

## Wieloskładnikowe nawozy mineralne a zasobność gleby po uprawie buraka cukrowego

Dariusz Dojss<sup>1</sup>, Stanisław Pużyński, Sławomir Stankowski<sup>2</sup>, Marzena Gibczyńska<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A., ul. Kuźnicka 1, 72-010 Police

<sup>2</sup> Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

<sup>3</sup> Zakład Chemii, Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

\* Autor do korespondencji: [marzena.gibczynska@zut.edu.pl](mailto:marzena.gibczynska@zut.edu.pl)

### STRESZCZENIE

Celem realizowanych badań była analiza zmiany zawartości makroskładników w glebie po uprawie buraka cukrowego i wprowadzonych mineralnych nawozów wieloskładnikowych producentów polskich i zagranicznych. Analizowano również zróżnicowanie dawek zastosowanych nawozów produkcji białoruskiej, rosyjskiej i polskiej. Doświadczenie zrealizowano w latach 2014–2017 w miejscowości Lipnik. Rośliną doświadczalną był burak cukrowy odmiany NATURA KWS. W badaniach porównywano dwa czynniki: I. czynnik – 3 nawozy mineralne wieloskładnikowe, produkcji białoruskiej (A), rosyjskiej (B) i polskiej, czyli Polifoska 9 (C). II. czynnik – 3 dawki nawożenia (minimalna, optymalna, maksymalna, które wynosiły odpowiednio, 2,0 4,0 i 6,0 dt na hektar). Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi produkcji: białoruskiej, rosyjskiej i polskiej nie spowodowało zmiany odczynu gleby z doświadczenia. W zrealizowanym doświadczeniu nie stwierdzono zróżnicowanego działania nawozów wieloskładnikowych produkcji: białoruskiej, rosyjskiej i polskiej odnośnie zmian zawartości w glebie przyswajalnego fosforu i potasu oraz wymiennego magnezu. Zastosowanie zróżnicowanych dawek nawozów wieloskładnikowych spowodowało istotny wzrost zawartości w glebie: przyswajalnego fosforu i potasu.

**Słowa kluczowe:** gleba, fosfor przyswajalny potas przyswajalny, magnez wymienny, nawozy wieloskładnikowe.

## Multicomponent mineral fertilizers vs. soil abundance after sugar beet cultivation

### ABSTRACT

The aim of the research was to analyze the impact on changes in the content of macronutrients in the soil after the cultivation of sugar beet, resulting from the application of mineral multicomponent fertilizers manufactured by Polish and foreign producers. The effect related to fertilizers of Belarusian, Russian and Polish production applied in different doses was also analyzed. The experiment was carried out in 2014–2017 in Lipnik. The experimental plant was sugar beet of NATURA KWS cv. The studies compared two factors: 1st factor – 3 multicomponent mineral fertilizers: Belarusian (A), Russian (B) and Polish, i.e. Polifoska (C); 2nd factor – 3 doses of fertilization (minimum, optimum, maximum, amounting to 2.0 4.0 and 6.0 dt per hectare, respectively). Fertilization with multicomponent fertilizers produced by Belarusian, Russian and Polish manufacturers did not change the pH of soil from experiment. In the experiment carried out, there was no diversified effect of multicomponent fertilizers of Belarusian, Russian and Polish origin regarding changes in the content of available phosphorus and available potassium in the soil, as well as exchangeable magnesium. The use of different doses of multicomponent fertilizers resulted in a significant increase in the content of available phosphorus and potassium in the soil.

**Keywords:** *soil*, available phosphorus, available potassium, exchangeable magnesium, multicomponent mineral fertilizers.

## WSTĘP

Ze względu na większą efektywność ekonomiczną, prognozuje się, że w najbliższych latach ilość składników NPK stosowana w formie nawozów wieloskładnikowych będzie sukcesywnie rosła [https://www.ppr.pl]. Nawozy wieloskładnikowe poza głównymi składnikami pokarmowymi mogą być wzbogacone drugorzędowymi składnikami pokarmowymi, czyli siarką, magnezem, wapniem lub sodem i mikroelementami. Jednorodność i wysoka jakość granul pozwala glebie lepiej zatrzymywać składniki pokarmowe, co znacznie zmniejsza straty składników pokarmowych w drodze wymywania. Na rynku znajduje się szeroka gama nawozów wieloskładnikowych, często o podobnym składzie chemicznym, a różniących się jakością i przyswajalnością składników pokarmowych oraz ceną i nazwą handlową i oczywiście producentem. Procesy zachodzące w glebie pod wpływem stosowanych nawozów wieloskładnikowych stanowią tematykę szeregu badań naukowych [Stępień i Mercik 2001, Barłóg i in. 2010, Wadas i Łęczycka 2010, Skwierawska i in. 2012, Łuczowska i in. 2015, Mazur i Mazur 2015, Sing i Ryan 2015].

W ciągu ostatnich pięciu lat import nawozów do Polski wzrósł o 55%, do 3,1 milionów ton w 2016 r. Liderem jest Rosja na dalszych miejscach znalazły się Białoruś, Niemcy i Litwa [http://www.sadyogrody.pl]. Przy wyborze nawozu wieloskładnikowego, poza składem chemicznym i wzajemnymi proporcjami między składnikami, należy uwzględnić czynniki agrotechniczne. Stosując nawozy wieloskładnikowe, należy zatem z całego asortymentu dostępnych produktów wybrać nawóz najlepiej dostosowany do potrzeb pokarmowych roślin i do występujących warunków glebowych. Duże znaczenie ma również efektywność ekonomiczna nawożenia.

Celem badań była analiza zmiany zawartości makroskładników w glebie po uprawie buraka cukrowego i wprowadzonych mineralnych nawozów wieloskładnikowych producentów polskich i zagranicznych. Analizowano również zróżnicowanie dawek zastosowanych nawozów produkcji białoruskiej, rosyjskiej i polskiej.

## METODYKA I ZAKRES BADAŃ

### Charakterystyka doświadczenia

Doświadczenie zrealizowano w latach 2014-2017 w miejscowości Lipnik (53°41'N, 14°97'S),

w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym należącym do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Gleba należy do klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego dobrego, o następujących parametrach:  $pH_{KCl} 5,0$ ;  $P_{przysw} = 50,5$ ;  $K_{przysw} = 110,9$ ;  $Mg_{wym} = 74,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Rośliną doświadczalną był burak cukrowy odmiany NATURA KWS, typ normalno-cukrowy. Powierzchnia poletka wynosiła 15 m<sup>2</sup>. Doświadczenie założono metodą losowych bloków w 4 powtórzeniach.

W badaniach porównywano dwa czynniki:

- 1) trzy nawozy mineralne wieloskładnikowe, produkcji białoruskiej (A), rosyjskiej (B) i polskiej Polifoska 8 (C). Zastosowane nawozy charakteryzowały się następującym składem NPK(S): białoruski 8-24-24, rosyjski 9-25-25-4) i polski 8-24-24-9);
- 2) trzy dawki nawożenia (minimalna, optymalna, maksymalna, które wynosiły odpowiednio, 2,0 4,0 i 6,0 dt na hektar). Poziomy nawożenia obliczono w oparciu o zasobność gleby odnośnie fosforu. Dawka minimalna była o 50% mniejsza od dawki optymalnej, wynoszącej 1,0 dt P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na hektar, zaś dawka maksymalna o 50% większa.

Polifoska 8 jest to nawóz kompleksowy granulowany NPK(S) 8-24-24-9). Jest to nawóz o równomiernych jasnoszarych do ciemnoszarych granulach lub jasno różowych, klasa ziarnowa 2–5 mm, co najmniej 92%. Polifoska 8 zawiera 8% azotu (N) w formie amonowej, 24% fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) rozpuszczalnego w obojętnym cytrynianie amonu i wodzie, czyli przyswajalnego w formie fosforanu jedno i dwuamonowego, w tym 21% rozpuszczalnego w wodzie. Nawóz zawiera 24% potasu (K<sub>2</sub>O) rozpuszczalnego w wodzie, w formie chlorku potasu i 9% trójtlenku siarki (SO<sub>3</sub>) rozpuszczalnej w wodzie, w formie siarczanu. Skład chemiczny Polifoski 8 powoduje dobre ukorzenie roślin i prawidłowy ich rozwój. Producentem nawozu są Zakłady Chemiczne POLICE S.A. (https://nawozy.eu).

W kolejnych latach (2015, 2016 i 2017) realizacji doświadczenia podczas uprawy buraka cukrowego wykonano następujące zabiegi agrotechniczne. Jesienią w każdym roku po zbiorze rośliny przedplonowej (owies), wykonano trzykrotnie uprawę ścierniska kultywatorem ścierniskowym. W połowie listopada wykonano orkę zimową „w ostrą skibę” pługiem obrotowym, a wczesną wiosną bronowanie. Tydzień przed sie-

wem, po ręcznym wykonaniu nawożenia, glebę doprawiono, na głębokość około 10 cm kultywatorem z wałem strunowym. Siew wykonano siewnikiem do siewu punktowego Maschio-Gaspardo zachowując rozstaw rzędów 45 cm oraz odległości w rzędzie 17 cm. Oprysk herbicydowy wykonano po wschodach buraka cukrowego (Saherb 180 SC w dawce  $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz Fusilade Forte 150 EC  $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Zastosowano dwukrotnie, oprysk insektydowy (Sherpa 100 EC  $0,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Zbiór buraków przeprowadzono pod koniec października.

### Metodyka analiz chemicznych

Odczyn gleby określono potencjometrycznie zgodnie z normą (ISO 10390/1997). Formy przyswajalne fosforu i potasu w glebie oznaczono stosując metodę Egnera-Riehma (Egner i in. 1960). W celu określenia wymiennych form zawartości wymiennego magnezu w glebie zastosowano zbuforowany roztwór chlorku baru ( $\text{pH}=8,1$ ) (ISO 13536:2002P). W uzyskanym ekstrakcie zawartość magnezu oznaczano stosując Atomic Absorption Spectrometer Apparatus (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series).

### Analiza statystyczna

Wyniki opracowano statystycznie przy pomocy analizy wariancji w układzie 2 czynnikowym bloków losowych. Półprzedziały ufności wyliczono stosując wielokrotny test Tukey'a, przyjmując poziom istotności  $p=0,05$ . Dodatkowo dla wybranych cech gleby wyliczono analizę wariancji z regresją dla efektu głównego czynnika ilościowego – dawki nawozu. Istotność równań regresji określano przy zastosowaniu testu F – Fishera-Snedekora. Linie regresji przedstawiono na wykresach. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10.0.

### Warunki klimatyczne

Średnia roczna anomalia temperatury w roku 2015 wyliczona w stosunku do wielolecia 1961-1990 osiągnęła  $+2^\circ\text{C}$ . Styczeń 2015 odznaczał się wysokimi anomaliami dodatnimi. Luty i marzec były już nieco chłodniejsze. Od kwietnia do czerwca temperatury wahały się raczej w pobliżu normy termicznej. Od lipca zaczęły się w Polsce pojawiać fale upałów,

które ostatecznie zakończyły się dopiero z początkiem września. Październik był wręcz miesiącem chłodnym, a utrzymująca się w listopadzie 2015 dość wysoka temperatura powietrza z jednej strony stwarzała korzystne warunki dla wzrostu i rozwoju ozimin. Grudzień 2015 okazał się najcieplejszym grudniem w historii pomiarów instrumentalnych.

Rok 2015 był wyjątkowo suchy. Skrajne wartości temperatury w okresie letnim, połączone z wysokim usłonecznieniem spowodowały, że znacznie wzrosły sumy parowania.

Przebieg pogody w lutym 2016 r. stwarzał nieznaczne zagrożenie dla roślin, a utrzymująca się w styczniu, dość wysoka, temperatura powietrza i gleby, powodowała zakłócenia w zimowym spoczynku roślin. Pogoda w marcu sprzyjała obsychaniu pól i ogrzewaniu gleby, a także wegetacji. Występujące w kwietniu chłodne dni z niedoborem opadów hamowały tempo wzrostu i rozwoju roślin. Niedobór opadów spowodował, że potrzeby wodne upraw nie były w pełni zaspokojone. Ciepła i słoneczna pogoda na początku maja sprzyjała wzrostowi i rozwojowi roślin. W wyniku wiosennego niedoboru opadów stan wielu upraw, uległ pogorszeniu. Notowane w czerwcu opady deszczu, poprawiły stan uwilgotnienia gleby

Średnia temperatura powietrza w 2017 r. wyniosła  $8,9^\circ\text{C}$  i była nieznacznie wyższa o  $0,2^\circ\text{C}$  od średniej za wielolecie wynoszącej  $8,7^\circ\text{C}$ . Najcieplejszym miesiącem okazał się sierpień, zaś najzimniejszym styczeń. W roku 2017 w kwietniu zimne dni z opadami deszczu znacznie spowolniły tempo wzrostu i rozwoju roślin. W drugiej połowie czerwca obfite opady deszczu spowodowały nadmierne uwilgotnienie gleby. Wrzesień był niespotykane ulewny miesiącem. Ogromna ilość wody spowodowała mocne uwilgotnienie gleby, co utrudniało zbiór roślin korzeniowych (<http://old.imgw.pl/>).

## WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

### Odczyn gleby

Gleba z obiektu kontrolnego charakteryzowała się  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=5,9$  i  $\text{pH}_{\text{KCl}}=5,1$  i według obowiązujących norm (ISO 10390/1997) była to gleba kwaśna. Zastosowane nawozy wieloskładnikowe nie spowodowały zmian odczynu gleby z doświadczenia (tab. 1).

**Tabela 1.** Porównanie działania nawozów na pH i zawartość fosforu i potasu przyswajalnego oraz magnezu wymiennego w glebie, średnie z 3 lat

**Table 1.** Comparison of the effect of fertilizers on the pH and the content of phosphorus and potassium available and magnesium exchangeable in soil, average from 3 years

Parametr	Kontrola	Nawozy			LSD <sub>0,05</sub>
		A	B	C	
pH w H <sub>2</sub> O	5,8	5,8	5,8	5,7	r.n.
pH w KCl	5,0	4,9	4,9	4,9	r.n.
[mg · kg <sup>-1</sup> ]					
Fosfor przyswajalny / P <sub>przysw</sub>	45,4	59,3	62,0	63,9	r.n.
Potas przyswajalny / K <sub>przysw</sub>	95,5	143,4	141,0	136,5	r.n.
Magnez wymienny / Mg <sub>wym</sub>	69,5	71,0	69,5	70,8	r.n.
Suma	210,4	273,7	272,5	271,2	-

r.n. – różnica nieistotna.

### Przyswajalny fosfor i potas

Ilość fosforu przyswajalnego w glebie z obiektu kontrolnego po zakończeniu doświadczenia wynosiła 45,4 mg P · kg<sup>-1</sup> i była to gleba o średniej zasobności (tab. 1). Ogólnie działanie testowanych nawozów wieloskładnikowych wpłynęło istotnie na zmianę zawartość fosforu przyswajalnego w glebie ale jej zasobność pozostała na poziomie średnim (PN-R-04023:1996). Nie odnotowano zróżnicowania wpływu w zależności od zastosowania jednego z trzech nawozów. Charakteryzują się one zbliżoną zawartością P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na poziomie 24%.

Zróżnicowanie dawki nawozów wieloskładnikowych znalazło odzwierciedlenie w istotnym wzroście ilości fosforu dostępnego dla roślin do poziomu 65,8 mg P · kg<sup>-1</sup> gleby.

Stosując dawkę optymalną uzyskano wzrost ilości fosforu przyswajalnego w glebie o 37,4%,

a przy dawce maksymalnej o 44,9% w porównaniu do zasobności gleby nienawożonej, (tab. 2 i rys. 1). Przedstawione wyniki wskazują, że zwiększenie dawki nawozu o 50% nie spowodowało proporcjonalnego wzrostu zawartości fosforu przyswajalnego w glebie. Tujaka i Gosek (2009) przedstawiają podobną zależność, że zwiększanie dawki fosforu znacznie obniża procentowe wykorzystanie tego składnika przez rośliny.

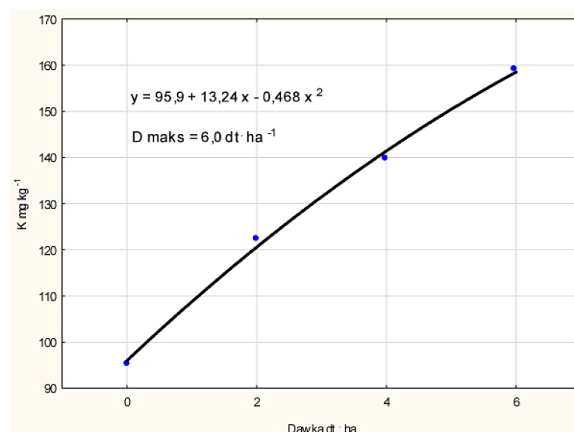
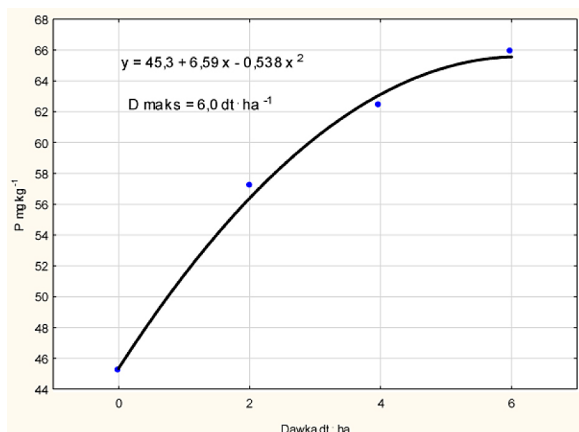
Gleba z obiektu kontrolnego zawierała 95,5 mg K · kg<sup>-1</sup> w formie przyswajalnej i należy ją ocenić jako glebę o niskiej zasobności, dodanie do gleby nawozów wieloskładnikowych pozwoliło na uzyskanie gleby o średniej zasobności (PN-R-04022: 1996+Az1:2002) Zastosowane trzy nawozy zawierały w swoim składzie ilość potasu, na poziomie 25% K<sub>2</sub>O, co było czynnikiem powodującym brak zróżnicowania ich działania odnośnie zmian ilości potasu przyswajalnego w glebie (tab. 1).

**Tabela 2.** Porównanie dawek nawozów na pH i zawartość fosforu i potasu przyswajalnego oraz magnezu wymiennego w glebie, średnie z 3 lat

**Table 2.** Comparison of doses of fertilizers to pH and content of phosphorus and potassium available and magnesium exchangeable in soil, average from 3 years

Parametr	Dawki [dt ha <sup>-1</sup> ]				LSD <sub>0,05</sub>
	0	2,0	4,0	6,0	
pH w H <sub>2</sub> O	5,8	5,8	5,7	5,7	r.n.
pH w KCl	5,0	4,9	4,9	4,9	r.n.
[mg · kg <sup>-1</sup> ]					
Fosfor przyswajalny / P <sub>przysw</sub>	45,4	57,1	62,4	65,8	7,31
Potas przyswajalny / K <sub>przysw</sub>	95,5	122,0	139,9	158,9	14,61
Magnez wymienny / Mg <sub>wym</sub>	69,5	70,1	68,6	72,5	r.n.
Suma	210,4	249,2	270,9	297,2	-

r.n. – różnica nieistotna.



**Rys. 1.** Równanie regresji między dawką nawozu a zawartością przyswajalnego fosforu i potasu w glebie  
**Fig. 1.** Regression equation between dose of fertilizer and available phosphorus and potassium content in the soil

W przeciwieństwie do fosforu, potas jest niemal całkowicie związany z mineralną częścią gleby, co jest czynnikiem powodującym, że jego przyswajalność dla roślin podlega innym regułom. Wielkość dawki nawozu miała istotny wpływ na ilość potasu przyswajalnego w glebie. Efekt działania dawki był proporcjonalny do wielkości dawki. Stosując nawożenie w ilości 6,0 dt ha<sup>-1</sup> uzyskano glebę o zawartość potasu przyswajalnego wynoszącej 158,9 mg K · kg<sup>-1</sup> (tab. 2 i rys. 1). Uzyskane wyniki znajdują udokumentowanie i potwierdzenie w najnowszej literaturze dotyczącej wpływu nawożenia na zmiany zawartości potasu w glebie (Kulczycki 2012, Khan i in. 2014, Montes i in. 2016, Spychalski i in. 2016).

### Wymienny magnez

Gleba ze wszystkich obiektów doświadczenia charakteryzowała się średnią zasobnością odnośnie magnezu wymiennego wynoszącą średnio 70 mg Mg · kg<sup>-1</sup> (ISO 13536:2002P). Zastosowane nawozy wieloskładnikowe nie zawierały, w swoim składzie magnezu i w wyniku wprowadzenia ich do gleby nie uzyskano zmiany ilości magnezu wymiennego w glebie. Zwiększenie dawek badanych nawozów wieloskładnikowych również nie spowodowało zmian zasobności magnezu wymiennego w glebie z doświadczenia (tab. 2).

Jednolite działanie zastosowanych nawozów wieloskładnikowych, jest bardziej widoczne, jeżeli porównamy sumę zawartości w glebie analizowanych makroskładników. Są to wartości w zakresie od 271,2 do 273,7 mg · kg<sup>-1</sup>, różnica wynosi tylko 0,9%.

### WNIOSKI

1. Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi produkcji: białoruskiej, rosyjskiej i polskiej nie spowodowało zmiany odczynu gleby z doświadczenia.
2. W zrealizowanym doświadczeniu nie stwierdzono zróżnicowanego działania nawozów wieloskładnikowych produkcji: białoruskiej, rosyjskiej i polskiej odnośnie zmian zawartości w glebie przyswajalnego fosforu i potasu oraz wymiennego magnezu.
3. Zastosowanie zróżnicowanych dawek nawozów wieloskładnikowych spowodowało istotny wzrost zawartości w glebie: przyswajalnego fosforu i potasu.

### BIBLIOGRAFIA

1. Barłóg P., Grzebisz W., Feć M., Łukowiak R., Szczepaniak W. 2010. Row method of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) fertilization with multicomponent fertilizer based on urea-ammonium nitrate solution as a way to increase nitrogen efficiency. Journal of Central European Agriculture, 11(2), 225–234.
2. Egner H, Riehm H, Domingo W. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kalium Bestimmung. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler. 26:199–215.
3. ISO 10390/1997P Jakość gleby - Oznaczenie pH.
4. ISO 13536:2002P Jakość gleby - Oznaczenie potencjalnej pojemności wymiennej kationowej i kationów wymiennych z zastosowaniem zbufo-

- rowanego roztworu chlorku baru o pH = 8,1.
5. Khan S.A., Mulvaneyand R.L., Ellsworth T.R. 2014. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 29(1), 3–27. doi:10.1017/S1742170513000318
  6. Kulczycki G. 2012. Wpływ precyzyjnego nawożenia fosforem i potasem na zmiany zawartości rozpuszczalnych form tych pierwiastków w glebie. *Fragmenta Agronomica*, 29(1), 70–82.
  7. Łuczowska D., Cichy B., Nowak M., Paszek A. 2015. Płynne nawozy azotowo-siarkowe odpowiedzią na niedobory siarki w glebie. *Chemik*, 69(9), 557–563.
  8. Mazur Z., Mazur T. 2015. Influence of Long-Term Fertilization on Phosphorus, Potassium, Magnesium, and Sulfur Content in Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. 24(1), 185–190. doi: 10.15244/pjoes/29203
  9. Montes R.M., Parent L.É., Angelucci de Amorim D., Rozane D.E., Parent S.É., Natale W. Modesto V.C. 2016. Nitrogen and Potassium Fertilization in a Guava Orchard Evaluated for Five Cycles: Soil Cationic Balance. *Division 3 – Soil Use and Management. Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40, 1–11. doi.org/10.1590/18069657rbc20140533
  10. PN-R-04023:1996 - Analiza chemiczno-rolnicza gleby -- Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
  11. PN-R-04022:1996/Az1:2002 - Analiza chemiczno-rolnicza gleby -- Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
  12. Singh B., Ryan J. 2015. Managing Fertilizers to Enhance Soil Health. First ed., IFA, Paris, France, Copyright IFA. 1–24.
  13. Skwierawska M., Zawartka L., Skwierawski A., Nogalska A. 2012. The effect of different sulfur doses and forms on changes of soil heavy metals. *Plant Soil and Environment*, 58(3), 135–140.
  14. Szychalski W., Głowacki A., Woszczyk M. 2016. Potassium contents in post-mining soils after 35-year-long field experiment: the effect of physical-chemical composition of soils. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 61(4), 160–163.
  15. Stępień W., Mercik S. 2001. Działanie na rośliny i glebę nawozów wieloskładnikowych i pojedynczych w zmianowaniu pięciopolowym. *Folia Universitatis Agriculturae Steinensis Agricultura*. 89, 165–168.
  16. Tujaka A., Gosek S. 2009. Wykorzystanie fosforu w zależności od wielkości dawki i formy nawozu fosforowego. *Fragmenta Agronomica*, 26(2), 158–164.
  17. Wadas W., Łęczycka T. 2010. Efektywność stosowania wieloskładnikowych nawozów kompleksowych w uprawie bardzo wczesnych odmian ziemniaka. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 257/258, 167–175.
  18. <https://nawozy.eu/nawozy/wieloskladnikowe/poli-foska-8.html>
  19. <http://old.imgw.pl/klimat/>
  20. [http://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/rosnie\\_import\\_nawozow\\_z\\_rosji,12045.html](http://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/rosnie_import_nawozow_z_rosji,12045.html)
  21. <https://www.ppr.pl/wiadomosci/aktualnosci/rosnie-zainteresowanie-nawozami-kompleksowymi-162938>