

MECHANICAL WEED CONTROL OF SUGAR BEET

Summary

This paper presents operating evaluation of a new generation hoe while hoeing of weeds and fertilizing of urea and ammonium nitrate solution in sugar beet production conditions. The research was carried out for the two control systems of hoes in operation: manual and automatic. Manual control of hoes, took place with a lever. The lever was on the control panel. Operator was sitting on the seat attached to the frame hoe. Automatic control of hoe was performed using electro-hydraulic control system developed by the Agronomic. Average effective field capacity of Agronomic hoe, during the two-year study, while working with manual control was $1.6 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ and using capacity was $0.86 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. While working with automatic control, average effective field capacity during the study was $3.5 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ and using capacity was $1.86 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. The cost of mechanical cultivation in sugar beet for one agricultural chemistry operation, for using manual control were about $131 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, and for automatic control were about $67 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Key words: sugar beet; mechanical weed control; efficiency; field experimentation

MECHANICZNA PIELEGNACJA PLANTACJI BURAKÓW CUKROWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono ocenę eksploatacyjną pielniaka nowej generacji podczas pielienia i nawożenia roztworem saletrzano-mocznikowym buraków cukrowych w warunkach produkcyjnych. Badania były realizowane dla dwóch systemów sterowania pielniakiem podczas pracy: ręcznego i automatycznego. Sterowanie pielniakiem sposobem ręcznym odbywało się za pomocą dźwigni znajdującej się na pulpicie sterowniczym przez operatora siedzącego na siedzisku przymocowanym do ramy pielniaka. Sterowanie automatyczne pielniakiem było wykonywane przez elektrohydrauliczny system sterowania opracowany przez firmę Agronomic. Średnia wydajność efektywna pielniaka Agronomic w okresie dwuletnich badań podczas pracy ze sterowaniem ręcznym wynosiła $1,6 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a wydajność eksploatacyjna $0,86 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Podczas pracy ze sterowaniem automatycznym średnia wydajność efektywna w latach prowadzenia badań wynosiła $3,5 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a wydajność eksploatacyjna $1,86 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Koszty pielęgnacji mechanicznej w burakach cukrowych dla jednego zabiegu agrotechnicznego przy sterowaniu ręcznym wynosiły około $131 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, a przy sterowaniu automatycznym około $67 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe; pielęgnacja mechaniczna; wydajność; badania polowe

1. Wstęp

Wzrost roślin uprawianych w szerokim rozstawie rzędów może być spowolniony przez zachwaszczenie plantacji. Rozwojowi chwastów sprzyjają nie tylko szerokie międzyrzędzia, ale także powolny rozwój młodych roślin. Utrzymanie plantacji w stanie wolnym od chwastów można zapewnić różnymi metodami, ale obecnie jest najczęściej realizowane metodą chemiczną oraz sporadycznie metodą mechaniczno-chemiczną lub mechaniczną [1, 3, 7, 9, 18, 29, 33]. Obszerna oferta herbicydów umożliwia w praktyce zniszczenie wszystkich chwastów. Skuteczne i efektywne stosowanie chemicznych środków ochrony roślin jest także wynikiem postępu w technice opryskiwania. Dlatego do pielęgnacji roślin uprawianych w szerokim rozstawie rzędów, czyli w burakach cukrowych, kukurydzy, ziemniakach czy rzepaku zamiast pielniaków powszechnie stosuje się opryskiwacze. Pomimo wysokich kosztów środków chemicznych, ma to miejsce zarówno na dużych plantacjach, jak i w gospodarstwach rodzinnych o mniejszych powierzchniach upraw. Wadą chemicznej ochrony roślin jest także potencjalne zagrożenie pozostałościami substancji aktywnych naturalnego środowiska i produktów żywnościowych [3, 7, 16, 32, 33]. Wzrost zapotrzebowania na tzw. bezpieczną żywność przyczynił się nie tylko do wzrostu znaczenia rolnictwa ekologicznego, ale także do wprowadzania bezpiecznych dla żywności metod ochrony roślin

w rolnictwie konwencjonalnym, w tym mechanicznej uprawy pielęgnacyjnej. Ma to wpływ nie tylko na rozwój konstrukcji pielniaków, ale także na poszukiwanie innych niechemicznych metod ochrony roślin [6, 8, 15, 32, 33]. W zakresie techniki pielienia notowany jest rozwój ukierunkowany na nowe elementy robocze oraz na automatykę prowadzenia zespołów roboczych w międzyrzędziach. W tym drugim zakresie najczęściej stosuje się rozwiązania oparte na prowadzeniu zespołów roboczych według śladu (w bruzdzie) pozostawionego podczas siewu lub na podstawie fotooptycznego obrazu rzędów roślin [6, 13, 14, 15, 21, 26, 27, 33].

Dalsze zwiększenie udziału mechanicznej uprawy pielęgnacyjnej w tradycyjnym rolnictwie jest możliwe, ale wymaga zweryfikowania dotychczasowych poglądów na walkę z chwastami. Dotyczy to przede wszystkim wprowadzenia zasady regulacji zachwaszczenia, zamiast całkowitego niszczenia chwastów [14]. Z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego wskazane jest, aby jak najszerszej stosować pielęgnację mechaniczną [3]. Zabiegi chemiczne powinny być uzupełnieniem pielęgnacji mechanicznej i tylko w przypadku, kiedy okaże się ona mało skuteczna. Zintegrowanie pielienia z opryskiwaniem pasowym zmniejsza zużycie herbicydów w zależności od szerokości międzyrzędzi o 40–75% [2, 28]. Na celowość ochrony buraków metodami integrowanymi, czyli połączeniem metod chemicznych i niechemicznych wskazuje również Paradowski [23].

Według Van Zuydama i in. [29] zastosowanie opryskiwania pasowego w rzędzie buraków cukrowych o szerokości 12,5 cm i mechanicznego zwalczania chwastów w pasie o szerokości 40 cm, przy pokrywaniu się tych pasów na szerokość 2,5 cm, umożliwia objęcie pielęgnacją mechaniczną od 60–67% powierzchni pola. Rozwój zespołów roboczych pielniaków umożliwił zwiększenie powierzchni uprawy międzyrzędzi do 90%, a w przypadku zastosowania w sekcji roboczej palcowych kół pielących można zniszczyć chwasty na całej powierzchni pola [6, 15, 33]. Uprawę mechaniczną cechują również korzystne koszty wykonania zabiegu [14, 29, 33] aczkolwiek są również opinie, że pielęgnacja mechaniczna jest droga i niewydajna, dlatego powinna być stosowana przede wszystkim w uprawach ekologicznych [15]. Według Paradowskiego [23] wybór i zastosowanie jednej metody pielęgnacji lub ich łączne wykorzystanie należy do producenta buraków. Powinien on się posługiwać takim rozwiązaniem, które wpływa korzystnie na wysoki efekt ekonomiczny, jest zgodne z przepisami ustawy o ochronie roślin, a także daje mu zadowolenie z podjętego działania.

Nowoczesne pielniki mogą być wyposażone w opryskiwacz pasowy i rzędowy siewnik nawozu lub w rozlewacz roztworu saletrzano-mocznikowego (RSM). Można założyć, że pielęgnacja mechaniczna upraw szerokorzędowych w połączeniu z dodatkowym zabiegiem np. rzędowym nawożeniem jest zabiegiem efektywnym ekonomicznie. Weryfikacja tego założenia wymaga wprawdzie poznania parametrów eksploatacyjnych pielnika. W literaturze brakuje aktualnych danych dotyczących wskaźników eksploatacyjnych pielniaków pracujących z dodatkowym wyposażeniem. Dlatego zostały podjęte badania eksploatacyjne pielnika nowej generacji, który był wyposażony w rozlewacz RSM oraz w układ automatycznego sterowania zespołów roboczych. Dla porównania przeprowadzono badania tego samego pielnika przy zastosowaniu sterowania ręcznego. Badania eksploatacyjne przeprowadzono w warunkach produkcyjnych gospodarstwa wielkotowarowego podczas zabiegów pielęgnacji mechanicznej uprawy buraków cukrowych. Wyniki badań były podstawą do określenia wydajności agregatu pielącego, nakładów robocizny, zużycia paliwa i kosztów eksploatacji.

2. Materiał i metody badań

Przedmiotem badań był 12-rzędowy pielnik francuskiej firmy Agronomic typ BIN. W pierwszym roku pielnik był zagregowany z ciągnikiem Renault 133.14 o mocy 98 kW, wyposażonym w specjalne tylne ogumienie o szerokości 25 cm. W drugim roku badań z pielnikiem współpracował ciągnik Renault 125.14 o mocy 92 kW, wyposażony w takie samo ogumienie. Każda wewnętrzna sekcja robocza pielnika posiadała trzy gęsiostopki, umieszczone między ekranami ochronnymi. Sekcje skrajne były wyposażone w jeden ekran ochronny oraz w dwie gęsiostopki. Dodatkowo w każdej sekcji pielącej, za skrajną gęsiostopką w sekcji (po prawej lub lewej stronie), zamontowano redlicę dłutową do nawożenia roztworem saletrzano-mocznikowym. Zbiornik RSM o pojemności 1000 dm³ był umieszczony na przednim trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika. Dawka rozlewanej roztworu RSM wynosiła 300 dm³·ha⁻¹.

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu dwóch systemów sterowania pielnikiem: ręcznego i automatyczne-

go. Sterowanie ręczne odbywało się za pomocą dźwigni na pulpicy sterowniczej. Operator z siedziska przymocowanego do ramy pielnika korygował położenie sekcji pielących względem rzędów roślin. Do automatycznego prowadzenia sekcji pielnika w międzyrzędziach wykorzystano elektrohydrauliczny system sterowania opracowany przez firmę Agronomic.

Badania pielnika prowadzono w okresie dwóch sezonów wegetacyjnych podczas pierwszego pielienia plantacji buraków cukrowych w gospodarstwie rolnym spółki Agronomic Polska w Borowie Wielkim. W pierwszym roku badań uprawę pielęgnacyjną wykonano na plantacji o powierzchni 53,0 ha, a w drugim 50,2 ha. Rozstaw rzędów buraków wynosił 45 cm.

Badania eksploatacyjne prowadzono według normy BN-76/9195-01 [19], natomiast wskaźniki eksploatacyjne określono zgodnie z normą BN-77/9195-02 [20]. Zużycie paliwa określano metodą pełnego zbiornika. Dzienną powierzchnię uprawionego pola wyznaczano za pomocą odbiornika GPS MAP76 firmy Garmin. Koszty zabiegów pielęgnacyjnych obliczono według metody Muzalewskiego [17]. Do obliczeń kosztów wykorzystano dane pozyskane z zapisów księgowych gospodarstwa oraz wskaźniki wyznaczone na podstawie badań eksploatacyjnych.

3. Wyniki badań

Parametry eksploatacyjne pielnika wyznaczone na podstawie przeprowadzonych badań zestawiono w tabeli 1. Chronometraż był podstawą do wyznaczenia wydajności pielnika odniesionej do efektywnego czasu pracy, czasu operacyjnego, roboczego i eksploatacyjnego. Wydajność efektywna określa potencjał pracy agregatu. Od jego wykorzystania zależy wydajność eksploatacyjna. Analiza wydajności w czasie operacyjnym, roboczym i eksploatacyjnym wskazuje na przyczyny i strukturę strat czasu ogólnego zmiany. Straty te są formalnie określone przez współczynniki eksploatacyjne.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że wydajność pielnika podczas pracy ze sterowaniem automatycznym była ponad 2-krotnie większa, niż podczas sterowania ręcznego. Średnia wydajność efektywna z dwóch lat obserwacji samosterującego pielnika wynosiła 3,5 ha·h⁻¹. Średnia wydajność w czasie roboczym była mniejsza o 36% i wynosiła 2,25 ha·h⁻¹. Wydajność eksploatacyjna stanowiła 57% wydajności efektywnej i wynosiła 1,86 ha·h⁻¹.

Podczas pracy ze sterowaniem ręcznym średnia wydajność efektywna pielnika wynosiła 1,6 ha·h⁻¹, wydajność w czasie roboczym 1,03 ha·h⁻¹, a wydajność eksploatacyjna 0,86 ha·h⁻¹. Ta duża różnica wydajności wynika z prędkości roboczej agregatu, która podczas pracy ze sterowaniem automatycznym wahała się od 5,5 do 6,75 km·h⁻¹, a podczas pielienia ze sterowaniem ręcznym musiała być blisko połowę niższa i wynosiła tylko 3,0 km·h⁻¹.

Stosunkowo niska wartość współczynnika codziennej obsługi technicznej K₃₁ była spowodowana koniecznością sprawdzania stanu technicznego pielnika, a w szczególności mocowania elementów roboczych. Na obniżenie wartości współczynnika pewności technologicznej K₄₁ wpłynęło blokowanie się kamieni między elementami roboczymi. Konieczne było przerwanie pracy, uniesienie pielnika i usunięcie kamieni z przestrzeni między gęsiostopkami lub gęsiostopką i dłutem rozlewacza RSM.

Tab. 1. Wyniki badań eksploatacyjnych pielniaka z rozlewaczem roztworu saletrzano-mocznikowego
 Table 1. Statement indices of exploitation for the investigated weed machine

Parametr Parameter	Jedn. miary Unit of measure	Praca ze sterowaniem ręcznym			Praca ze sterowaniem automatycznym		
		I rok badań	II rok badań	średnio	I rok badań	II rok badań	średnio
Średnia prędkość robocza Average operating speed	m·s ⁻¹	0,84	0,81	0,82	1,87	1,74	1,80
Wydajność efektywna W ₁ Effective capacity	ha·h ⁻¹	1,63	1,57	1,60	3,63	3,38	3,50
Wydajność operacyjna W ₀₂ Operating capacity W ₀₂	ha·h ⁻¹	1,36	1,26	1,31	2,88	2,44	2,66
Wydajność robocza W ₀₄ Capacity in the working time W ₀₄	ha·h ⁻¹	1,00	1,05	1,03	2,36	2,14	2,25
Wydajność eksploatacyjna W ₀₇ Overall area capacity W ₀₇	ha·h ⁻¹	0,84	0,88	0,86	1,93	1,78	1,86
Współczynnik wykorzystania czasu operacyjnego zmiany K ₀₂ Operating time utilization coefficient K ₀₂	-	0,84	0,81	0,82	0,79	0,72	0,76
Współczynnik wykorzystania czasu roboczego zmiany K ₀₄ Working time utilization coefficient K ₀₄	-	0,61	0,67	0,64	0,65	0,63	0,64
Współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego zmiany K ₀₇ Exploitation time utilization coefficient K ₀₇	-	0,52	0,60	0,54	0,53	0,53	0,53
Współczynnik codziennej obsługi technicznej K ₃₁ Everyday technical service coefficient K ₃₁	-	0,85	0,91	0,88	0,86	0,93	0,89
Współczynnik pewności technologicznej K ₄₁ Technological reliability coefficient K ₄₁	-	0,93	0,97	0,95	0,99	0,95	0,97
Współczynnik pewności technicznej K ₄₂ Technical reliability coefficient K ₄₂	-	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,98
Zużycie paliwa Fuel consumption	l·h ⁻¹ l·ha ⁻¹	4,71 5,59	5,03 5,71	4,87 5,65	6,91 3,58	7,46 4,19	7,18 3,89
Nakłady robocizny A ₀₇ Labour consumption A ₀₇	rbh·ha ⁻¹	2,37	2,27	2,32	0,52	0,56	0,54
Koszty eksploatacji* Machinery operating costs*	zł·h ⁻¹ zł·ha ⁻¹	112,96 134,47	112,96 128,36	112,96 131,35	124,92 64,72	124,92 70,18	124,92 67,16

* koszty eksploatacji agregatu nie uwzględniają kosztów robocizny przy obsłudze maszyny i ciągnika

Badany agregat charakteryzował się wysoką niezawodnością techniczną. W trakcie prowadzenia badań miała miejsce tylko jedna awaria w pierwszym roku badań spowodowana zerwaniem się paska napędzającego pompę rozlewacza roztworu saletrzano-mocznikowego podczas pielienia ze sterowaniem automatycznym. Pielniak Agronomic charakteryzowała również wysoka pewność technologiczna. Podczas pracy ze sterowaniem ręcznym współczynnik pewności technologicznej K₄₁ wyniósł 0,95 i był niższy w porównaniu do pracy ze sterowaniem automatycznym, gdzie wyniósł średnio 0,97. Praca z większą prędkością podczas sterowania automatycznego sprzyjała lepszej dynamice pracy elementów roboczych, co powodowało łatwiejsze omijanie kamieni przez elementy robocze sekcji pielących. Warto zauważyć, że zastosowanie w sekcji dwóch noży kątowych i jednej gęsiostopki umieszczonej centralnie pozwala uzyskać większe odległości między trzonkami niż w przypadku zamontowania trzech gęsiostoppek. Dlatego też w tradycyjnych pielniakach krajowej konstrukcji zjawisko zapychania się sekcji kamieniami występowało znacznie rzadziej.

Podczas pracy ze sterowaniem ręcznym agregat maszynowy zużywał średnio 4,87 l·h⁻¹ oleju napędowego, czyli 5,65 l·ha⁻¹. Podczas pracy ze sterowaniem automatycznym godzinowe zużycie paliwa było większe o 91% i wynosiło średnio 7,18 l·h⁻¹, a jednostkowe 3,89 l·ha⁻¹.

Pracochłonność ręcznego sterowania pielniakiem była średnio czterokrotnie większa niż automatycznego ze względu na dodatkową osobę do obsługi agregatu oraz mniejszą wydajność pracy. Pracochłonność pielienia ze sterowaniem ręcznym agregatu w czasie eksploatacyjnym A₀₇ wynosiła 2,32 rbh·ha⁻¹, a podczas sterowania automatycznego 0,54 rbh·ha⁻¹ (tab. 1).

Koszty zabiegów pielęgnacyjnych wyznaczono w oparciu o dane księgowe z gospodarstwa i wskaźniki eksploatacyjne wyznaczone na podstawie badań. Do obliczeń przyjęto następujące dane wyjściowe: roczne wykorzystanie ciągnika 800 godzin, okres użytkowania ciągnika 20 lat, koszt ubezpieczenia ciągnika użytkowanego 82 zł·rok⁻¹, roczne wykorzystanie pielniaka 200 godzin, okres użytkowania pielniaka 20 lat. Ponieważ ciągniki Renault nie są już produkowane (ich produkcja została przejęta przez firmę Claas), do obliczeń

przyjęto cenę ciągnika o podobnej mocy typu Claas Arion 620 o mocy 100 kW, który kosztuje 340 000 złotych brutto. Cena 12-rzędowego pielniaka Agronomic z automatycznym systemem sterowania wraz z opcjonalnym wyposażeniem do nawożenia RSM wyniosła 77 725 złotych. Wydajność eksploatacyjną W_{07} i zużycie paliwa przyjęto do obliczeń zgodnie z wynikami i uzyskanymi z badań własnych.

Wyznaczone w oparciu o powyższe dane jednostkowe koszty eksploatacji agregatu do pielienia wynosiły 113 $\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$ dla ręcznego sposobu sterowania oraz 125 $\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$ dla automatycznego sposobu sterowania. Znacznie bardziej były zróżnicowane koszty eksploatacji agregatu na jednostkę wykonanej pracy. Średni koszt dla ręcznego sposobu sterowania wynosił 131 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast dla automatycznego 67 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$.

4. Dyskusja wyników

Wydajność powierzchniowa agregatów maszynowych jest podstawowym wskaźnikiem ich oceny eksploatacyjnej. Wydajność zależy od szerokości i prędkości roboczej oraz od organizacji pracy agregatu. Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku pielniaka duży wpływ na wydajność wywiera sposób sterowania elementami roboczymi.

Podczas pracy ze sterowaniem ręcznym wydajność efektywna 12-rzędowego pielniaka Agronomic wynosiła ok. 1,6 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a średnia wydajność eksploatacyjna 0,86 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Wartość ta mieści się w przedziale wydajności uzyskanych przez Przybyła [25] w badaniach 12-rzędowego pielniaka typu P 434 sterowanego ręcznie. W tych badaniach wydajność efektywna agregatu podczas pierwszego pielienia buraków cukrowych wynosiła 1,41 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a podczas drugiego 2,07 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Podczas pracy ze sterowaniem automatycznym pielniak firmy Agronomic pracował ze średnią wydajnością efektywną 3,5 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. W badaniach Przybyła [25] pielniak firmy Matrot B1, sterowany podobnie jak pielniak firmy Agronomic, podczas pierwszego pielienia osiągnął wydajność efektywną od 2,65-3,17 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Natomiast czołowy pielniak firmy Rau pracował z wydajnością od 1,98 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (pierwsze pielienie) do 2,54 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (drugie pielienie). Wyniki badań można odnieść do wymagań zawartych w Systemie Maszyn Rolniczych [28] (SMR obecnie już nie obowiązuje, ale może być stosowany dla porównania wskaźników eksploatacyjnych uzyskiwanych przez agregaty maszynowe), według których pielniaki o szerokości roboczej do 5,4 m powinny osiągać wydajność efektywną 2,2 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że badany pielniak w wersji ze sterowaniem ręcznym nie spełniał tego kryterium, natomiast pielniak z prowadzeniem automatycznym wymóg ten spełniał.

Wydajność rzeczywista agregatu maszynowego różni się od wydajności efektywnej ze względu na nieuniknione straty czasu z przyczyn niezależnych od warunków eksploatacyjnych. W ogólnym czasie zmiany można rozróżnić składniki związane z pracą wykonywaną przez daną maszynę, objęte ogólną nazwą roboczego czasu zmiany oraz składniki nie związane bezpośrednio z wykonywaną pracą, ale mające wpływ na wydajność eksploatacyjną. W przeprowadzonych badaniach średnia wydajność pielniaka w czasie roboczym wynosiła od 1,03 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (przy ręcznym sterowaniu) do 2,25 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (przy samosterowaniu). Wydajność w czasie roboczym stanowiła tylko 64% wydajności efektywnej. Jest to spowodowane głównie koniecznością przerywania pracy agregatu w celu napełnienia zbiornika rozlewacza nawozu. W odniesieniu do wymagań SMR [28],

wydajność w czasie roboczym powinna wynosić 1,8 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a więc pielniak sterowany ręcznie nie spełniał tego kryterium. Natomiast pielniak pracujący w trybie automatycznym przekroczył ten wymóg o 0,45 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. W badaniach Przybyła [25] pielniak P434 w czasie roboczym uzyskał wydajność od 0,9-1,25 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$, czyli także nie spełniał wymagań SMR. Natomiast pielniaki Matrot i Rau wymóg ten spełniały, uzyskując odpowiednio 1,9 i 1,85 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Ważnym kryterium oceny agregatów maszynowych jest również godzinowe zużycie paliwa w czasie eksploatacyjnym. Według SMR [28] zużycie paliwa nie powinno przekraczać 3,0 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2,5 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). W badaniach własnych agregat pielący ze sterowaniem ręcznym zużywał średnio 5,7 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (4,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), czyli przekraczał ten wymóg o 92%. Natomiast podczas pracy z prowadzeniem automatycznym zużycie paliwa wynosiło średnio 3,9 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (3,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i było większe od wymagań o 32%. Zwiększone zużycie paliwa można wyjaśnić zwiększonym oporem roboczym agregatu, w tym większym oporem toczenia ciągnika, wskutek jednoczesnego z pielieniem aplikowania nawozu. W badaniach Przybyła [25] pielniaki charakteryzowały się mniejszym zużyciem paliwa. Ciągnik z pielniakiem P 434, sterowanym ręcznie, zużywał 2,9 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), a z czołowym pielniakiem Rau 1,9 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1,6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ciągnik ze samosterującym pielniakiem Matrot, najbardziej konstrukcyjnie zbliżonym do pielniaka Agronomic, zużywał 3,5 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2,9 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Jeśli uwzględnić, że w przypadku pielniaka Agronomic jednocześnie wykonywano nawożenie, to zużycie paliwa na poziomie 3,9 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (3,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) należy uznać jako zadowalające.

Mechaniczna uprawa pielęgnacyjna jest obecnie stosowana przede wszystkim w gospodarstwach ekologicznych. Według Kouwenhoven'a [13] mechaniczne zwalczanie chwastów pielniakami jest możliwe, jeśli występują korzystne warunki pogodowe dla wykonania zabiegu. Nakłady pracy ręcznej przy zwalczaniu chwastów w zależności od warunków panujących na polu mogą wynosić od 160-210 $\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$ [10, 16].

W badaniach własnych pracochłonność pielienia agregatem sterowanym ręcznie wynosiła średnio 2,32 $\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast podczas automatycznego sterowania pielniaka 0,54 $\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zastosowanie pielniaka pozwala na niszczenie chwastów w międzyrzędziach, a chwasty rosnące w rzędach roślin mogą być usuwane ręcznie. Takie rozwiązanie technologiczne w gospodarstwach ekologicznych pozwala na znaczące zmniejszenie nakładów pracy ręcznej przy zwalczaniu chwastów na plantacjach roślin uprawianych w szerokich rzędach.

Koszty pielęgnacji mechanicznej w burakach cukrowych dla jednego zabiegu agrotechnicznego przy sterowaniu ręcznym wynosiły około 131 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, a przy sterowaniu automatycznym około 67 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zakładając wykonanie trzech mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych w sezonie agrotechnicznym, koszty pielęgnacji mechanicznej wynosiłyby odpowiednio 393 i 201 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ łącznie z nawożeniem pogłównym nawozem azotowym. Natomiast aktualne koszty herbicydów (bez kosztów wykonania zabiegu), wg kalkulacji Ośrodków Doradztwa Rolniczego (ODR), wynoszą od 630-1023 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ i kilkakrotnie przewyższają koszty mechanicznej uprawy pielęgnacyjnej [11, 12, 22]. W kalkulacji Lubelskiego ODR [34] koszty środków chemicznej ochrony plantacji buraka cukrowego wyceniono na kwotę 644 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, a ogólne koszty pracy ludzi wynoszą od 1362-2215 $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w zależności od intensywności uprawy). Moż-

na przyjąć, że prace związane z niszczeniem chwastów stanowią 50% tych dwóch rodzajów kosztów. Według Paradowskiego (2012) koszty mieszanin herbicydowych mogą wynosić od 240 do 990 zł·ha⁻¹ w zależności od gatunków zwalczanych chwastów. Zatem średni koszt herbicydów do ochrony plantacji buraków cukrowych wynosi przynajmniej 650 zł·ha⁻¹. Koszt usługowej eksploatacji samojazdnego opryskiwacza wynosi 50 zł·ha⁻¹ [5]. Wykorzystując pielnik ze sterowaniem automatycznym i nabudowanym opryskiwaczem pasowym w celu zwalczania chwastów w rzędach roślin (ograniczenie zużycia herbicydów o 60%) można opanować zachwaszczenie na plantacji przy kosztach wynoszących około 460 zł·ha⁻¹. Takie rozwiązanie staje się opłacalne i eliminuje pracę ręczną przy zwalczaniu zachwaszczenia.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Zastosowanie w pielniku samosterowania sekcjami roboczymi tj. automatycznego prowadzenie ich między rzędami roślin zwiększa wydajność pracy w porównaniu do pielienia agregatem ze sterowaniem ręcznym. Wydajność efektywna, w czasie roboczym i eksploatacyjna była ponad dwukrotnie większa.
2. Agregat pielący ze sterowaniem automatycznym w porównaniu do pracy pilnika sterowanego ręcznie charakteryzował mniejsze jednostkowe zużycie paliwa oraz niższe nakłady robocizny.
3. Dodatkowe wyposażenie pielnika w układ do nawożenia nawozem płynnym tylko nieznacznie wpływa na zwiększenie zużycia paliwa agregatu roboczego, natomiast bardzo korzystnie wpływa na koszty produkcji buraków cukrowych wskutek ograniczenia liczby zabiegów agrotechnicznych.
4. Z przeprowadzonej analizy wynika, że koszt pielęgnacji mechanicznej jest znacząco mniejszy niż pielęgnacji chemicznej. Całkowite zastąpienie ochrony chemicznej plantacji pielęgnacją mechaniczną wymaga zastosowania w pielnikach nowych rozwiązań zespołów roboczych, gwarantujących także usunięcie chwastów z rzędów roślin.

6. Bibliografia

- [1] Barberi P.: Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, 2002, Vol. 42, Issue 3, 177-193.
- [2] Baumann D.T., Slombrouck I.: Mechanical and integrated weed control systems in row crops. *Acta Horticulturae* 372, Engineering for Reducing Pesticide Consumption and Operator Hazards, 1994, 245-252.
- [3] Bond W., Grundy A.: C. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 2001, Vol. 41, Issue 5, 383-405.
- [4] Breuer, G.: Bio Zuckerrüben: Lohnt sich der Anbau? *Top Agrar Österreich Journal*, 2008, nr 5, 16-18.
- [5] Ceny wybranych usług sugerowane przez PZPUR w 2012 roku. <http://uslugirolne.pl/cennik-uslug.pl,4.html>. [Dostęp 24-07-2012].
- [6] Dierauer H. Unkrautregulierung: welche Hacke wählen? *Schweizer Landtechnik*, 2012, nr 1, 20-22.
- [7] Dobek T., Šarec O.: Mechaniczne zwalczanie chwastów broną Wedera w uprawie pszenicy ozimej i pszenżyta jarego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 1998, z. 454, 147-152.
- [8] Effiziente Beikrautregulierung. Entwicklungsbüro für ökologischen Landbau. <http://www.entwicklungsbuero.com/deu/hacke.htm>. (dostęp 24.07.2012).
- [9] Estler M. Landtechnische Maßnahmen zur Verminderung der Bodenodeneration beim Anbau von Reihenfrüchten in Hanglagen. *BayStMELF*, 1990, Gelbes Heft, nr 31, ss 28.
- [10] Irla E., Spiess E., Heusser J., Streit B., Humphrys C., Böhrer D.: Anbautechnik und Unkrautregulierungs-Verfahren für Biozuckerrüben. *FAT-Berichte*, 2004, nr 612.
- [11] Kalkulacje rolnicze. Buraki cukrowe. Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Gdańsku. http://www.podr.pl/images/pliki/ekonomika/sytuacja_w_rol/rol_w_li_czbach/Buraki_cukrowe_12.pdf. (dostęp 24-07-2012).
- [12] Kalkulacje. Produkcja Roślinna. Buraki cukrowe. Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu. http://www.wodr.poznan.pl/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=668 (dostęp 24.07.2012).
- [13] Kouwenhoven J.K.: Intra-row mechanical weed control-possibilities and problems. *Soil and Tillage Research*, 1997, Vol. 41, Issues 1-2, 87-104.
- [14] Kowalik I., Michalski T., Przybył J., Dach J.: Możliwości zastosowania mechanicznej uprawy pielęgnacyjnej w rolnictwie. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2003, Vol. 48, nr 2, 62-66.
- [15] Mechanische Unkrautbekämpfung. BISZ - Beratung und Information für den süddeutschen Zuckerrübenanbau http://bisz.suedzucker.de/Anbau/Mechanische_Unkrautbekaempfung/ (dostęp 24.07.2012).
- [16] Melander B., Rasmussen A., Barberi P.: Integrating physical and cultural methods of weed control—examples from European research. *Weed Science*, 2005, Vol. 53, Issue 3, 369-381.
- [17] Muzalewski A.: Koszty eksploatacji maszyn. Wydawnictwo ITP, Falenty – Warszawa, 2010, nr 25, s. 47.
- [18] Nawroth P., Estler M.: Mechanische Unkrautregulierung ohne Eingriff in das Bodengefüge-Gerätetechnik, Prüfstandsversuche, Ergebnisse. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XV*, 1996, 423-430.
- [19] Norma BN-76/9195-01. Maszyny rolnicze – podział czasu pracy. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.
- [20] Norma BN-77/9195-02. Metody badań eksploatacyjnych. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.
- [21] Nørremark M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Søgaard H.T.: The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. *Biosystems Engineering*, 2008, Vol. 101, Issue 4, 396-410.
- [22] Notowania i Kalkulacje. Koszty i opłacalność uprawy 1 ha buraków cukrowych. Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie. http://www.modr.mazowsze.pl/images/stories/notowania/2012/prod_roslinna/Burak_cukrowy.pdf (dostęp 24.07.2012).
- [23] Paradowski A.: Metody zwalczania chwastów w burakach cukrowych. Program ochrony buraków cukrowych. *Plantpress*, 2010. ISBN 978-83-61438-14-4.
- [24] Paradowski A.: Zwalczanie chwastów dwuliściennych w burakach metodą dawek dzielonych. *Poradnik dla Producentów. Burak cukrowy nowe perspektywy*. Wydanie piąte. *Biznes-Press sp. z o.o.* Warszawa, 2012, 32-36.
- [25] Przybył J.: Ocena eksploatacyjno-energetyczna pielników do buraków cukrowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1993, nr 2, 91-98.
- [26] Przybył J.: Mechaniczna pielęgnacja plantacji buraków. *Nowe Krownictwo*, 2003, nr 2, 42-44.
- [27] Schmotzer: Optitronic-Hackmaschine.. *Eilbote*, 2005, nr 44-45, 32.
- [28] System Maszyn Rolniczych. *IBMER Warszawa*, 1983, T. 9.
- [29] Van Zuydam R.P., Sonneveld C., Naber H.: Weed control in sugar beet by precision guided implements. *Crop Protection*, 1995, Vol. 14, Issue 4, 335-340.
- [30] Wiltshire J.J.J., Tillett N. D., Hague Y.: Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beet. *Weed Research*, 2003, Vol. 43, Issue 4, 236-244.
- [31] Wossink G.A.A., de Buck A.J., van Niejenhuis J.H., Haverkamp H.C M.: Farmer perceptions of weed control techniques in sugarbeet. *Agricultural Systems*, 1997, Vol. 55, Issue 3, 409-423.
- [32] Zbytek Z.: Niechemiczne (mechaniczne) metody zwalczania chwastów dla produkcji ekologicznej. *Ekspertyza*. 2009, ss. 23. Dostępna w Internecie: <http://www.agengpol.pl>
- [33] Zbytek Z., Talarczyk W.: Nowe wielofunkcyjne narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2007, nr 2, 20-22.
- [34] Zestawienia kosztów produkcji. Rośliny przemysłowe. *Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Końskowoli*. http://www.wodr.konskowola.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=141 (dostęp 24.07.2012).
- [35] Zuchniarz A., Zagajski P., Szymanek M., Dreszer K.A., Niedziółka I.: Narzędzia do uprawy gleby i pielęgnacji roślin w uprawach ekologicznych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2007, nr 3.