

KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI, JÓZEF WALCZYK

Badania eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn do formowania w szkółce grzędy siewnej

Exploitation-economic research on machines forming the sowing substrate bed in nurseries

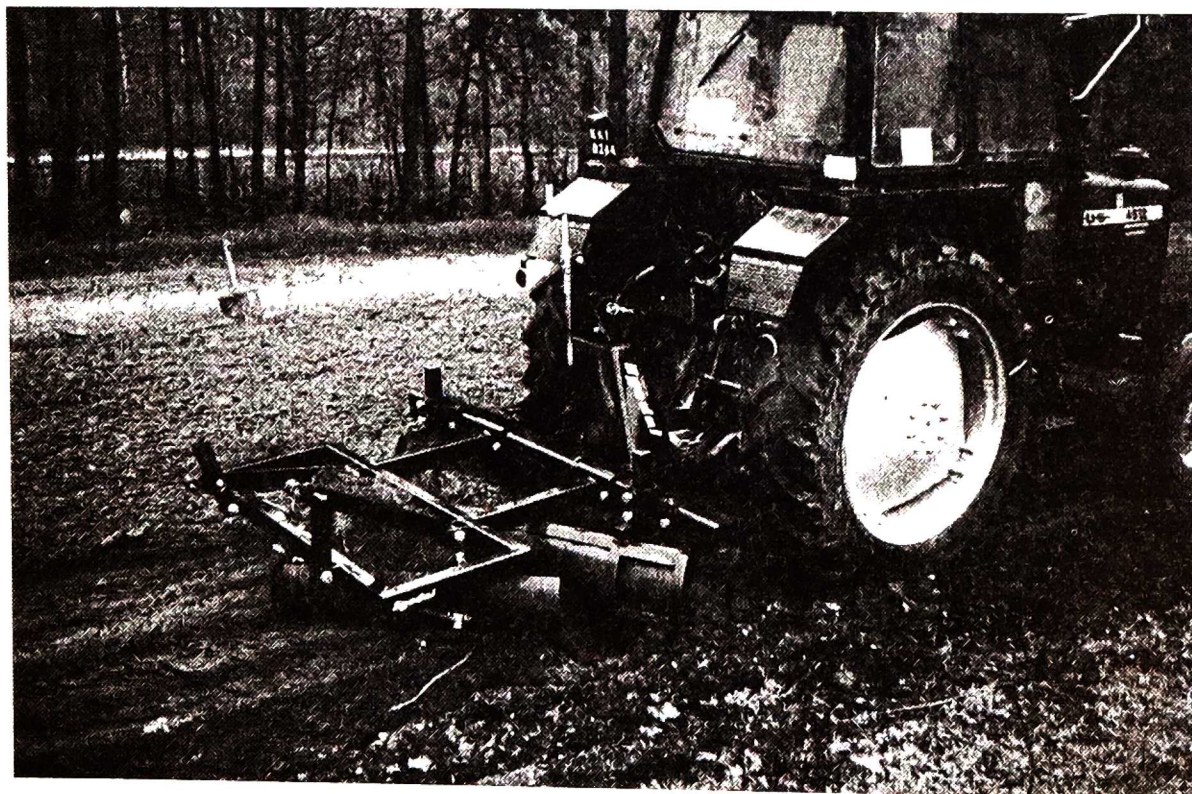
Keywords: sowing bed, machines for nursery works, efficiency, working speed, machine exploitation costs

Wstęp

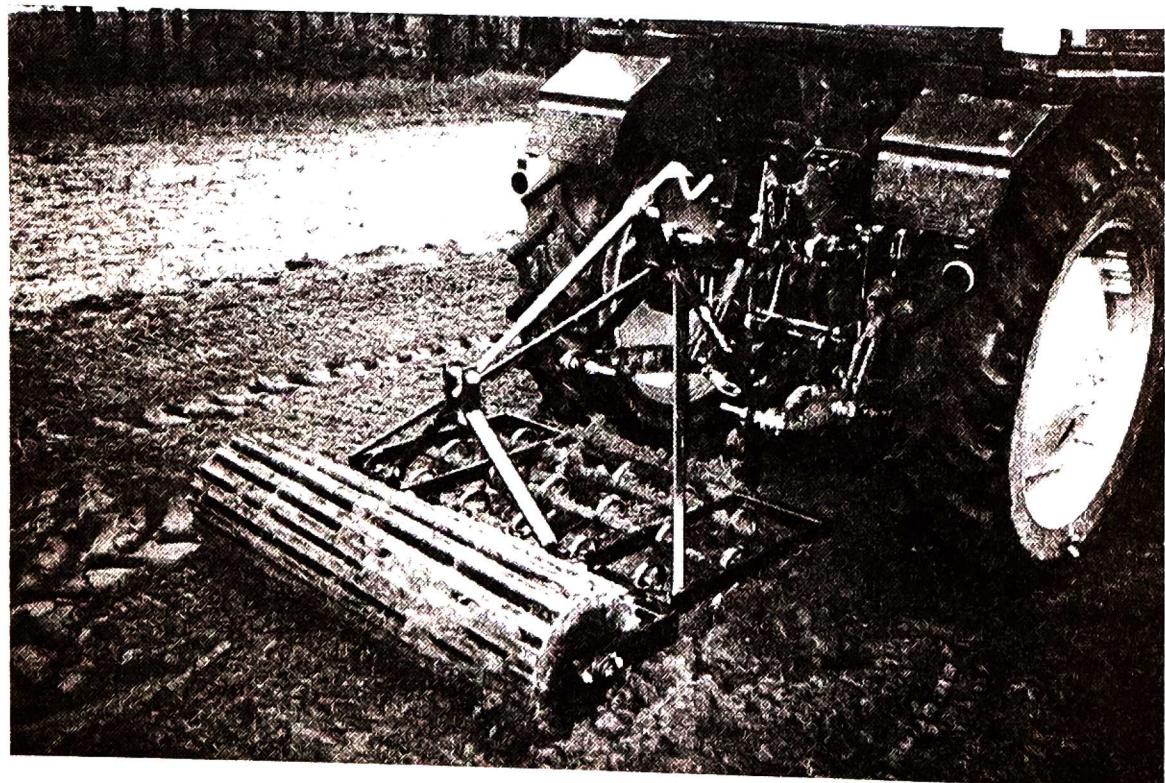
W warunkiem uzyskania pozytywnych efektów produkcyjnych, ekonomicznych i organizacyjnych w leśnictwie jest właściwy i celowy dobór zestawu maszyn lub urządzeń do wykonania określonych prac. Często jednak brak jest danych dotyczących wydajności, zapotrzebowania na siłę pociągową, czy zalecanej prędkości roboczej dla znajdujących się na rynku maszyn [2]. Takie braki występują, jeśli chodzi o nowe na naszym rynku maszyny duńskiej firmy Egedal Maskinfabrik A/S specjalizującej się w produkcji maszyn do prac szkółkarskich.

Celem badań było określenie takich parametrów maszyn jak: prędkość robocza, wydajność (efektywna i operacyjna w czasie roboczym zmiany), współczynniki eksploatacyjne, naciski jednostkowe, opory robocze, współczynnik oporów toczenia, zużycie paliwa, czas agregatowania maszyny z ciągnikiem, wydajność roczna maszyny, koszty jednostkowe i godzinowe eksploatacji maszyny. Badaniami objęto maszyny do przedsięwzięcia przygotowania gleby, a mianowicie: urządzenie do naorywania grzędy (ryc. 1) i kultywator agregatowany z wałem strunowym (ryc. 2).

Naorywacz grzęd ma na celu wytworzenie ścieżek technologicznych dla kół ciągników i maszyn, formowanie pasa szerokości 1,2 m i jego wywyższenie o około 0,20 m nad ścieżkami technologicznymi. Wygarnięcie spulchnionej, urodzajnej gleby na grzędę pozwala na właściwe jej wykorzystanie, zmniejsza opory jazdy agregatu, wywyższenie pasa siewnego natomiast umożliwia odprowadzenie nadmiaru wody i warunkuje dobrą pracę stosowanych w technologii uprawy takich maszyn, jak: siewnik, pielnik czy podcinacz korzeni. Kultywator sprężynowy spulchnia glebę za pomocą cienkich zębów sprężynowych rozmieszczonych w trzech rzędach. Wał strunowy stabilizuje głębokość pracy kultywatora,



RYC. 1. Naorywacz grzędę siewnej w czasie pracy



RYC. 2. Kultywator z wałem strunowym w czasie pracy

powoduje wglębne zagęszczenie gleby, poprawia podsiąkanie wody gruntowej, a spulchniona wierzchnia warstwa pozwala na dobry dostęp powietrza do kiełkujących nasion i zmniejsza straty powodowane parowaniem wody.

Metodyka

Badania wykonywano na szkółce leśnej w Kłaju od czerwca 1998 roku do czerwca 2000 roku. Mierzono parametry maszyn współpracujących z ciągnikiem Ursus 4512. Pomiarami objęto sześć pól, na których wykonano czterdzieści cztery przejazdy. Jako szerokość roboczą agregatu przyjęto szerokość wykonanej grzędy. Mierzono długość pól i szerokość grzędy, wilgotność gleby określano metodą wagową, korzystając z cylinderków Kopecki'ego. Dane o poszczególnych polach zestawiono w tabeli 1.

TABELA 1
Warunki badań agregatu do przedsięwzięcia przygotowania gleby

Nr pola	Liczba pojazdów	Długość [m]	Pow. obrabiana [ha]	Wilgotność wag. [%]
1	6	206,8	0,149	30,3
2	8	215,1	0,206	24,5
3	5	101,2	0,061	18,8
4	6	112,6	0,081	21,3
5	13	113,4	0,177	14,6
6	6	103,5	0,075	18,8
Ogółem	44	852,6	0,749	–

Wykonano fotografię czasu roboczego agregatu w dosłownym znaczeniu to jest rejestrowano przebieg jego pracy na wszystkich polach za pomocą kamery wideo SONY Hi8. W czasie analizy ilościowej odtwarzano film w zwolnionym tempie za pomocą magnetowidu. Na ekranie monitora, z wyświetlonym licznikiem czasu, mierzono długość trwania poszczególnych faz pracy agregatu zgodnie z normą BN-76/9195-01 określoną przez Krajowy System Maszyn Leśnych. Określono następujące składowe czasu pracy agregatu: T_1 – efektywny czas pracy, T_2 – czas pomocniczy, T_3 – czas obsługi technicznej, T_4 – czas usuwania usterek, T_6 – czas przejazdów transportowych, T_{02} – operacyjny czas pracy maszyn, T_{04} – roboczy czas zmiany.

Obliczono: K_{02} – współczynnik wykorzystania czasu operacyjnego, K_{04} – współczynnik wykorzystania czasu roboczego zmiany – pozwalają one na lepsze zrozumienie złożonego procesu użytkowania maszyn i wskazują drogi do jego usprawnienia.

Znając powierzchnię analizowanego pola i bilans czasu pracy maszyn obliczono wydajności: W_1 – wydajność efektywna, W_{02} – wydajność operacyjną, W_{04} – wydajność w czasie roboczym zmiany.

Wykorzystując zmierzoną długość pól i badania bilansu czasu pracy obliczono średnią prędkość maszyn w czasie jednego przejazdu przez analizowane pole.

$$V = \frac{L}{T_1} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

gdzie: L – długość analizowanego pola

Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnią prędkość, średnią wydajność teoretyczną, średnią wydajność w ogólnym czasie zmiany.

Określono możliwą do osiągnięcia powierzchnię pracy maszyny w roku korzystając ze wzoru:

$$Q = W_{04} \cdot m \quad [\text{ha}] \quad (2)$$

gdzie: m – możliwa do osiągnięcia liczba godzin pracy maszyny w roku, h.

Zmierzono opory robocze i opory przetaczania agregatu metodą przeciągania. W celu zwiększenia dokładności pomiaru wykorzystano trzy czujniki tensometryczne połączone w szereg o zakresach pomiarowym do: 3 kN, 6kN, 20 kN. Do archiwizowania wartości pomiarowych wykorzystano interfejs AL154DA06.

Określono współczynnik oporów toczenia agregatu korzystając ze wzoru:

$$f = \frac{P_f}{G_a} \quad (3)$$

gdzie: G_a – ciężar agregatu (ciągnik i maszyna),
 P_f – zmierzony opór toczenia agregatu

Określono współczynnik oporu roboczego korzystając ze wzoru:

$$k_1 = \frac{R_a}{B} \quad [\text{kN/m}] \quad (4)$$

gdzie: R_a – zmierzone opory robocze maszyny,
 B – szerokość robocza, m

Zużycie paliwa wyznaczono instalując na ciągniku zbiornik pomiarowy o pojemności jednego litra, działka elementarna 0,01 l. Mierzono czas zużycia określonej dawki paliwa (bieg jałowy), lub objętość zużytego paliwa w czasie: nawrotu, przejazdu roboczego maszyny i dojazdu do i z pola. Koszty jednostkowe pracy maszyn obliczono korzystając ze wzoru [4]:

$$k_j = \frac{C_m}{W_r \cdot T_{lat}} \left[1 + k_n + 0,5 \left(1 + \frac{C_o}{C_n} \right) (i_{kr} + i_{ub}) \right] + \frac{Z_p \cdot C_p (1 + k_{sm})}{W_{04}} + \frac{C_r (1 + \beta_p)}{W_{04}} + K \cdot k_g \quad [\text{zł/ha}] \quad (5)$$

gdzie:

C_m – cena maszyny, zł,
 C_o – cena zbytu maszyny po okresie użytkowania, zł, przyjęto 10% wartości,
 C_p – cena paliwa, zł/dm³, przyjęto 2,30 zł za 1 dm³,

- C_r – płaca operatora, przyjęto 8 zł/h,
 i_{kr} – stopa oprocentowania kredytu bankowego na zakup maszyny, przyjęto 0,25,
 i_{ub} – stopa kosztów ubezpieczenia maszyny, przyjęto 0,10,
 k_n – wskaźnik kosztów naprawy maszyny do ceny jej zakupu, przyjęto 1,0
 k_{sm} – wskaźnik kosztów zużycia olejów i smarów do kosztów paliwa, przyjęto 0,3,
 T_{lat} – lata amortyzacji (użytkowania) maszyn, przyjęto 10 lat,
 W_r – wydajność roczna maszyny, ha,
 Z_p – zużycie paliwa, naorywacz grzędę – 2,8; kultywator – 3,2, dm³/h,
 β_p – wskaźnik narzutów na płace operatora, np. ubezpieczenie, przyjęto 0,49,
 K – kubatura pomieszczenia garażowego, m³,
 k_g – koszt eksploatacji garażów, przyjęto 24,7 zł/m³ dla drewnianego [1].

Ceny maszyn zestawiono w tabeli 2.

Obliczono koszty godzinowe:

$$k_h = k_j \cdot W_{04} \quad [\text{zł/h}] \quad (6)$$

TABELA 2

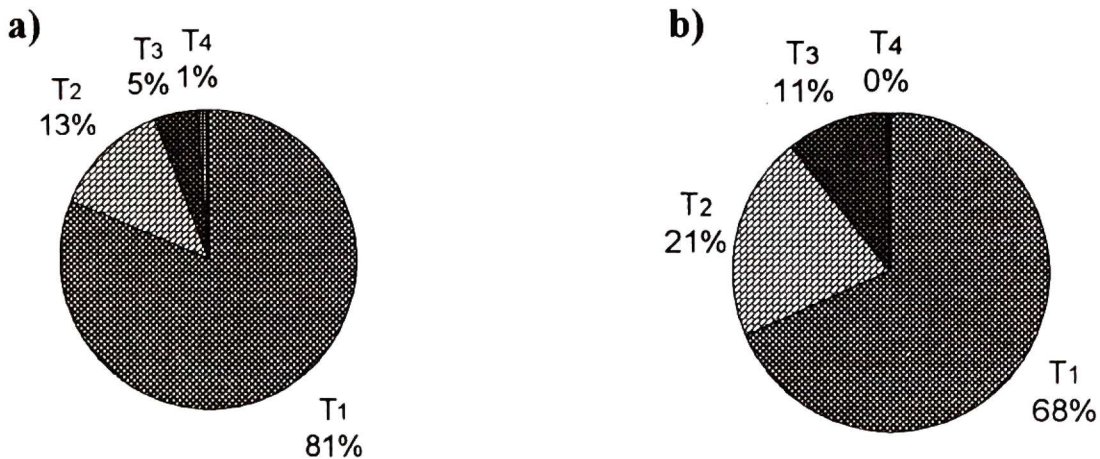
Cechy charakterystyczne maszyn; C_m – cena maszyny, C_o – cena zbytu maszyn po okresie użytkowania, K – kubatura pomieszczenia garażowego

Rodzaj maszyny	Ciągnik 4512	Naorywacz grzędę	Kultywator z wałem strunowym
C_m [zł]	55 030	14 490	7059
C_o [zł]	5503	1449	705,9
K [m ³]	19,3	2,8	1,2

Okres agrotechniczny ustalony na podstawie terminu siewu i szkółkowania podstawowych gatunków drzew leśnych dla maszyn zawiera się od marca do czerwca i od września do października [3]. Dla określenia możliwego do osiągnięcia czasu pracy maszyny jak i powierzchni jaką może ona obrobić w ciągu roku założono, że maszyna będzie pracowała w okresie agrotechnicznym tj. 115 dni, przez siedem godzin dziennie i pięć dni w tygodniu, co daje 800 godzin pracy na rok.

Wyniki badań

Bilans czasu pracy analizowanych maszyn przedstawiono na rycinie 3. Uzyskana na poszczególnych polach wydajność w czasie roboczym zmiany naorywacza grzędę siewnej wynosiła od 0,085 do 0,118 ha/h, zaś kultywatora z wałem strunowym od 0,186 do 0,322 ha/h (tab. 3). Tak duże różnice wydajności dla tych maszyn mają przyczynę w znacznej



RYC. 3. Bilans czasu pracy: a – naorywacz grzędę, b – kultywator z wałem strunowym

TABELA 3

Wartości parametrów eksploatacyjnych: K_{02} – współczynnik wykorzystania czasu operacyjnego, K_{04} – współczynnik wykorzystania czasu roboczego zmiany, W_1 – wydajność efektywna, W_{02} – wydajność operacyjna, W_{04} – wydajność w czasie roboczym zmiany, V – średnia prędkość na poszczególnych polach

Nr pola	V [m/s]	W [ha/h]			K_{02}	K_{04}
		W_1	W_{02}	W_{04}		
Naorywacz grzędę siewnej						
1	0,309	0,133	0,120	0,118	0,906	0,888
2	0,267	0,115	0,101	0,095	0,876	0,815
3	0,275	0,119	0,095	0,085	0,799	0,695
4	0,302	0,131	0,108	0,104	0,825	0,793
5	0,301	0,130	0,109	0,108	0,841	0,829
Średnia	0,291	0,125	0,107	0,102	0,849	0,804
Odch. stand.	0,019	0,008	0,009	0,012	0,042	0,070
Wsp. zmien. [%]	6,397	6,401	8,904	12,234	4,986	8,685
Kultywator z wałem strunowym						
2	0,965	0,417	0,332	0,302	0,795	0,719
6	0,661	0,285	0,208	0,186	0,736	0,635
4	0,887	0,383	0,270	0,270	0,704	0,704
5	0,954	0,412	0,326	0,322	0,791	0,781
Średnia	0,867	0,374	0,284	0,270	0,756	0,710
Odch. stand.	0,142	0,061	0,058	0,060	0,044	0,060
Wsp. zmien. [%]	16,343	16,349	20,347	22,120	5,826	8,421

rozpiętości uzyskiwanych prędkości roboczych (naorywacz grzędy siewnej od 0,27 do 0,31 m/s, kultywator z wałem strunowym od 0,66 do 0,97 m/s) a także w dużej zmienności: wyszkolenia i praktyki traktorzystów pracujących tymi maszynami. Były to pierwsze lata użytkowania tych maszyn, w przyszłości bardziej realne będą prędkości większe.

Znaczna różnica jednostkowych oporów roboczych (tab. 4) i nieduża zużycia paliwa (tab. 5) naorywacza grzędy siewnej i kultywatora z wałem strunowym sugeruje stosowanie ciągników o różnej mocy do agregatowania z tymi maszynami.

W celu obliczenia wykorzystania rocznego przyjęto następujące założenia:

TABELA 4

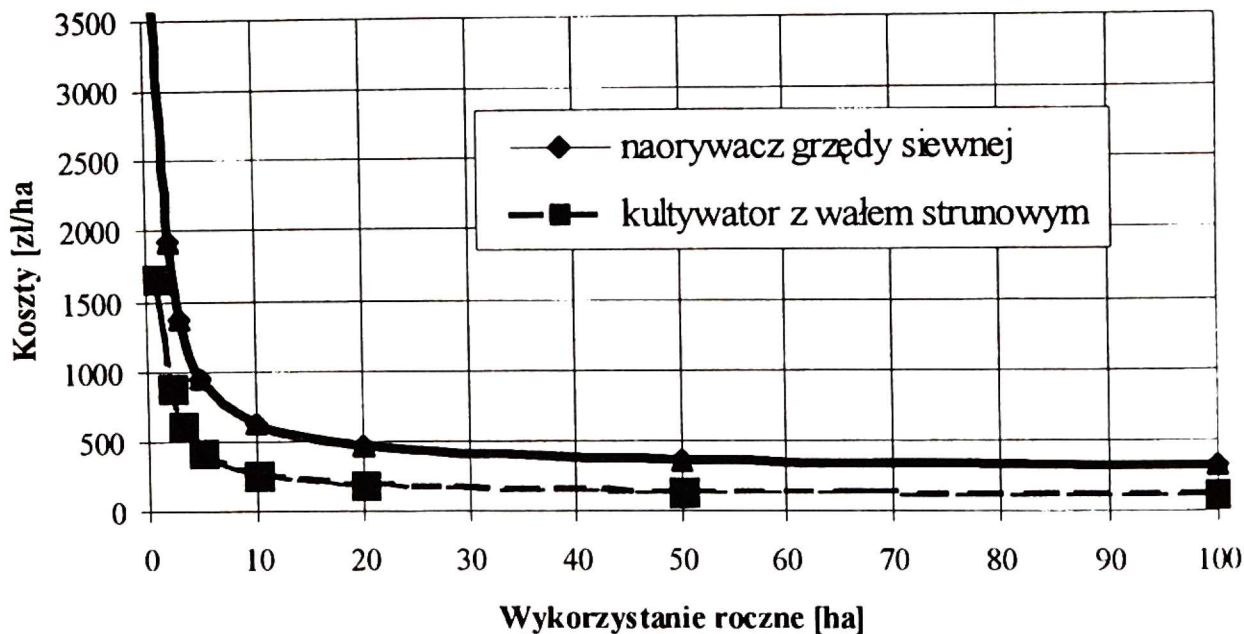
Wartości oporów agregatu, ciągnik Ursus 4512: f – współczynnik oporów toczenia, k_1 – opory jednostkowe maszyn

Wartość	Opory [kN]			k_1 [kN/m]	f
	całkowite	toczenia	robocze		
Naorywacz grzędy siewnej					
Średnia	7,203	2,913	4,290	3,575	0,0924
Odch. st.	1,277	0,760	1,353	1,128	0,0241
Wsp. zm. [%]	17,73	26,08	31,55	31,55	26,08
Kultywator z wałem strunowym					
Średnia	3,403	2,355	1,048	0,873	0,0171
Odch. st.	0,656	0,516	0,779	0,649	0,0171
Wsp. zm. [%]	19,28	21,90	74,31	74,31	21,90

TABELA 5

Zużycie paliwa, ciągnik Ursus 4512

Maszyna	Wartość	Zużycie paliwa [l/ha]			
		T ₁	T ₂	T ₄	T ₆
		bieg jałowy			
Naorywacz grzędy siewnej	średnia	2,001	1,006	0,875	1,800
	odch. stan.	0,211	0,015	0,065	0,283
	wsp. zm. [%]	10,56	1,50	7,40	15,71
Kultywator z wałem strunowym	średnia	1,526	1,215	0,875	1,549
	odch. stan.	0,273	0,247	0,065	0,108
	wsp. zm. [%]	17,91	20,29	7,40	6,99



RYC. 4. Wykres kosztów pracy ciągnika U4512 z: naorywaczem grzędy siewnej i kultywatem z wałem strunowym w zależności od wydajności rocznej

- przyjęto okres agrotechniczny 115 dni i pracę przez pięć dni w tygodniu,
- ośmiogodzinny dzień pracy przy czym jedną godzinę dziennie poświęcamy na obsługę techniczną maszyny, dojazd do pola i powrót, przerwy w czasie pracy.

Dla takich założeń wydajność roczna wynosi: dla naorywacza grzędy siewnej 80 ha a dla kultywatora z wałem strunowym 216 ha. Koszty przedsięwzięcia przygotowania gleby tymi maszynami współpracującymi z ciągnikiem U4512 przedstawia wykres na rycinie 4. Przy wykorzystaniu rocznym 20 ha koszty wynoszą: naorywacz grzędy siewnej – 455,80 zł/ha, kultywator z wałem strunowym – 191,34 zł/ha, suma – 647,14 zł/ha.

Wnioski

- Średnie prędkości pracy badanych maszyn wynoszą: naorywacza grzędy siewnej 0,29 m/s, kultywatora z wałem strunowym 0,87 m/s i są w znacznym stopniu zależne od warunków glebowych i doświadczenia traktorzysty.
- Średnia wydajność w czasie roboczym zmiany wynosi: naorywacza grzędy siewnej 0,10 ha/h, kultywatora z wałem strunowym 0,27 ha/h.
- Obliczona wydajność roczna wynosi: dla naorywacza grzędy siewnej 80 ha, a dla kultywatora z wałem strunowym 216 ha i jest ona znacznie wyższa od powierzchni powszechnie obrabianej tymi maszynami w praktyce leśnej.
- Minimalne roczne wykorzystanie dla naorywacza grzędy powinno wynosić przynajmniej 10 ha, a dla kultywatora z wałem strunowym 20 ha.

Literatura

1. **Ammann H.** 1999: Maschinenkosten Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen.
2. **Lorencowicz E.** 1996: Poradnik użytkowania techniki rolniczej w tabelach. Fundacja AR w Lublinie.
3. **Sobczak R.** 1992: Szkółkarstwo Leśne, praca zbiorowa, Warszawa.
4. **Więsik J.** 1998: Czynniki decydujące o wyborze maszyn do pozyskiwania drewna w Polsce, Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, nr 6, 6-9.

*Katedra Mechanizacji Prac Leśnych
AR w Krakowie, Wydział Leśny
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków*

Summary

Exploitation-economic research on machines forming the sowing substrate bed in nurseries

A methodology of studies on the work of nursery aggregates was elaborated, using video camera and direct measuring. The time of aggregating, regulation, servicing and machine work was recorded in movies. The pictures were projected at slowed rates using video device during the quantitative analysis. On the screen, with time counter, the lasting of individual stages of aggregate work was measured according to the BN-76/9195-OI Standard as defined by the domestic System of Forest Machines. Working resistance and combine moving resistance were measured with the drawing method. The fuel output was measured with an additional measuring container mounted on the tractor.

The efficient output, operational output, the output in the working time of shift, and exploitation coefficients were calculated. The latter coefficients contained: the coefficient of using operational time, the coefficient of using working time of shift, and machine exploitation costs. The methodology presented was used, i.a. to research the device forming the sowing bed and cultivator with string shaft, the research on which will be presented later.