

*Paweł Kołodziej, Krzysztof Gołacki*  
*Katedra Podstaw Techniki*  
*Akademia Rolnicza w Lublinie*

## **STANOWISKA DO BADAŃ SIŁ REAKCJI KORZENI BURAKA CUKROWEGO NA ZADANE TYPY OBCIĄŻEŃ MECHANICZNYCH**

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono konstrukcję stanowisk do pomiarów sił reakcji korzeni buraków cukrowych na zadawane typy obciążeń mechanicznych. Uwzględniono separację kierunków działania sił zgodnie z przyjętym podziałem procesu wyorywania na funkcje częściowe. Wyznaczono wartości sił oraz ich przebiegi w czasie, z prędkościami oddziaływania narzędzia zawierającymi się w zakresie prędkości uzyskiwanych przez lemiesz wyorywacza wibracyjnego. Do rejestracji wyników badań wykorzystano zestaw pomiarowy i oprogramowanie firmy Hottinger Baldwin Messtechnik.

**Słowa kluczowe:** korzeń buraka, siła reakcji korzenia, stanowisko pomiarowe

### **Wykaz oznaczeń**

- $V_T$  – prędkość liniowa tłoczyska siłownika elektrycznego,  $m \cdot s^{-1}$ ,  
 $V_G$  – prędkość liniowa głowicy pomiarowej,  $m \cdot s^{-1}$ ,  
 $l_G$  – głębokość położenia głowicy pomiarowej, mm.

### **Wprowadzenie**

Podwyższanie stopnia zmechanizowania uprawy i przetwórstwa buraków cukrowych stanowi złożony problem zarówno pod względem technicznym (np. konstrukcja mechanizmów ogławiających, wyorujących, czyszczących czy transportowych), jak i eksploatacyjnym (dobór odpowiednich prędkości roboczych, sekwencji ruchu itp.).

Na podstawie przeprowadzonych długoletnich eksperymentów, wielu badaczy stwierdzało wysoki poziom strat masy surowca buraczanego, wynikający z siłowego oddziaływania mechanizmów roboczych. Na przykład Parks i Peterson [1979] ustalili, że kombajny wyposażone w urządzenia wyorująco – ładujące powodują ok. 30% uszkodzeń, kolejne 30% jest spowodowane oczyszczaniem korzeni z gleby a następne 30% powstaje na skutek uderzeń korzeni o twarde powierzchnie zbiornika kombajnu lub skrzyni ładunkowej samochodu. Natomiast Brown [1998] stwierdził, że w latach 1992 – 1997 uszkodzenia korzeni przez mechanizmy wyorujące i czyszczące stanowiły 65% łącznych ubytków masy.

Ponadto należy zaznaczyć, że uszkodzenia powierzchni korzeni są efektem nie tylko niedoskonałości rozwiązań konstrukcyjnych maszyn, ale także wynikają ze sposobu oddziaływania mechanizmów roboczych. Przykładem może być wyorywanie z użyciem powszechnie stosowanych obecnie wyorywaczy wibracyjnych. Byłoby zatem ważne uzyskanie informacji o przebiegach w czasie, jak również maksymalnych wartościach, siły reakcji korzenia na oddziaływanie lemiesza. Znajomość tych przebiegów mogłaby się przyczynić do wyznaczenia korzystniejszych wartości prędkości, trajektorii lub sekwencji ruchu mechanizmów roboczych, wpływających na przekroczenie dopuszczalnych nacisków na powierzchni korzenia. Realizacja tych celów wymagała zaprojektowania i zbudowania dwóch stanowisk badawczych umożliwiających pomiar sił w warunkach możliwie najbardziej zbliżonych do naturalnych.

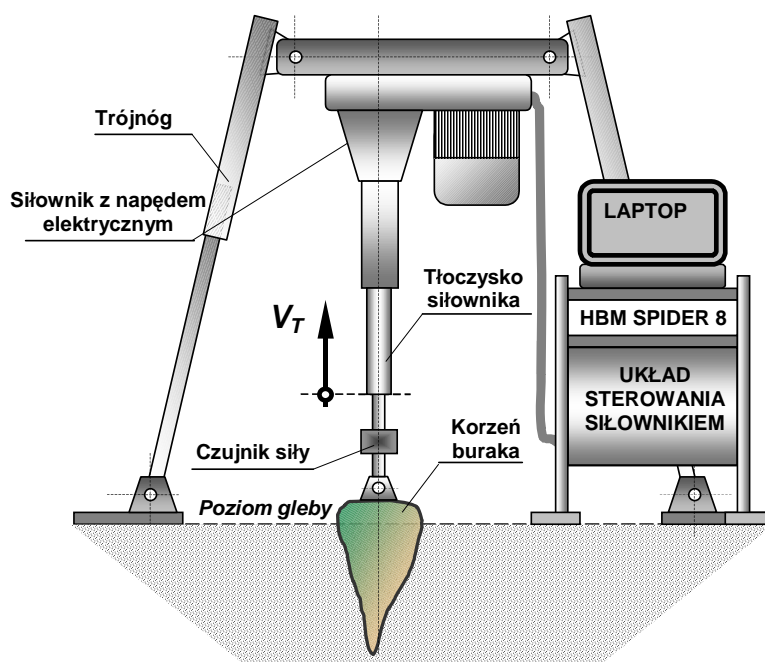
### **Stanowiska pomiarowe**

Podział procesu wyorywania na „funkcje częściowe” Dykstra [1996], przedstawia możliwość zerwania połączenia w układzie: gleba – korzeń, wskutek poziomego lub pionowego przemieszczenia buraka wynikającego z oddziaływania narzędzia. W konstrukcji stanowisk wykorzystano sugerowaną separację kierunków działania sił obciążających korzeń z uwzględnieniem prędkości modelowego lemiesza. Zawierają się one w zakresach wartości składowych pionowych i poziomych prędkości uzyskiwanych przez wybrany punkt wyorywacza wibracyjnego podczas jednej sekwencji roboczej. Zakresy prędkości wyznaczono na podstawie przeprowadzonej analizy kinematyki stosowanych obecnie mechanizmów wyorujących, o poziomej i eliptycznej trajektorii ruchu.

– Stanowisko do pomiaru siły wyciągania korzeni buraków

Schemat przenośnego stanowiska do pomiarów siły wyciągania korzeni buraków cukrowych przedstawiono na rysunku 1. Podstawowym elementem stanowiska pomiarowego jest trójnóg z możliwością regulacji wysokości poprzez zmianę długości nóg w zakresie 1200 ÷ 1500 mm.

Siłownik elektryczny UAL 4 firmy SERWOMECH o mocy 1,1 kW i sile uciągu 2700 N oraz liniowym przemieszczeniu tłoczyska z prędkością  $0,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , sztywno przymocowano do łącznika trójnogu.

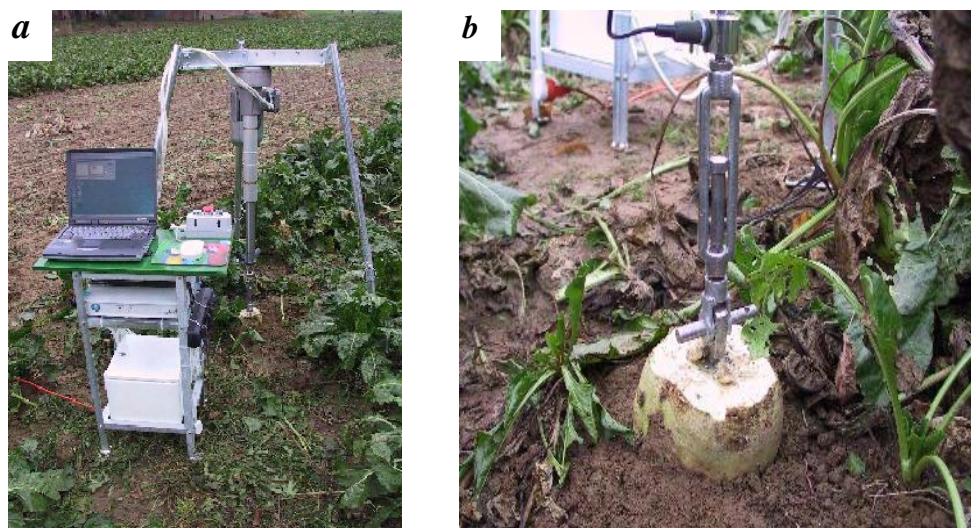


Rys. 1. Schemat stanowiska do pomiarów przebiegu siły wciągania korzenia buraka

Fig. 1. Scheme of the position used for measuring the course of sugar beet lifting force

Jednoosiowy czujnik siły (U9B firmy HBM) zamocowano w tłoczysku siłownika poprzez element regulacyjny (rys. 2 b). Element ten umożliwił uzyskanie wymaganej prędkości liniowej tłoczyska w momencie zerwania połączenia w układzie: gleba – korzeń i jest połączony z burakiem za pośrednictwem śruby wkręconej w główkę korzenia (zgodnie z metodą przedstawioną w pracy Bzowskiej – Baka-larz [1987]).

Zastosowanie przetwornika analogowo – cyfrowego (SPIDER 8 firmy HBM) oraz komputera przenośnego pozwoliło na rejestrację oraz wstępną obróbkę pomiarów.



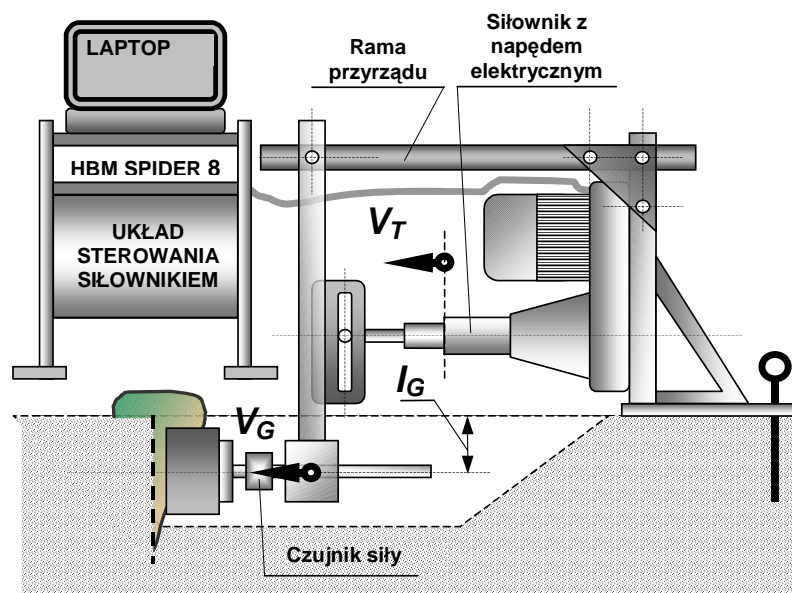
Rys. 2. *a – Stanowisko do pomiarów siły wyciągania korzeni buraków, b – Połączenie elementu regulacyjnego z korzeniem buraka*

Fig. 2. *a – Measuring position for experimental studies of sugar beet lifting force, b – Connection between the control element and sugar beet root*

– Stanowisko do pomiaru poziomej siły reakcji korzenia na działanie narzędzia

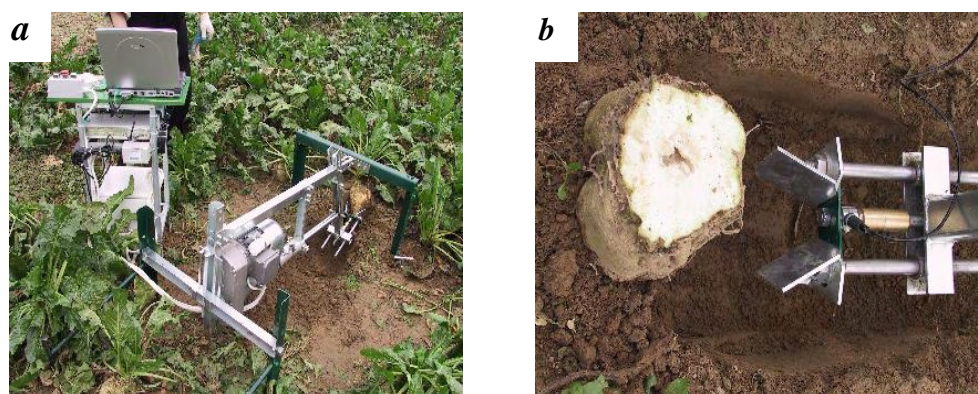
Schemat stanowiska do pomiarów poziomej siły reakcji korzenia na działanie narzędzia przedstawiono na rysunku 3. Głównym elementem stanowiska jest rama, do której przymocowano w pozycji poziomej siłownik elektryczny o parametrach technicznych przedstawionych powyżej. Tłoczyśko siłownika połączono za pośrednictwem jarzma z uchylną kolumną głowicy pomiarowej. Jej podstawowym elementem był czujnik siły przymocowany do dwóch prętów prowadzących połączonych z układem płytek tworzących modelowy lemiesz.

Poprzez zastosowanie mechanizmu jarzmowego uzyskano wymaganą prędkość liniową głowicy pomiarowej wynoszącą  $V_G = 0,385, \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Do unieruchomienia stanowiska względem podłoża użyto zestaw kotew umieszczanych w otworach technologicznych wykonanych w ramie. Do rejestracji i przetwarzania danych zastosowano przetwornik analogowo – cyfrowy wraz ze wzmacniaczem – SPIDER 8 oraz oprogramowanie CATMAN ver. 1.2 zainstalowane w komputerze przenośnym.



Rys. 3. Schemat stanowiska do pomiarów przebiegu poziomej siły interakcji lemieszka i korzenia buraka

Fig. 3. Scheme of experimental stand for measuring the horizontal interaction between a shaft and sugar beet root



Rys. 4. a – Stanowisko do pomiarów poziomej siły interakcji korzenia buraka i lemieszka, b – głowica pomiarowa – widok w pozycji roboczej.

Fig. 4. a – Stand for measuring the horizontal interaction force between sugar beet root and shaft, b – gauge head – view in working position

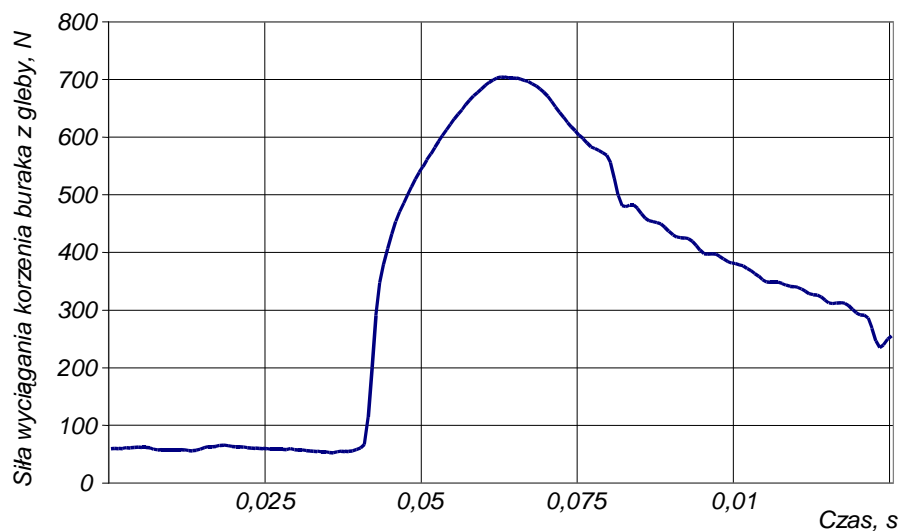
### **Przykład pojedynczego testu pomiarowego**

Przed przystąpieniem do rejestracji przebiegów sił dokonano pomiaru cech geometrycznych korzenia w postaci: wysokości wystawiania główki ponad powierzchnię, maksymalnej średnicy korzenia oraz średnicy buraka na poziomie gruntu. Ponadto przeprowadzano odpowiednie pozycjonowanie stanowisk. W przypadku pomiaru siły wyciągania korzeni dotyczyło ono regulacji wysokości ramion trójnożu, w celu ustalenia współosiowości tłoczyska siłownika elektrycznego i korzenia buraka w glebie. Natomiast w przypadku pomiaru poziomej siły reakcji korzenia, usytuowanie stanowiska polegało na ustawieniu głowicy pomiarowej na zadanej głębokości  $l_G$  (100 mm – rys. 3), po usunięciu warstwy gleby pomiędzy burakiem a głowicą pomiarową (rys. 4b).

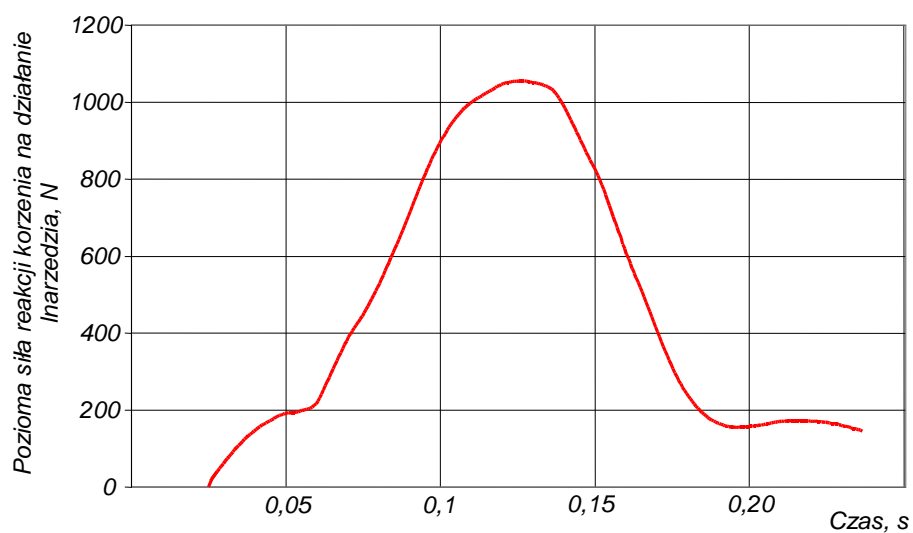
Po przeprowadzeniu powyższych czynności przygotowawczych uruchamiano siłownik elektryczny i rejestrowano przebieg siły reakcji korzenia w czasie około 5, s z częstością próbkowania 1600 Hz. Po dokonaniu pomiarów korzeń ważono wraz z przywierającą do jego powierzchni warstwą gleby, następnie oczyszczano i ważono powtórnie z dokładnością do 0,1, g wykorzystując elektroniczną wagę laboratoryjną o zakresie pomiarowym  $0 \div 5000$  g klasy 0,1. Natomiast pomiar (za pomocą suwmiarki o dokładności do 0,02 mm), maksymalnej średnicy oraz całkowitej długości buraka, od powierzchni ogłowienia do płaszczyzny, w której średnica przekroju poprzecznego korzenia osiąga wartość 10 mm, był czynnością kończącą pojedynczy test pomiarowy. Cykl badawczy obejmował przeprowadzenie 50 powtórzeń rejestracji siły reakcji korzenia.

### **Wyniki pomiarów**

Przeprowadzenie powyższych procedur badawczych pozwoliło na wyznaczenie zmiany wartości siły w czasie wyciągania korzenia oraz poziomej siły oddziaływania narzędzia na burak. Przykładowe przebiegi sił reakcji korzenia na zadane typy obciążeń mechanicznych przedstawiono na rysunkach 5–6.



Rys. 5. Przykładowy przebieg siły wyciągania korzeni buraków  
 Fig. 5. Example of the course of a sugar beet root lifting force



Rys. 6. Przykładowy przebieg poziomej siły reakcji korzenia buraka  
 Fig. 6. Example of the course of horizontal reactive force of a sugar beet root

## **Wnioski**

1. Zaprojektowane i zbudowane stanowiska badawcze umożliwiają realizację pomiarów reakcji korzenia, na zadane typy obciążeń mechanicznych dla przyjętych prędkości głowicy pomiarowej.
2. Modułowa budowa zespołów: mechanicznego oraz sterująco – rejestrującego umożliwia przemieszczanie stanowisk po powierzchni pola oraz poprawne pozycjonowanie głowicy pomiarowej względem wybranego buraka.
3. Zastosowanie napędu elektrycznego ogranicza wprawdzie strefę wykonania pomiarów, pozwala jednak na znaczne zmniejszenie masy i uproszczenie konstrukcji zaprojektowanych stanowisk.
4. Stanowisko pomiarowe do wyznaczania przebiegów w czasie siły wyciągania korzeni może być również zastosowane w przypadku innych roślin korzeniowych takich jak: marchew lub pasternak.

## **Bibliografia**

Brown S. P. 1998. Quality harvesting of sugar beet. Protection and production of sugar beet and potatos. *Aspects of Applied Biology* 52. pp. 179-184.

Bzowska-Bakalarz M. 1987. Badania niektórych właściwości fizycznych korzeni buraków cukrowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. z. 316. s. 9-24.

Dykstra M. 1996. Entwicklung und Untersuchungen von Rodewerkzeugen für Zuckerrübenerntemaschinen. Technische Universität Dresden. Fakultät Maschinenwesen. Dissertation A.

Parks D. L., Peterson C., L. 1979. Sugarbeet injury within harvesting and handling equipment. *Transactions of the ASAE* Nov/Dec. 22 (6). pp. 1238-1244.



**MEASURING POSITIONS FOR THE STUDIES  
OF SUGAR BEET REACTIVE FORCE ON SOME TYPES  
OF MECHANICAL LOADS**

**Summary**

This paper describes the construction of measuring positions used for determining of sugar beet root reactive forces on some types of mechanical loads. The separation of reactive forces directions was considered according to the given division of lifting process into partial functions. The article presents the course of force values in loading conditions which are similar to real conditions. Measuring set and HBM software were used for data collecting and data processing.

**Key words:** sugar beet root, beet root reactive force, measuring position