

# BADANIA DOŚWIADCZALNE WIELOCZYNNOŚCIOWEGO AGREGATU DO SPULCHNIANIA GLEBY I NISZCZENIA CHWASTÓW Z JEDNOCZESNYM WPROWADZENIEM CIEKŁYCH NAWOZÓW I PREPARATÓW BIOLOGICZNYCH

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych agregatu uprawowego o szerokości roboczej 3 m, wyposażonego w aplikator preparatów biologicznych i chemicznych. Celem badań była ocena jakości pracy maszyny oraz pomiar za pomocą czujników tensometrycznych naprężeń dynamicznych w węzłowych punktach konstrukcji.

**Słowa kluczowe:** agregat uprawowy, aplikator preparatów biologicznych i chemicznych, efektywne mikroorganizmy

## Wprowadzenie

Agregaty uprawowe wytwarzane przez producentów krajowych oraz zagranicznych charakteryzują się zbliżoną budową. Najczęściej wyposażone są w przedni wał strunowy lub rurowy, zęby sprężynowe, zespół tylnych wałów uprawowych. Nowoczesna konstrukcja, która jest wprowadzana do produkcji i sprzedaży musi wyróżniać się innowacyjnymi rozwiązaniami technicznymi. Dzięki połączeniu wiedzy z zakresu technologii uprawy i budowy maszyn opracowano wieloczynnościowy agregat do wprowadzania ciekłych nawozów i preparatów biologicznych. Konstrukcję poddano badaniom doświadczalnym (rys. 1). Badania takie stanowią końcowy etap procesu projektowania.



Rys. 1. Agregat uprawowy wraz z aplikatorem preparatów chemicznych i biologicznych podczas badań doświadczalnych  
Fig. 1. Cultivation unit with an applicator of chemicals and biological preparations during experimental testing

## Charakterystyka obiektu badań

Charakterystykę techniczną agregatu podano w tab. 1. Maszyna umożliwia jednoczesną uprawę gleby i aplikowanie preparatów biologicznych, np. Efektywnych Mikroorganizmów (EM) oraz nawozów płynnych m.in. roztworu saletrzano-mocznikowego (RSM).

Z dostępnej literatury związanej z technologią stosowania preparatu biologicznego typu EM wynika, że roztwór EM powinien być aplikowany bezpośrednio w glebę tak, aby nie był narażony na działanie promieniowania słonecznego.

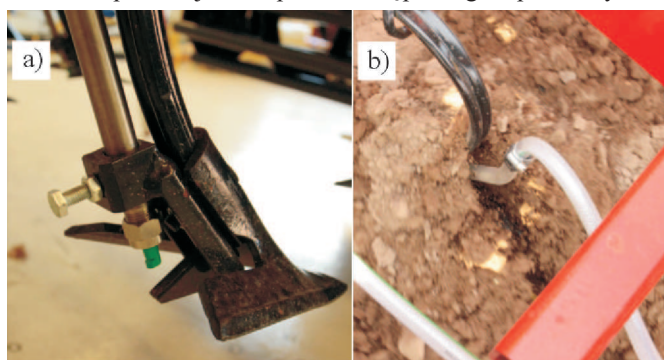
Technologia zastosowania RSM przed siewem jest szczegółowo opisana w materiałach informacyjnych Zakładów

Tab. 1. Charakterystyka techniczna agregatu z aplikatorem preparatów biologicznych i chemicznych

Table 1. Technical characteristic of cultivation unit with an applicator of chemicals and biological preparations

Parametr	Jedn. miary	Dane
Producent	-	Expom Krośniewice
Typ agregatu	-	zawieszany
Szerokość robocza	m	3
Szerokość transportowa	m	3,02
Głębokość robocza	cm	do 15
Prędkość robocza	km/h	do 12
Wymiary:	mm	3,5
- długość	mm	3,5
- szerokość	mm	3,02
- wysokość	mm	2,01
Typ włóki	-	sprężynowa
Długość sekcji włóki	mm	985
Typ wału przedniego	-	rurowy
Średnica wału przedniego	mm	370
Długość sekcji wału przedniego	mm	1470
Typ zębów	-	sprężynowe z gęstostópką
Szerokość redliczki zęba	mm	165
Prześwit pod belkami kultywatora	mm	400
Liczba zębów	szt.	16 lub 18
Podziałka poprzeczna zębów	mm	170 lub 187,5
Podziałka poprzeczna zębów w rzędzie	mm	680
Odległość między rzędami zębów	mm	370
Typ wału tylnego	-	strunowy
Średnica wału tylnego	mm	340
Długość sekcji wału tylnego	mm	1320
Liczba strun	szt.	9
Profil struny	mmxmm	30x10
Pojemność zbiornika nawozu płynnego	l	600
Pojemność zbiornika preparatu chemicznego	l	70
Ciśnienie pracy	bar	2-5
Rodzaj pompy zasilającej	kg	przeponowa
Rodzaj rozpylaczy	-	deflektorowe
Masa	kg	ok. 1600

Azotowych "Puławy" S.A. Jest ona szczególnie przydatna dla zbóż jarych, gdy wczesną wiosną na etapie wschodów, występuje niedobór opadów, a zastosowanie nawozów granulowanych nie daje oczekiwanych rezultatów ze względu na zaleganie granulek na powierzchni pola. Elementem umożliwiającym wprowadzanie do gleby wymienionych preparatów jest specjalnie skonstruowany kolektor, umieszczony za zębem kultywatora (rys. 2 a, b). Agregat z nabudowanym na nim aplikatorem złożony jest z ramy głównej, przedniego wału rurowego, sekcji zębów sprężynowych typu gęsiostópka, tylnych wałów strunowych, zbiornika nawozu płynnego, zbiornika preparatu biologicznego, pompy zasilającej, zespołu filtrów, głównego zaworu sterującego, dysz rozpylających. Zęby typu gęsiostópka zamocowane są w czterech rzędach. Uprawiają one glebę na równej głębokości i umożliwiają wygodne wprowadzenie aplikowanej cieczy za zębem sprężynowym. Zbiornik nawozu płynnego położony jest nad przednim wałem rurowym. Rama zbiornika zamocowana jest na trzypunktowym układzie zawieszenia agregatu w niewielkiej odległości od ciągnika. Pompa zasilająca układ aplikowanej cieczy napędzana jest silnikiem hydraulicznym. Maszyna zagregowana z ciągnikiem nie przekracza dopuszczalnej szerokości transportowej i może poruszać się po drogach publicznych.



Rys. 2. Ząb sprężynowy typu gęsiostópka z zamontowanym kolektorem (a), wprowadzanie aplikowanej cieczy do gleby (b)  
Fig. 2. Spring tine of cultivator point type with installed collector (a), applying of the liquid into the soil (b)

Agregat uprawowy wyposażono w elektroniczny układ sterowania pracą aplikatora. Układ składa się z dwóch modułów, sterowniczego i wykonawczego. Komunikacja pomiędzy modułami odbywa się bezprzewodowo z wykorzystaniem sieci Bluetooth. Praca sterownika polega na ustawieniu i kontrolowaniu zadanej dawki środka w litrach środka na hektar pola. Sterownik samoczynnie oblicza wydatek preparatu na podstawie wprowadzonych danych odnośnie szerokości roboczej, dawki oraz zmierzonej w danej chwili prędkości jazdy. Na wyświetlaczu panelu sterowania wyświetlane są najważniejsze parametry pracy aplikatora, co umożliwia operatorowi pełną kontrolę na procesem aplikacji.

### Cel badań

Celem badań była ocena jakości pracy agregatu wraz z aplikatorem podczas uprawy przedsewnej, na glebie o średniej zwięzłości oraz pomiar naprężeń dynamicznych za pomocą czujników tensometrycznych w węzłowych punktach konstrukcji. Maszyna była zagregowana z ciągnikiem Ursus 1224 (klasa ciągnika 2.0). Prędkość robocza zestawu ciągnik-maszyna mieściła się w zakresie 8-12 km/h.

### Badania doświadczalne Ocena funkcjonalności

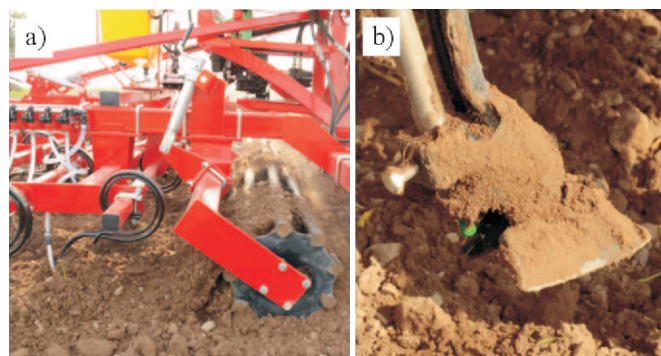
Ocenę pracy przeprowadzono na podstawie obserwacji stanu pola przed i po uprawie wg procedur stosowanych w PIMR. Pole, na którym przeprowadzono badania, charakteryzowało się pulchną glebą, która niewystarczająco dobrze osiadła po orce. Wpływało to na tworzenie kolein, pomiędzy którymi tworzyło się wypię-

trzenie gleby. Głębokość pracy zębów sprężynowych typu gęsiostópka została ustawiona poprzez zmianę położenia przedniego wału rurowego oraz tylnych wałów strunowych. Regulacja przedniego wału rurowego odbywa się za pomocą korb. Oznaczenie położenia wału znajduje się na prowadnicach korb. Wykonany pierwszy przejazd roboczy pozwolił na sprawdzenie jakości pracy maszyny i dokonanie niezbędnej regulacji.



Rys. 3. Przejazd roboczy maszyny (a), widok pola przed i po uprawie agregatem (b)  
Fig. 3. Working ride of the machine (a), view of the field before and after cultivation (b)

Główny zbiornik cieczy o pojemności 600 litrów zamocowano do koźła zaczepowego. Konstrukcja taka powoduje dociążenie przedniego wału rurowego. Podczas badań na glebie pulchnej wał rurowy obciążony pełnym zbiornikiem cieczy, dobrze kopiował powierzchnię pola, utrzymując stałą głębokość pracy sekcji zębów. Obciążenie wału korzystnie wpływało na kruszenie brył i wyrównywanie powierzchni pola (rys. 3 b).



Rys. 4. Widok wału rurowego podczas pracy (a), ząb sprężynowy z kolektorem wprowadzającym po przejeździe roboczym (b)  
Fig. 4. View of the tubular shaft during the work (a), spring tooth with a applying collector after working ride (b)

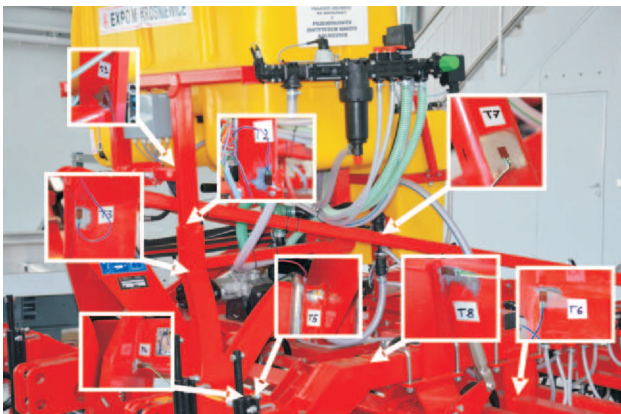
Na potrzeby badań układu aplikatora zbiorniki zamontowane na maszynie wypełniono wodą. Podczas aplikowania cieczy nie stwierdzono uszkodzenia ani zapchania dysz wprowadzających rozlewającą ciecz do gleby. Uzyskano dokładne pokrycie gleby aplikowanym preparatem na całej szerokości roboczej agregatu. Regulacja położenia kolektorów rozlewających umożliwiła dokładne ustawienie dysz rozpylających względem redliczki zęba sprężynowego. Parametry pracy podzespołów aplikatora m.in. prędkość obrotowa silnika napędzającego pompę przeponową, ciśnienie robocze, przepływ aplikowanej cieczy były na bieżąco kontrolowane i wyświetlane na ekranie sterownika umieszczonego w kabinie operatora.

### Badania tensometryczne

Prowadzenie badań eksperymentalnych prototypów i urządzeń jest istotnym etapem przygotowania ich produkcji. Badania stanowią końcowy etap procesu projektowania. Mogą również posłużyć do sprawdzenia poprawności komputerowych

analiz wytrzymałościowych. Są także ich uzupełnieniem, szczególnie w zakresie procesów dynamicznych. Uzyskane dzięki badaniom eksperymentalnym wyniki można zastosować nie tylko do badanej konstrukcji, ale mogą posłużyć także przy opracowywaniu konstrukcji o zbliżonych parametrach technicznych i podobnych rozwiązaniach.

Badania agregatu do uprawy przedsiwnej o szerokości roboczej 3 m obejmowały rejestrację następujących sygnałów pomiarowych: dla wyznaczenia odkształceń (osiem czujników tensometrycznych) oraz przyspieszeń drgań mechanicznych (jeden trzykanałowy czujnik przyspieszeń). Pomiar wielkości dynamicznych występujących podczas pracy i transportu oraz weryfikację poprawności rozwiązań konstrukcyjnych badanego obiektu przeprowadzono w trakcie pracy maszyny w typowych warunkach eksploatacyjnych. Należy mieć na uwadze, że otrzymane wyniki pomiarów odnoszą się wyłącznie do wymuszeń zarejestrowanych w trakcie pomiarów i tylko do wybranych punktów, przy określonym stanie obciążenia konstrukcji.



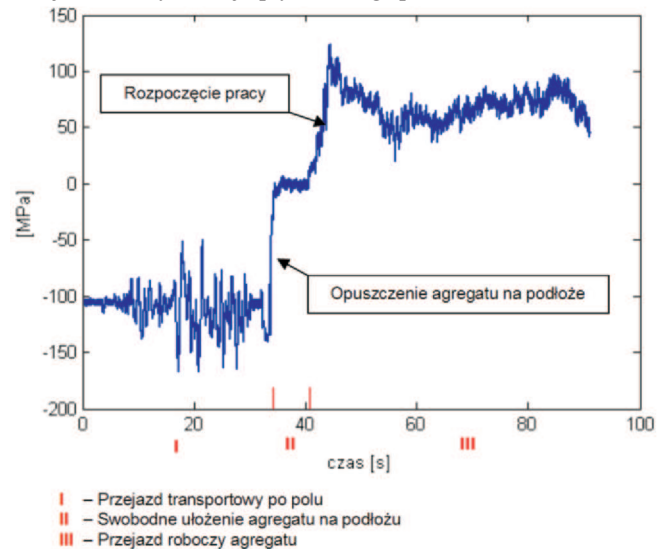
Rys. 5. Rozmieszczenie czujników tensometrycznych na konstrukcji agregatu o szerokości roboczej 3 m

Fig. 5. Arrangement of strain gauges on the structure of the cultivator with a working width of 3 m

Sygnały pomiarowe zostały zarejestrowane przez zestaw akwizycji danych pomiarowych, w skład którego wchodzi aparatura pomiarowa Spider-8 w konfiguracji obejmującej 32 kanały pomiarowe i oprogramowanie Catman 5.0 firmy Hottinger. Obróbka sygnałów pomiarowych została przeprowadzona za pomocą procedur obliczeniowych działających w środowisku Matlab. Do pomiaru naprężeń wykorzystano czujniki tensometryczne o symbolu TF 5/120, które służą do pomiaru naprężeń w jednym kierunku. Tensometry pracowały w układzie półmostka pomiarowego, z jednym tensometrem czynnym i jednym tensometrem kompensacyjnym (kompensacja zmian temperatury). Tensometry czynne naklejono w wybranych punktach pomiarowych, natomiast tensometry kompensacyjne naklejono na metalowych płytkach, umieszczonych w pobliżu punktów pomiarowych. Czujniki tensometryczne zostały rozmieszczone na konstrukcji urządzenia zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 5.

Wartości naprężeń zmierzonych za pomocą czujników tensometrycznych przedstawiono za pomocą wykresów. Jako przykład, na rys. 6, przedstawiono przebieg obrazujący poziom

zarejestrowanych podczas badań naprężeń występujących w wybranym węźle na konstrukcji agregatu. Zarejestrowane dodatnie wartości naprężeń określają naprężenia o charakterze rozciągającym, natomiast ujemne o charakterze ściskającym. Położenie punktu pomiarowego przedstawiono na rys. 5. Analizowany tensometr T4 naklejono w miejscu połączenia poprzecznej belki ramy nośnej z płytą dolnego punktu zawieszenia.



Rys. 6. Przebieg zmian naprężeń w wybranym punkcie pomiarowym

Fig. 6. Diagram of stress changes in the selected measuring point

Zarejestrowany podczas pomiaru przebieg zmian naprężeń został tak wytarowany, aby w momencie, gdy maszyna swobodnie spoczywa na podłożu i punkt pomiarowy T4 nie jest obciążony, wartości naprężeń osiągnęły poziom zerowy. Podczas przejazdu transportowego w danym punkcie odnotowano maksymalnie 170 MPa. Istotny wpływ na poziom zarejestrowanych naprężeń ma składowa statyczna (-100 MPa) pochodząca od uniesienia maszyny na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika. W trakcie pracy wartość średnia naprężeń wynosi ok. 80 MPa.

## Wnioski

Przeprowadzone badania doświadczalne agregatu do jednoczesnej uprawy gleby i wprowadzania preparatów biologicznych są podstawą do sformułowania następujących wniosków:

1. Kolektor wprowadzający aplikowany preparat do gleby, umieszczony za zębem sprężynowym typu gęsiostopka nie powoduje zapychania resztkami poźniwnymi i nie oblepia się glebą.
2. Agregaty cechuje bardzo dobra jakość wykonywanej pracy. Powierzchnia uprawianego pola jest równa i niezbrylona. Zastosowane zęby typu gęsiostopka nie powodują wyciągania resztek roślinnych na powierzchnię.
3. Zarejestrowane podczas badań naprężenia nie przekraczają wartości dopuszczalnych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że konstrukcja agregatu spełnia wymagania wytrzymałościowe w aspekcie działających obciążeń eksploatacyjnych.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF A MULTIPURPOSE UNIT DESIGNED FOR SOIL LOOSENING AND WEED CONTROL WITH SIMULTANEOUS INTRODUCTION OF LIQUID FERTILIZERS AND BIOLOGICAL PREPARATIONS

### Summary

In the article results of experimental investigations of a cultivation unit with working width of 3 m were shown. The unit was equipped with an applicator of biological and chemical preparations. The aim of the study was to assess the quality of the machine during working and to measure using strain gauges dynamic stresses in the nodal points of the structure.

**Key words:** cultivators, applicator of biological and chemical preparations, Effective Micro-Organisms