

mgr inż. Łukasz Rusek

**Badania nad technologią wytwarzania nawozów otoczkowanych
o spowolnionym działaniu oraz ich wpływ na plonowanie
i parametry jakościowe roślin**

Streszczenie

Przedmiotem pracy jest ocena wpływu nawozów otoczkowanych na plonowanie i jakość kukurydzy przeznaczonej na kiszonkę. Nawozy otoczkowane stanowią innowacyjne rozwiązanie w rolnictwie precyzyjnym, umożliwiając kontrolowane uwalnianie składników pokarmowych, zwłaszcza azotu, dostosowane do potrzeb roślin w różnych fazach wzrostu. Ich stosowanie pozwala na zwiększenie efektywności nawożenia oraz zmniejszenie strat składników, co przekłada się na korzyści ekonomiczne i środowiskowe. Praca zawiera przegląd literatury dotyczący mechanizmów uwalniania składników z nawozów otoczkowanych, rodzajów wykorzystywanych powłok, ze szczególnym uwzględnieniem powłok biodegradowalnych, oraz aspektów technologicznych ich produkcji. Przedstawiono różnorodne materiały powłokowe, takie jak polimery syntetyczne, biopolimery, polisacharydy, lignina i białka, wraz z ich właściwościami oraz potencjałem zastosowania w kontroli tempa uwalniania nawozów. W części eksperymentalnej opisano wyniki badań polowych prowadzonych w warunkach klimatyczno-glebowych regionu lubelskiego na kukurydzy odmiany Pioneer P8240, w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych. Badania objęły różne typy nawozów mineralnych (mocznik, nawozy wieloskładnikowe) oraz ich wersje z powłokami biodegradowalnymi opartymi na olejach roślinnych i pyle węgla brunatnego, stosowane w dwóch dawkach azotu (135 i $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Analizowano wpływ tych czynników na zawartość makro- i mikroelementów w roślinach i glebie, a także na plonowanie i parametry jakości kukurydzy. Wyniki wskazują na relatywnie stabilne wartości zawartości azotu amonowego (N-NH_4) w glebie warstw $0\text{--}30 \text{ cm}$ i $30\text{--}60 \text{ cm}$, niezależnie od rodzajów nawozów, rodzaju powłok i dawki azotu. Brak istotnych różnic statystycznych potwierdzały wyniki analizy wariancji i testu Tukeya, choć wykazano słabe interakcje między czynnikami, które mogą sugerować lokalne kumulacje azotu amonowego przy zastosowaniu nawozów z powłoką typu 2 i niższą dawką azotu. Podobnie zróżnicowanie przestrzenne i wysoka zmienność azotu organicznego wskazują

na dominację lokalnych czynników mikrobiologicznych i fizycznych nad nawożeniem w kształtowaniu zasobów azotu w glebie. Optymalne dawkowanie i podział dawek azotu, wraz z odpowiednio dobranym rodzajem nawozu i formą aplikacji, pozwalają na zwiększenie efektywności produkcji przy jednoczesnym ograniczeniu strat składników i negatywnego wpływu na środowisko. Technologie produkcji nawozów otoczkowanych, takie jak natrysk roztworów polimerowych w złożu fluidalnym, ekstruzja reaktywna czy mikrokapsułkowanie, umożliwiają precyzyjne kształtowanie profilu uwalniania składników, a rosnące znaczenie mają powłoki biodegradowalne, które spełniają wymogi zrównoważonego rolnictwa i regulacje prawne dotyczące eliminacji mikroplastików. Rozwój tych technologii w kierunku powłok wielowarstwowych oraz ich integracja z systemami precyzyjnej aplikacji nawozów stwarza perspektywę dla dalszego zwiększania efektywności nawożenia i ochrony środowiska. Praca wskazuje na potrzebę dalszych badań obejmujących szerszy zakres dawek nawozów, profilowych analiz migracji składników w glebie oraz udoskonalania formuł powłok nawozów, aby precyzyjniej dopasować dynamikę uwalniania składników do potrzeb roślin w intensywnych systemach produkcji rolniczej. Rezultaty te mają istotne znaczenie praktyczne dla optymalizacji nawożenia kukurydzy i innych roślin uprawnych, uwzględniając jednocześnie wymagania ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju rolnictwa

Słowa kluczowe: kukurydza, plon, nawożenie azotem, powłoka biodegradowalna, mocznik, nawozy wolnodziałające, nawozy otoczkowane

Research on the technology of producing slow-release coated fertilizers and their impact on crop yields and quality parameters

Abstrakt

The subject of this study is the evaluation of the effects of coated fertilizers on the yield and quality of maize intended for silage. Coated fertilizers represent an innovative solution in precision agriculture, enabling controlled nutrient release – particularly nitrogen – adjusted to the plant's requirements during various growth stages. Their application allows for higher fertilization efficiency and reduced nutrient losses, which translates into both economic and environmental benefits. The thesis includes a literature review addressing the mechanisms of nutrient release from coated fertilizers, the types of coatings used – with particular emphasis on biodegradable coatings – and the technological aspects of their production. Various coating materials such as synthetic polymers, biopolymers, polysaccharides, lignin, and proteins are presented, along with their properties and potential for use in controlling the release rate of fertilizers. The experimental section describes field trials conducted under the climatic and soil conditions of the Lublin region on maize of the Pioneer P8240 variety over three consecutive growing seasons. The research covered different types of mineral fertilizers (urea and NPK) and their biodegradable-coated variants based on vegetable oils and lignite dust, applied at two nitrogen rates (135 and 180 kg N·ha⁻¹). The study analyzed the effects of these factors on the content of macro- and micronutrients in plants and soil, as well as on maize yield and quality parameters. The results indicate relatively stable concentrations of ammonium nitrogen (N-NH₄) in the 0–30 cm and 30–60 cm soil layers, regardless of fertilizer type, coating material, or nitrogen rate. The lack of statistically significant differences was confirmed by analysis of variance and Tukey's test, although weak interactions between factors were observed, suggesting possible local accumulations of ammonium nitrogen when using Type 2 coated fertilizers at the lower nitrogen rate. Similarly, spatial differentiation and high variability of organic nitrogen indicate the dominance of local microbiological and physical factors over fertilization in shaping soil nitrogen pools. Optimal dosing and splitting of nitrogen applications, combined with the appropriate fertilizer type and application method, enhance production efficiency while minimizing nutrient losses and environmental impact. Coated fertilizer production technologies – such as polymer solution spraying in fluidized beds,

reactive extrusion, and microencapsulation-enable precise control of nutrient release profiles. Increasing importance is being placed on biodegradable coatings, which meet the requirements of sustainable agriculture and legal regulations aimed at reducing microplastics. The development of these technologies toward multilayer coatings and their integration with precision fertilization systems offers new opportunities to further improve fertilization efficiency and environmental protection. The study highlights the need for further research involving a broader range of fertilizer doses, detailed analyses of nutrient migration in soil profiles, and refinement of coating formulations to better match nutrient release dynamics to plant needs in intensive agricultural production systems. These results have significant practical importance for optimizing maize fertilization and that of other crops, while also addressing environmental protection and sustainable agricultural development.

Keywords: corn, yield, nitrogen fertilization, biodegradable coating, urea, SRF-slow release fertilizers, CRF -controlled release fertilizers

