

## 9. Streszczenie

### Wpływ podpowierzchniowego wnoszenia nawozu mineralnego na plon i jakość plonu soi, pszenicy ozimej i kukurydzy oraz wybrane właściwości gleby w warunkach uprawy bezplużnej

Badania przeprowadzono w latach 2015-2017, w oparciu o eksperyment polowy założony jesienią 2014 roku w miejscowości Rogów, powiat zamojski. Celem doświadczenia była ocena wpływu podpowierzchniowego wprowadzania zróżnicowanych dawek wieloskładnikowego nawozu mineralnego Polifoska®6 na wybrane właściwości fizyko-chemiczne i biologiczne gleby, a także plon i jakość plonu nasion soi oraz ziarna pszenicy ozimej i kukurydzy wysiewanych w zmianowaniu w warunkach uprawy bezorkowej. Nawóz mineralny w dawce 200 i 400 kg·ha<sup>-1</sup> wnoszono pod powierzchnię gleby równomiernie w zakresie 10-30 cm głębokości pracy elementu wysiewająco-spulchniającego. Obiekt kontrolny stanowiły poletka z powierzchniową aplikacją nawozu. W trakcie wegetacji oceniono wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) i wykonano pomiar stopnia zieloności liścia (SPAD). Po zbiorze oceniono plon i elementy struktury plonu badanych gatunków roślin uprawnych. Wykonano również analizy chemiczne nasion i ziarna celem określenia jakości zebranego plonu. W pobieranych corocznie próbach glebowych oznaczano zawartość C<sub>org</sub> w warstwie 0-30 cm, natomiast w glebie pobieranej do głębokości 90 cm (z podziałem na 3 warstwy co 30 cm) określono pH oraz zawartość fosforu, potasu i magnezu. Dodatkowo oceniono aktywność enzymatyczną gleby (zawartość dehydrogenazy, ureazy, fosfatazy), liczebność grzybów saprotroficzných w glebie ryzosferowej i pozakorzeniowej oraz określono liczbę i biomasę dżdżownic. Wykonano również analizę ekonomiczną w oparciu o nadwyżkę bezpośrednią i dochód.

Wgłębna aplikacja nawozu mineralnego korzystnie wpłynęła na poziom plonowania soi oraz przyczyniła się do zwiększenia zawartości Met i Trp, a także P, K i Mg w nasionach. W porównaniu z powierzchniowym wysiewem nawozu stwierdzono jednak zmniejszenie zawartości Glu i Ala w nasionach. Soja nawożona wyższą dawką nawozu Polifoska®6 odznaczała się większą zawartością białka ogólnego i P w nasionach. Z kolei więcej włókna, aminokwasów (z wyjątkiem Cys, Met i Trp), a także N, K i Mg zawierały nasiona soi w wariancie z niższą dawką nawożenia mineralnego.

Plon ziarna pszenicy ozimej był istotnie zróżnicowany tylko w latach badań. Zastosowanie podpowierzchniowej aplikacji nawożenia mineralnego oraz wyższej jego dawki skutkowało zwiększeniem w ziarnie zawartości białka ogólnego, glutenu oraz wskaźnika sedymentacji. W obiektach z wgłębnym wniesieniem nawozu Polifoska®6 odnotowano wzrost zawartości P i K w ziarnie w porównaniu z wariantem, w którym pszenicę ozimą nawożono powierzchniowo. Wyższa dawka nawozu mineralnego spowodowała ponadto wzrost zawartości N, P, K i Mg w ziarnie w porównaniu z dawką niższą o połowę.

Wyższe plony ziarna wydała kukurydza nawożona podpowierzchniowo w porównaniu z nawozem mineralnym wysiewanym na powierzchnię. Wgłębna aplikacja nawozu skutkowała ponadto wzrostem indeksów LAI i SPAD w łanie kukurydzy, zmniejszyła się natomiast zawartość K w ziarnie. W łanie kukurydzy w fazie BBCH 61-67 wskaźniki LAI i SPAD były istotnie większe w obiektach zwiększonego poziomu nawożenia mineralnego. Pod wpływem wyższej dawki NPKS stwierdzono ponadto wzrost zawartości P i K w ziarnie.

Zawartość C<sub>org</sub> w powierzchniowej 0-30 cm warstwie gleby wyraźnie zwiększała się w kolejnych latach prowadzenia uprawy bezplużnej. Najniższe pH określono w 0-30 cm

warstwie gleby. W tym poziomie stwierdzono również większą zawartość P i K niż w warstwach gleby o głębokości 30-60 cm i 60-90 cm.

W glebie spod pszenicy ozimej i soi większą aktywność enzymatyczną dehydrogenaz (ADh) stwierdzono w obiektach z wgłębnym stosowaniem nawozu wieloskładnikowego, natomiast w glebie po zbiorze kukurydzy w wariacie z powierzchniowym wysiewem nawozu. Aktywność enzymatyczna ureaz (AU) w glebie pod wszystkimi roślinami w zmianowaniu, a fosfatazy zasadowej (ALP) w stanowisku po pszenicy ozimej i kukurydzy była istotnie większa w obiektach powierzchniowego wysiewu nawozu wieloskładnikowego. Z kolei większą aktywność enzymatyczną fosfatazy kwaśnej (AcP) stwierdzono w glebie nawożonej podpowierzchniowo. Wyższa dawka NPKS przyczyniła się do zwiększenia aktywności ADh, ALP oraz AU w glebie. W stanowisku po pszenicy ozimej i soi podobną zależność określono w odniesieniu do aktywności AcP. Z kolei w glebie spod kukurydzy aktywność fosfatazy kwaśnej była większa w kombinacji z mniejszą dawką nawożenia mineralnego.

W obiektach z wgłębnym sposobem aplikacji nawozu Polifoska®6 stwierdzono ogólną tendencję występowania większej liczby dżdżownic w porównaniu z nawożeniem powierzchniowym. Odnotowano również nieznaczny wzrost biomasy tych organizmów, jednak tylko w stanowisku po soi i pszenicy ozimej. Występowaniu większej masy dżdżownic sprzyjało ponadto zastosowanie wyższej dawki nawozu mineralnego.

Wykazano, że w ryzosferze soi liczebność grzybów saprotroficzných była ogólnie mniejsza w porównaniu z liczebnością grzybów zasiedlających glebę ryzosferyczną pszenicy ozimej i kukurydzy.

Wskaźniki ekonomiczne wykorzystane do oceny opłacalności porównywanych technologii uprawy wskazują, że najbardziej dochodowe w uprawie soi było podpowierzchniowe wniesienie 200 kg, a w uprawie kukurydzy 400 kg nawozu mineralnego Polifoska®6. W uprawie pszenicy ozimej bardziej dochodowa była technologia uprawy uwzględniająca powierzchniowy wysiew nawozu mineralnego.

Słowa kluczowe: uprawa roli, podpowierzchniowe nawożenie mineralne, właściwości chemiczne gleby, jakość nasion i ziarna, aktywność biologiczna gleby

## Summary

### **The effect of subsurface mineral fertilizer application on the yield and yield quality of soybean, winter wheat and corn as well as on some soil properties under no-tillage conditions**

The present study was conducted during the period 2015-2017 based on a field experiment established in 2014 in the village of Rogów, Zamość County, Poland. The aim of this experiment was to evaluate the effect of subsurface application of different rates of a mineral compound fertilizer named Polifoska®6 on some soil physico-chemical and biological properties, as well as on soybean, winter wheat and maize yield and yield quality in crop rotation under no-tillage conditions.

The mineral fertilizer was applied at a rate of 200 and 400 kg·ha<sup>-1</sup>, and it was spread evenly under the soil surface at a depth range of 10-30 cm according to the operation of a soil loosener and fertilizer spreader attachment. Plots with surface fertilizer application were the control treatment. During the growing season, the leaf area index (LAI) was evaluated and measurements of the leaf greenness index (SPAD) were carried out. After harvest, yield and yield components of the crop species studied were estimated. A chemical analysis of seeds and grains was also performed in order to determine the quality of harvested yield. In soil samples taken every year, C<sub>org</sub> content in the 0-30 cm soil layer was determined, whereas pH and phosphorus, potassium, and magnesium contents were determined in soil samples taken to a depth of 90 cm (broken down into 3 layers every 30 cm). Additionally, soil enzymatic activity (dehydrogenase, urease, and phosphatase contents), number of saprotrophic fungi in the rhizosphere and non-rhizosphere soil as well as number and biomass of earthworms were determined. An economic analysis was also conducted based on gross margin and income.

Deep mineral fertilizer application had a beneficial effect on soybean yield levels and contributed to an increase in the seed content of Met and Trp as well as of P, K, and Mg. Nevertheless, the seed content of Glu and Ala was found to decrease compared to surface fertilizer application. Soybean fertilized with the higher rate of the fertilizer Polifoska®6 was characterized by a greater seed total protein and P content. In turn, soybeans contained more fiber, amino acids (except for Cys, Met, and Trp), and also N, K, and Mg in the treatment with the lower rate of mineral fertilization.

Winter wheat grain yield significantly varied only between years. Subsurface application of mineral fertilization and the higher fertilizer rate resulted in an increase in grain total protein and gluten content as well as in sedimentation value. In the treatments with deep application of the fertilizer Polifoska®6, the grain P and K content was found to increase in comparison with the treatment where winter wheat was surface fertilized. Furthermore, the higher rate of mineral fertilizer caused an increase in grain N, P, K and Mg content compared to the half lower rate.

Subsurface-fertilized maize produced higher grain yields compared to the treatment with surface-applied mineral fertilizer. Moreover, deep fertilizer application resulted in an increase in the LAI and SPAD indices in the maize crop, but decreased the grain K content. In the maize crop at BBCH 61-67, the LAI and SPAD indices were significantly higher in the treatments with the increased level of mineral fertilization. In addition, the grain P and K content was found to increase under the influence of the higher rate of NPKS.

The C<sub>org</sub> content in the 0-30 cm topsoil layer distinctly increased during the successive years of no-till cropping. The lowest pH values were determined in the 0-30 cm soil layer. At this level, a higher P and K content was also found than in the soil layers with a depth of 30-60 cm and 60-90 cm, respectively.

In the soil under winter wheat and soybean, higher dehydrogenase enzymatic activity (ADh) was found in the treatments with deep application of compound fertilizer, whereas in the soil after harvest of the maize crop higher ADh activity was determined in the treatment with surface fertilizer application. Urease enzymatic activity (AU) was significantly higher in the treatments with surface application of compound fertilizer in the soil under all the crops grown in crop rotation, whereas in the case of alkaline phosphatase enzymatic activity (AIP) in the plots after winter wheat and maize. In turn, higher acid phosphatase enzymatic activity (AcP) was determined in the subsurface-fertilized soil. The higher rate of NPKS contributed to increased activity of ADh, AIP, and AU in the soil. In the plots after winter wheat and soybean, a similar relationship was established for AcP activity. In the soil under maize, on the other hand, acid phosphatase activity was higher in the treatment combination with the lower rate of mineral fertilization.

In the treatments with deep application of the fertilizer Polifoska®6, a general trend towards a higher number of earthworms was found in comparison with surface fertilization. A slight increase in the biomass of these organisms was also recorded, but only in the plots after soybean and winter wheat. Furthermore, application of the higher rate of mineral fertilizer promoted a higher earthworm biomass.

It was demonstrated that the number of saprotrophic fungi was generally lower in the rhizosphere of the soybean crop compared to the number of fungi inhabiting the rhizosphere soil under winter wheat and maize.

The economic indicators used to assess the profitability of the crop growing technologies compared indicate that subsurface application of 200 kg was the most profitable in the cultivation of soybean, whereas in growing maize it was application of 400 kg of the mineral fertilizer Polifoska®6. In winter wheat cultivation, on the other hand, crop growing technology involving surface application of mineral fertilizer was more profitable.

Key words: soil tillage, subsurface mineral fertilization, chemical soil properties, yield quality, soil biological activity