Żyto na zielonkę	0,51	0,14	0,59
Burak cukrowy	0,40	0,16	0,65

*Źródło: Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, 2004*

Powszechnie przyjętą metodą pośrednią oceny presji rolnictwa składnikami biogenicznymi na środowisko jest ich zużycie w nawozach mineralnych i naturalnych oraz bilans i wykorzystanie tych składników w produkcji roślinnej. Jako metody bezpośrednie wykorzystuje się m.in. zmiany zawartości azotu mineralnego w profilu glebowym (Fotyma i in., 2010). Wynikiem bilansu jest różnica pomiędzy całkowitą ilością azotu wnoszonego i wynoszonego z powierzchni użytkowanej rolniczo, tj. gruntów ornych, plantacji trwałych oraz łąk i pastwisk, a zatem z systemu produkcji rolniczej (Kopiński, 2010). Dodatnie saldo bilansu wskazuje na kumulację w glebie (wzrost zasobności) lub ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem), tzn., że w dłuższej perspektywie może prowadzić do nieefektywnej ekonomicznie produkcji rolnej oraz zagrożeń środowiskowych związanych z przemieszczaniem się np. fosforu do wód gruntowych. Dlatego dłuższe jego utrzymywanie na wysokim poziomie nie jest wskazane. Związki azotu i fosforu zaliczane są do podstawowych składników biogenicznych istotnie oddziałujących na jakość wody. Ujemny bilans wskazuje natomiast na zbyt małe dawki nawozów w stosunku do potrzeb pokarmowych roślin, co z kolei może prowadzić do zmniejszenia zasobności gleby w przyswajalne formy np. fosforu i degradacji gleb (Gosek, 1997). Dlatego wymowa wyników bilansu nabiera znaczenia w zestawieniu ze stanem zasobności gleb i stanem jakości wód powierzchniowych i gruntowych (Igras, 2004; Igras i Lipiński, 2005; Igras i Lipiński, 2006).

Podstawowym czynnikiem określającym wartość i przydatność gleby do produkcji roślinnej jest jej zasobność w składniki odżywcze, mineralne. O zasobności gleby świadczy ilość zawartego w niej m.in. azotu, fosforu i potasu w formach przyswajalnych dla roślin, co w dużej mierze jest zależne między innymi od pH gleby (Tkaczyk i in., 2007; Mengel i Kirkby, 1982; Boratyński i in., 1988; Pęcek i Materna, 2012; Chemia Środowiska 2011/2012).

Znając zasobność gleby w te składniki oraz znając zapotrzebowania pokarmowe roślin, można określić potrzeby nawozowe gleby i zaspokajać je, zwiększając tym samym jej urodzajność (Tkaczyk i in., 2007).

Ważnym elementem wpływającym na żyzność gleby, a tym samym na wysokość i jakość osiągniętych plonów, jest zasobność w tworzona w wyniku procesów mikrobiologicznej transformacji materii organicznej próchnicę, która wpływa na strukturę gleby, zdolności wsiąkania i podsiąkania oraz magazynowania wody, odczyn gleby (pH) (Martyniuk i Książak, 2011). Materia organiczna gleb jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb decydującym o ich właściwościach fizykochemicznych, takich jak zdolności sorpcyjne i buforowe, oraz procesach biologicznych. Na zasobność gleby w próchnicę mają duży wpływ: sposób użytkowania, intensyfikacja rolnictwa, dobór roślin uprawnych oraz poziom nawożenia organicznego (Siebielec i in., 2012). Wysoka zawartość próchnicy w glebach jest czynnikiem stabilizującym ich strukturę, zmniejszającym podatność na zagęszczenie oraz degradację w wyniku erozji wodnej i wietrznej (Fenton i in., 1999). Obniżenie zawartości próchnicy może powodować zmniejszenie przyswajalności składników pokarmowych oraz przyczynić się do ich wypłukiwania. Może być również przyczyną utrudnień związanych z przeprowadzaniem zabiegów agrotechnicznych i wzrostu kosztów uprawy (Rogowska, 2010).

## Wnioski

1. Najwyższą wartość bilansu azotu ( $+202,60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) osiągnięto dla uprawy żyta na zielonkę (tech. 3M). Technologią, która najbardziej zubożyła glebę w ten pierwiastek ( $-242,50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) była uprawa lucerny (tech. 2S). Na wynik taki wpłynęło ograniczenie nawożenia do zastosowania jedynie nawozu naturalnego – gnojówki – w ilości niezaspakajającej zapotrzebowania pokarmowego na azot.
2. W przypadku fosforu najwyższy bilans ( $+235,20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) odnotowano również dla uprawy żyta na zielonkę (tech. 3M). Najniższą wartość ( $-93,00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) osiągnięto dla uprawy buraka cukrowego (tech. 2W), której technologia nie uwzględniła nawożenia naturalnego, a uprawa prowadzona była na glebach ciężkich.
3. Dla potasu jedyną technologią, która wzbogaciła glebę w ten pierwiastek ( $+154,20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), była technologia uprawy żyta na zielonkę (tech. 3M). Pozostałe technologie spowodowały otrzymanie ujemnego bilansu tego pierwiastka, z najniższą wartością ( $-385,00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) – tak samo jak w przypadku fosforu – dla uprawy buraków cukrowych (tech. 2W).
4. Analiza bilansu próchnicy wykazała, iż najkorzystniejszy wpływ na przyrost jej ilości ( $+4,38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) miała uprawa żyta na zielonkę (tech. 3M). Bilans ujemny ( $-1,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) odnotowano tylko dla jednej technologii. Była to – tak jak dla fosforu i potasu – technologia uprawy buraka cukrowego (tech. 2W).

Otrzymane na tym etapie badań wyniki pozwalają stwierdzić, iż w przypadku niektórych technologii, zwłaszcza uprawy buraków cukrowych (tech. 2W) i żyta na zielonkę (tech. 3M), w celu optymalnego zbilansowania NPK, wskazane by było bardziej precyzyjne określenie rodzaju i dawek zastosowanych nawozów w oparciu o zapotrzebowanie pokarmowe poszczególnych gatunków roślin i przeprowadzenie dalszych analiz z jednoczesnym uwzględnieniem warunków siedliskowych i wegetacyjnych.



## Literatura

- Boratyński, K.; Czuba, R.; Góralski, J. (1988). *Chemia Rolnicza*. Warszawa, PWRiL. ISBN 83-09-00258-0.
- Bzowska-Bakalarz, M.; Bieganowski, A. (2008). *Kodeks dobrych praktyk w produkcji buraków cukrowych*. Praca zbiorowa. Instytut Agrofizyki im. Bogdana Dobrzyńskiego PAN w Lublinie, Akademia Rolnicza w Lublinie, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy.
- Chemia Środowiska, Instrukcja Laboratoryjna 5 i 6, Usuwanie zanieczyszczeń z gleby: żelazo ogólne. Rozkładalna substancja organiczna: RSO, 2011/2012. Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska.
- Duer, I.; Fotyma, M.; Madej, A. (2004). *Kodeks dobrej praktyki rolniczej*. IUNG Puławy, ISBN 83-88010-58-1.
- Fenton, T.E.; Brown, J.R.; Maubach, M.J. (1999). Effects of long-term cropping on organic matter content of soil: Implication for soil quality. *Soil and Water Con.J.*, 95-124.
- Fotyma, M.; Igras, J.; Kopiński, J.; Podyma, W. (2010). Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 21, 53-75.
- Gosek, S. (1997). Wapnowanie i nawożenie mineralne a żyzność gleby i plony roślin. *Biul. Inf. IUNG*, 5, 6-7.
- Igras, J. (2004). *Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce*. Monogr. i Rozpr. Nauk.
- Igras, J.; Lipiński, W. (2005). *Zagrożenia dla środowiska przy różnym poziomie intensywności produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej*. Mat. Konf. Nauk., IUNG Puławy, 141-150.
- Igras, J.; Lipiński, W. (2006). Ocena wybranych elementów stanu żyzności gleb i jakości płytkich wód gruntowych na tle intensywności produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. *Pamiętnik Puławski*, 142, 147-162.
- Kopiński, J. (2010). Bilans azotu w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 21, 39-51.
- Księżak, J.; Bojarszczuk, J.; Staniak, M. (2012). Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Polish Journal of Agronomy*, 8, 20-28.
- Kuś, J.; Krasowicz, S.; Igras, J. (2009). Przewidywane kierunki zmian produkcji rolniczej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 17, 73-92.
- Latyński, T. (1982). Zadania chemii rolnej w zakresie ochrony środowiska. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 169, Sesja nauk., 10, 5-17.
- Martynik, S.; Księżak, J. (2011). Ocena pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. *Polish Journal of Agronomy*, 6, 27-33.
- Mazur, Z.; Mazur, T. (2006). Skutki azotowej eutrofizacji gleb. *Acta Agrophysica*, 8(3), 699-705.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. (1982). *Principles of Plant Nutrition*. 3<sup>rd</sup> Ed. International Potash Institute: Bern, Switzerland, 491-498.
- Pęcek, J.; Materna, G. (2012). *Ocena agrochemiczna gleb na podstawie badań OSChR w Rzeszowie w 2011 r.* Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Rzeszowie.
- Radzimierski, M. (2012). *Zasobność gleb*. [www.kpodr.pl/index.php/produkcja-rolinna/42-inne/1377-zasobno-gleby](http://www.kpodr.pl/index.php/produkcja-rolinna/42-inne/1377-zasobno-gleby), KPODR Minikowo, Oddział w Przysiek.
- Rogowska, A. (2010). Stan polskich gleb. *Agrotechnika*, 11, 25-27.
- Siebielec, G.; Smreczak, B.; Klimkowicz-Pawlas, A.; Maliszewska-Kordybach, B.; Terelak, H.; Koza, P.; Hryńczuk, B.; Łysiał, M.; Miturski, T.; Gałązka, R.; Suszek, B. (2012). *Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012*. IUNG Puławy.

- Tkaczyk, P.; Kosacka, H.; Niezgoda, I.; Suska-Jakubczak, E. (2007). *Określenie uwarunkowań glebowych gminy Sosnowica w kontekście innowacyjnego planu rozwoju gminy*. Okręgowa Stacja Chemiczno Rolnicza Lublin.
- Uprawa Buraka Cukrowego. Poradnik Plantatora* (2011). Nordzucker Polska S.A..
- Wilczewski, E. (2007). Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. II. Skład chemiczny i akumulacja makroskładników. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 6(1), 35-44.

## IMPACT OF THE AMOUNT OF FERTILIZATION ON NPK AND HUMUS IN SOIL BALANCE IN THE SELECTED PLANT PRODUCTION TECHNOLOGIES

**Abstract.** The paper presents results of analysis of the size of mineral and natural fertilization in various cultivation technologies on NPK and humus in soil balance. The research was carried out for cultivation of plant species, which may be possibly used for production of bio-energy. Data was collected from operation sheet of the selected surveyed agricultural farms. 8 technologies of cultivation, varied on account of total number of nitrogen, phosphorus and potassium doses in the applied mineral and natural fertilizers were investigated. With the use of the computer programme, developed within the scope and for the research need, NPK and soil humus balance were developed in relation to plants species and its nutrition demand, soil type and the amount of the obtained crop, was calculated. From among the analysed cultivation technologies, the biggest losses in the amount of the researched elements (NPK) were reported for sugar beet cultivation (tech. 2W). They were respectively: nitrogen  $157.00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , phosphorus  $93.00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , potassium  $385.00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Cultivation carried out in this technology depleted soil in humus by  $1.54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . High, positive values of the balance were obtained for cultivation of rye for green forage (tech. 3M). Content of nitrogen in soil decreased by  $202.60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , phosphorus by  $235.20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , potassium by  $154.20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Calculations proved – also in case of this technology, - increase in the amount of humus at the highest level by  $4.38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Based on results, one may state that in case of these technologies, doses and type of the applied fertilizers should be verified.

**Key words:** NPK balance, nitrogen, phosphorus, potassium, humus, cultivation technologies

**Adres do korespondencji:**

Anita Konieczna; e-mail: [anita.konieczna@ibmer.waw.pl](mailto:anita.konieczna@ibmer.waw.pl)  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Oddział w Warszawie  
ul. Rakowiecka 32  
02-532 Warszawa