

EVALUATION OF WORKING PARAMETERS OF EQUIPMENT FOR INTER-ROWS CULTIVATION IN ECOLOGICAL ORCHARDS

Summary

The goal of researches was to evaluate the efficiency and power requirements of mowers and weeding equipment in organic orchard. It has been determined a hourly productivity of machines and expenditures on inter-row cultivation. During the season 5-8 weeding and 7-9 mowing treatments were made. Working speed and efficiency of machines depended on the weed infestation and the grow stage of turf, ex. the speed of the tractor with mower was from 4.4 to 7.8 kmh⁻¹. Working efficiency of weeding machines depended on the degree of weed infestation, and it amounted from 0.4 to 1.2 hah⁻¹. Working efficiency of mowers was 1.0 to 1.5 hah⁻¹. Power consumption of flail mower was 8.5 kW for 1 m wide on mowing turf and exceeded the power needed to operate the drum mower. The maximum power demanded for orchard rotocultivator was higher than for the machine with tilting working unit.

Key words: apple orchards, inter-row cultivation, ecology, mowers, row-crop cultivators, field investigations

OCENA PARAMETRÓW EKSPLOATACYJNYCH URZĄDZEŃ DO PIELEGNACJI MIĘDZYRZĘDZI W SADACH EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Celem prowadzonych badań było określenie wydajności oraz zapotrzebowania na moc sadowniczych kosiarek i urządzeń odchwaszczających wykorzystywanych do pielęgnacji powierzchni ekologicznego sadu jabłoniowego. Wyznaczono wydajności godzinowe maszyn oraz nakłady ponoszone na pielęgnację międzyrzędzi. Ilość zabiegów wykonanych w sezonie wegetacyjnym zależała od warunków atmosferycznych, rocznie przeprowadzano 5-8 zabiegów odchwaszczania i 7-9 zabiegów koszenia. Prędkości robocze oraz wydajności godzinowe maszyn zależały od intensywności zachwaszczenia oraz wysokości murawy, np. prędkość jazdy ciągnika z kosiarkami sadowniczymi wynosiła od 4,4 do 7,8 kmh⁻¹. Wydajność robocza sadowniczych urządzeń odchwaszczających zależała od stopnia zachwaszczenia pasów ugoru i wynosiła od 0,4 do 1,2 hah⁻¹. Wydajność robocza kosiarek 1,0-1,8 hah⁻¹. Zapotrzebowanie na moc dla kosiarki bijakowej wynosiło ok. 8,5 kW na 1 m szerokości koszonej murawy i przewyższało moc potrzebną do pracy kosiarki nożycowej. Maksymalne zapotrzebowanie na moc dla glebogryzarki sadowniczej o szerokości roboczej 0,7 m wynosiło ponad 9 kW i było wyższe od zapotrzebowania na moc maszyny z uchylnym zespołem roboczym.

Słowa kluczowe: sady jabłoniowe, uprawa międzyrzędowa, ekologia, kosiarki, pielniki, badania polowe

1. Wprowadzenie

Powierzchnia międzyrzędzi współczesnych sadów utrzymywana jest w formie zielonej murawy oraz wolnych od chwastów, pasów pod koronami drzew. Murawa koszona jest ciągnikowymi kosiarkami sadowniczymi. Zasadnicza różnica w pielęgnacji międzyrzędzi sadów ekologicznych i tradycyjnych dotyczy metod kontrolowania zachwaszczenia w pasach pni drzew. W uprawach ekologicznych nie jest możliwe wykorzystanie herbicydów, konieczne jest zastąpienie ich metodami niechemicznymi, z których najpopularniejsze są metody mechaniczne. Zarówno koszenie murawy, jak i mechaniczne odchwaszczanie, wymagają zastosowania specjalistycznych maszyn, co wiąże się z nakładami wpływającymi na, obecnie dyskusyjną, opłacalność produkcji ekologicznej. Istotny jest optymalny pod względem ekonomicznym dobór wyposażenia oraz współpracujących ciągników, dokonany na podstawie wskaźników eksploatacyjnych, uzyskiwanych w różnych warunkach uprawy.

Rodzaj zastosowanych maszyn i narzędzi odchwaszczających zależy od szeregu czynników związanych, między innymi, ze stanowiskiem, na którym posadzony jest sad. Na terenach pochyłych zastosowanie maszyn o większych prędkościach obrotowych (np. glebogryzarek o obrotach

400 obr.min⁻¹) nie jest wskazane ze względu na nadmierną ingerencję w strukturę gleby i możliwość jej erozji [1]. Z kolei, stosując urządzenia o mniejszych prędkościach elementów roboczych czy narzędzi biernych należy liczyć się z niższą skutecznością uzyskaną w pojedynczych zabiegach i zwiększeniem ich ilości w sezonie wegetacyjnym - zależnie od warunków pogodowych 5 lub 6 [2, 3]. Na terenach płaskich najlepsze efekty niszczenia chwastów uzyskuje się wykorzystując glebogryzarki sadownicze lub urządzenia z elementami roboczymi o pionowej osi obrotu i zespołem umożliwiającym odchwaszczanie pasa wzdłuż pni drzew. Do koszenia murawy stosowane są sadownicze ciągnikowe kosiarki nożycowe lub bijakowe, z wahliwymi bijakami obracającymi się wokół poziomej osi. Te ostatnie umożliwiają obniżenie wysokości koszenia w stosunku do kosiarek nożycowych, skuteczniej także rozdrabniają gałęzie pozostające po cięciu pielęgnacyjnym.

Z punktu widzenia opłacalności ekologicznej produkcji owoców, istotne jest efektywne wykorzystanie maszyn. Badania nad określeniem parametrów pracy czynnych urządzeń odchwaszczających oraz kosiarek wykorzystywanych w ekologicznej uprawie jabłoni prowadzono w latach 2010-2012 w sadzie ekologicznym położonym w Nowym Dworze k. Skierniewic.

2. Cel doświadczenia

Celem prowadzonych badań było określenie wydajności oraz zapotrzebowania mocy sadowniczych kosiarek i urządzeń odchwaszczających, wykorzystywanych do pielęgnacji powierzchni ekologicznego sadu jabłoniowego. Określono ilość zabiegów wykonywanych w sezonie wegetacyjnym, prędkości robocze, czasy pokonywania uwroci, zapotrzebowanie mocy na przetaczanie agregatów i napęd elementów roboczych z WOM ciągnika. Wyznaczono wydajności godzinowe, koszty pojedynczych zabiegów oraz nakłady ponoszone na pielęgnację międzyrzędzi w całym sezonie wegetacyjnym.

3. Metodyka badań

Badania prowadzono w posadzonym w roku 2005, sadzie jabłoniowym z odmianami: 'Pinova' oraz 'Topaz'. Powierzchnia kwatery doświadczanej wynosiła 0,5 ha, 18 rzędów drzew o długości 75 m posadzono w rozstawie 3 x 1 oraz 4 x 3 m (po 9 rzędów). Na powierzchni międzyrzędzi utrzymywana była zielona murawa, pod koronami drzew pas czarnego ugoru o szerokości 1,4 m.

Poziom zachwaszczenia w pasie ugoru kontrolowano trzema urządzeniami odchwaszczającymi o szerokości roboczej ok. 0,7 m:

- zawieszoną między osiami kół ciągnika glebogryzarką sadowniczą z nożami w kształcie litery "U", pracującymi z prędkością obrotową 400-450 obr./min,
- urządzeniem z uchylnym zespołem roboczym niszczącym chwasty także w wąskim (ok. 0,2 m.) pasie pni drzew. Zespół pielący maszyny, wyposażony w pionowe elementy robocze, wycofywany jest automatycznie po zetknięciu się czujnika z pniem drzewa.
- zawieszanym z boku ciągnika kultywatem z zębami sprężynowymi, skonstruowanym do interwencyjnego usuwania rozłogów perzu.

Murawę koszone ciągnikowymi kosiarko-rozdrabniaczami: nożycowym o szerokości roboczej 2,2 m oraz bijakowym o szerokości 1,5 m.

Wydajność maszyn oceniano na podstawie uzyskiwanych w różnych warunkach, prędkości roboczych oraz czasów traconych na pokonywanie uwroci i czyszczenie elementów roboczych. Średnie wyznaczono na podstawie 20 powtórzeń wykonanych podczas 4 zabiegów w sezonach 2011 i 2012.

Moc ciągnika niezbędną do pracy czynnych urządzeń pielęgnujących określono jako sumę mocy potrzebnej do napędu elementów roboczych oraz mocy wykorzystywanej do przetaczania agregatu. Zapotrzebowania mocy na napęd elementów roboczych maszyn wyznaczono na podstawie rejestrowanego momentu obrotowego WOM ciągnika. Pomiarzy przeprowadzono wykorzystując indukcyjny przetwornik momentu obrotowego wbudowany w układ napędowy, zmiany momentu obrotowego rejestrowano za pomocą trzykanałowego rejestratora. Łączne zapotrzebowanie mocy, ze względu na różne szerokości robocze ocenianych kosiarek, dla potrzeb porównawczych zredukowano do szerokości roboczej 1 m. Obserwacje przeprowadzono podczas koszenia murawy o wysokości ok. 0,15 m, charakterystycznej dla typowych warunków produkcyjnych sadu. Prędkość jazdy ciągnika wynosiła ok. 6 kmh⁻¹.

4. Wyniki badań

4.1. Ilość zabiegów niezbędnych do kontrolowania zachwaszczenia w sezonie wegetacyjnym

Ilość zabiegów wykonanych w sezonie zależała od efektywności niszczenia chwastów uzyskanym przez urządzenia w pojedynczym traktowaniu. Oprócz rodzaju zastosowanego urządzenia, istotny wpływ miały warunki pogodowe w czasie i po zabiegu. Wzrostowi chwastów najbardziej sprzyjały warunki w sezonie 2010, podczas którego wykonano aż 8 zabiegów (tab. 1). Podobnie, w tym właśnie sezonie wykonano najwięcej zabiegów koszenia murawy.

Tab. 1. Ilość zabiegów pielęgnacyjnych w sezonie wegetacyjnym

Table 1. Number of treatments during a season

Rodzaj urządzenia /Kind of implement	Sezon / Season		
	2010	2011	2012
glebogryzarka sadownicza /orchard rotocultivator	4	3	2
urządzenie z uchylnym elementem roboczym /removing working unit	2	2	3
kultywator / cultivator	2	1	-
łączna ilość zabiegów odchwaszczania w sezonie /total number of treatments per season	8	6	5
kosiarka bijakowa / flail mower	1	1	3
kosiarka nożycowa /drum mower	8	6	3
ilość zabiegów koszenia w sezonie / number of mowing	9	7	6

4.2. Wydajność robocza urządzeń odchwaszczających

Na wydajność maszyn pielęgnujących międzyrzędzia zasadniczy wpływ miała prędkość jazdy agregatu oraz straty czasu wynikające z wykonywania nawrotów na końcach rzędów. Ze względu na trudniejsze, w stosunku do roku 2011 warunki odchwaszczania spowodowane większym zachwaszczeniem, w sezonie 2012 stosowano o ponad połowę niższe prędkości jazdy ciągników zagregowanych z maszynami odchwaszczającymi (tab. 2). Średni czas zawracania ciągnika na końcu międzyrzędzi wynosił od 18 do 35 sekund.

W przypadku kosiarek sadowniczych, wyższe prędkości jazdy (5,5-7,8 kmh⁻¹) uzyskiwano pracując sadowniczymi kosiarkami bijakowymi – tab. 2. Prędkość jazdy ciągników z kosiarkami nożycowymi wynosiła od 4,4 do 5,6 kmh⁻¹.

Uzyskiwana w sezonie 2011 przez glebogryzarkę sadowniczą, praktyczna wydajność godzinowa wynosiła od 0,80 do 1,27 hah⁻¹. Wyznaczona na podstawie średniej prędkości jazdy wydajność teoretyczna, nie uwzględniająca strat czasu na wykonanie nawrotów na końcach rzędów, w sprzyjających warunkach wynosiła 1,2-1,6 hah⁻¹ (tab. 3). W sadach o szerokości międzyrzędzi 4 m, możliwe było uzyskanie wyższych wydajności - w zakresie do 1,26 do 1,64 hah⁻¹.

W sezonie 2012, określone dla sadu o szerokości międzyrzędzi 3 m, wydajności robocze, w niektórych powtórzeniach nie przekraczały 0,4 hah⁻¹ (rys. 1). W sadzie posadzonym w rozstawie 4 x 3 m były wyższe i dla większości zabiegów wynosiły ponad 0,5 hah⁻¹ (rys. 2).

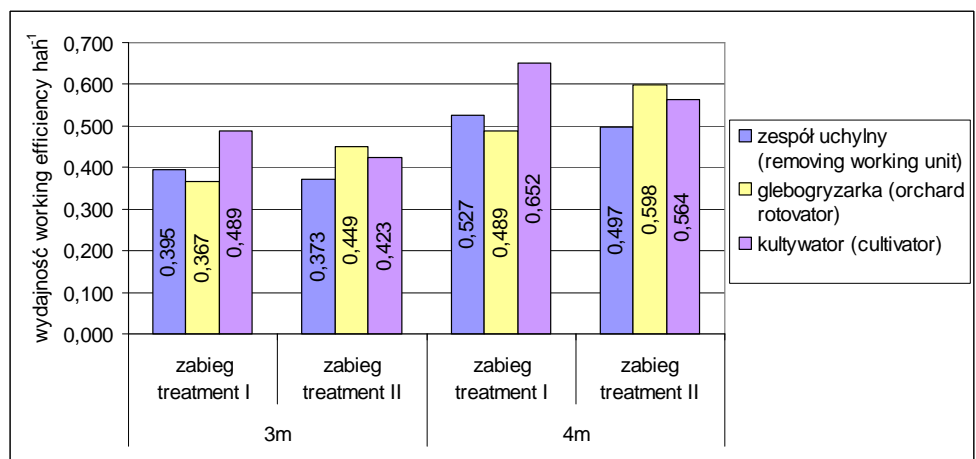
Tab. 2. Średnie czasy nawrotów oraz prędkości robocze agregatów
 Table 2. Average time of reverses and working speed of implement

Rodzaj urządzenia /Kind of implement	Zabieg Treatment	Czas nawrotu [s]		Prędkość jazdy [km h ⁻¹]	
		2011	2012	2011	2012
glebogryzarka sadownicza /orchard rotocultivator	I	18,5	27,9	4,10	1,40
	II	21,5	34,4	3,14	1,85
uchyłny zespół roboczy /removing working unit	I	25,4	27,4	3,10	1,52
	II	22,3	26,7	3,38	1,42
kultywator /cultivator	I	24,5	32,2	2,52	2,02
	II	28,7	30,1	2,06	1,67
kosiarka nożycowa /drum mower	I	19,2	21,6	5,55	4,38
	II	24,4	21,0	5,64	4,92
kosiarka bijakowa /flail mower	I	23,1	21,2	7,20	6,38
	II	23,8	20,4	7,84	5,47

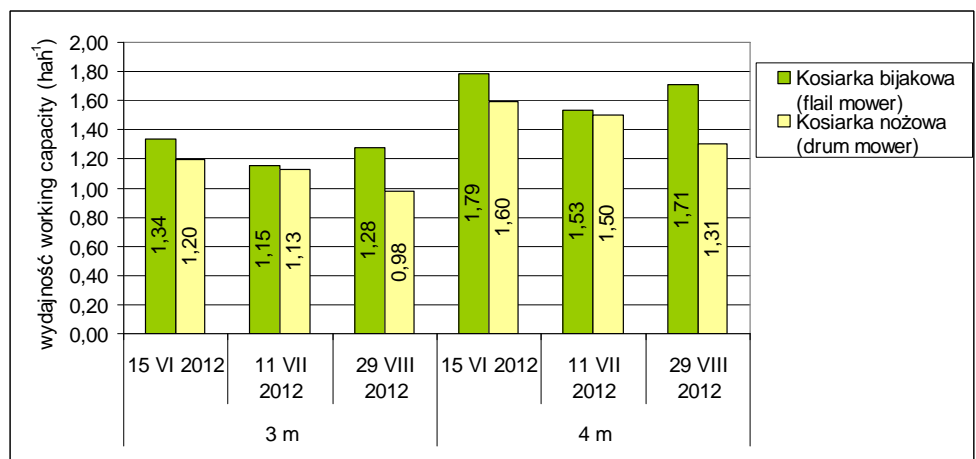
Tab. 3. Wydajność robocza ciągnika wyposażonego w glebogryzarkę sadowniczą uzyskana w dwóch typach sadu (Nowy Dwór 2011)

Table 3. Working efficiency of tractor equipped with orchard rotocultivator in two types of orchards: spaced 3 x 1 and 4 x 3 m

Średnia prędkość jazdy [km·h ⁻¹] Average driving velocity	Wydajność praktyczna Working efficiency [ha·h ⁻¹]		Wydajność teoretyczna Theoretical efficiency [ha·h ⁻¹]	
	3 x 1 m	4 x 3 m	3 x 1 m	4 x 3 m
V ₁ - 4,10	0,98	1,27	1,23	1,64
V ₂ - 3,14	0,79	1,02	0,94	1,26



Rys. 1. Wydajność robocza trzech urządzeń odchwaszczających uzyskana w dwóch rozstawach sadu: 3 x 1 oraz 4 x 3 m
 Fig. 1. Working efficiency of three weeding implements at two orchard spacings 3 x 1 and 4 x 3 m

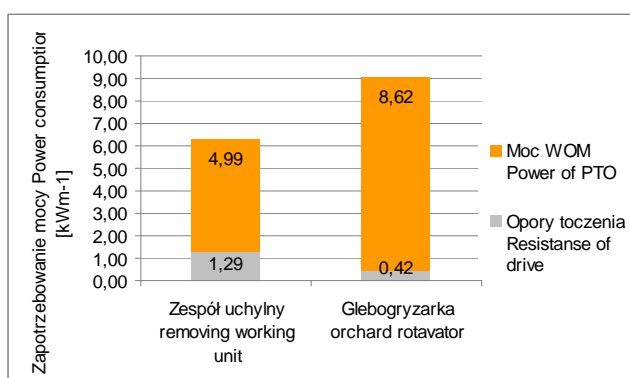


Rys. 2. Wydajność robocza dwóch typów kosiarek sadowniczych uzyskana w dwóch rozstawach sadu: 3 x 1 oraz 4 x 3 m
 Fig. 2. Working efficiency of two rotary mowers at two orchard spacings: 3 x 1 and 4 x 3 m

Wydajność uzyskiwana przez obydwie rodzaje kosiarek podczas koszenia trawy o wysokości ok. 0,15 m była zbliżona. W sadzie o szerokości międzyrzędzi 3 m wynosiła od 1,0 do 1,3 hah^{-1} , a w sadzie o szerokości międzyrzędzi 4 m od 1,3 do 1,8 hah^{-1} (rys. 2). Koszenie wyższej, bardziej wilgotnej trawy wymagało obniżenia prędkości roboczej ciągnika z kosiarką nożycową, co wyraźnie ograniczyło jej wydajność w stosunku do uzyskanej przez kosiarkę bijakową.

4.3. Zapotrzebowanie na moc

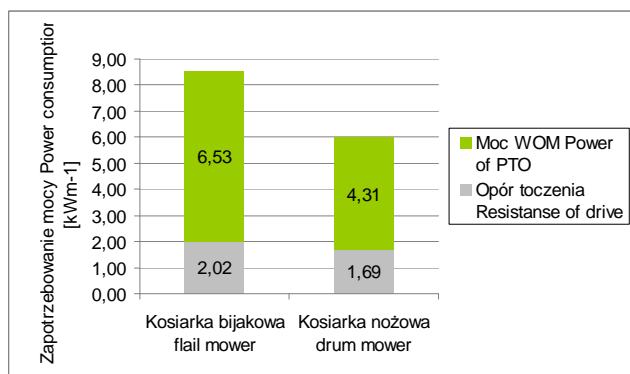
Wyznaczone dla maszyn odchwaszczających z czynnymi elementami roboczymi zapotrzebowanie na moc na przetaczanie oraz napęd WOM wykazało mniejszą energochłonność maszyny z uchylnym zespołem roboczym (ok. 6,3 kW) (rys. 3). Dla obydwóch maszyn opory toczenia stanowiły tylko nieznaczną część mocy potrzebnej na napęd elementów roboczych. Maksymalne zapotrzebowanie mocy na pracę glebogryzarki wynosiło ok. 9 kW.



Rys. 3. Zapotrzebowanie mocy badanych maszyn odchwaszczających

Fig. 3. Power consumption of tested weeders

Podobnie jak w przypadku maszyn odchwaszczających, zasadnicza część mocy zużywanej przez kosiarki sadownicze przeznaczona jest na napęd elementów roboczych (rys. 4). Większe zapotrzebowanie wykazała kosiarka bijakowa – na 1 m koszonej murawy całkowita moc potrzebna do jej pracy wyniosła ponad 8,5 kW. Mniejsze zapotrzebowanie mocy (6 kW) charakteryzowało kosiarkę nożycową.



Rys. 4. Zapotrzebowanie mocy na koszenie 1 m szerokości murawy (prędkość jazdy 6 kmh^{-1})

Fig. 4. Power consumption for mowing 1 m width turf (driving speed 6 kmh^{-1})

4.4. Koszty zabiegów

Koszt jednej godziny pracy ciągnika z badanymi maszynami określono na 124-153 zł. Nakłady ponoszone na pojedynczy zabieg odchwaszczania 1 ha sadu wynosiły 150-250 zł. Analogicznie, koszt koszenia wynosił 70-135 złha^{-1} . Łączne nakłady ponoszone w sezonie na pielęgnację międzyrzędzi na powierzchni hektara sadu wynosiły 1300-2300 zł.

5. Omówienie wyników

Zróżnicowanie ilości zabiegów mechanicznego niszczenia chwastów wiązały się z charakterem pracy urządzenia odchwaszczającego oraz warunków atmosferycznych podczas i po zabiegu. Wilgotność gleby, temperatura powietrza oraz ilość opadów mają znaczny wpływ na przetrwanie i ponowny wzrost podziemnych części roślin. W warunkach prowadzonych badań w sezonie wykonywano 5-8 zabiegów. Wcześniejsze badania wykazały, że do skutecznej kontroli zachwaszczenia w sadach należy w sezonie wegetacyjnym wykonać od 3 [4] do 6 zabiegów [2, 5]. Stosowana w doświadczeniach głębokość robocza glebogryzarki sadowniczej (od 0,03 oraz 0,06 m) nie wpływała na poziom zachwaszczenia pasów pod koronami drzew ani plonowanie 3 letnich drzew jabłoni [5]. W zależności od sezonu, trawę na pasach murawy koszone od 7 do 9 razy w sezonie. Cianciara i Wawrzyńczak [6] określają ilość tych zabiegów na 6-12 w ciągu roku. W badaniach własnych na ilość przeprowadzonych zabiegów mogło wpłynąć wykorzystanie kosiarko-rozdrabniacza bijakowego, który umożliwia koszenie trawy na niższej wysokości niż kosiarki nożycowe.

Trudniejsze warunki pracy, wynikające ze zwiększonego poziomu zachwaszczenia oraz wysokości trawy, wpłynęły także na uzyskiwane wydajności pracy. Szczególnie uwidocznili się to w przypadku zwalczania chwastów. W sezonie 2012 ciągniki zagregowane z maszynami odchwaszczającymi uzyskiwały o połowę niższe prędkości jazdy w stosunku do sezonu 2011. Przełożyło się to na uzyskiwanie mniejszych wydajności roboczych. O ile bowiem, w sezonie 2011 w obydwu typach sadu uzyskiwano wydajność około 1 hah^{-1} , to w sezonie 2012 tylko połowę tej wartości. Mniejsze różnice w prędkościach jazdy i uzyskiwanych wydajnościach dotyczyły kosiarek. W kwaterach z węższymi międzyrzędziami, dla większości zabiegów zdecydowanie przekraczały 1 hah^{-1} , a w kwaterach, w których drzewa rosły w rozstawie $4 \times 3 \text{ m}$ ponad $1,5 \text{ hah}^{-1}$. Uzyskane wydajności robocze były wyższe od określonych przez Cianciarę i Wawrzyńczaka [6], według których, wydajność koszenia nie przekracza 1 hah^{-1} . Wyższą jakość pracy kosiarki bijakowej nad kosiarką nożycową uwidoczniła się podczas zabiegów koszenia wilgotnej trawy wyróżnionej ponad 0,15 m. Uzyskane wydajności robocze ciągnika z tego rodzaju kosiarką wynosiły ponad $1,7 \text{ hah}^{-1}$ i były o ok. 30% większe niż z kosiarką z dwoma nożami poziomymi. Możliwość uzyskania lepszych wskaźników eksploatacyjnych wiąże się ze zwiększonym zapotrzebowaniem mocy na pracę kosiarki, zwłaszcza na napęd elementów roboczych. Ich prędkość obrotowa jest wyższa od prędkości poziomych noży kosiarek i kosiarko rozdrabniaczy nożowych, co poprawia jakość koszenia oraz zwiększa możliwość rozdrabniania grubszych gałęzi pozostających po cięciu pielęgnacyjnym sadu. Maksymalne zapotrzebowanie mocy kosiarki bijakowej koszącej trawę z prędkością

ok. 6 kmh^{-1} wynosiło podczas badań ok. $8,5 \text{ kW}$ na 1 metr szerokości roboczej. Do pracy z kosiarką tego typu o szerokości 2 m należy stosować ciągnik, którego minimalna moc uzyskiwana z WOM nie powinna być niższa niż 20 kW . Należy oczekiwać, że w razie koszenia wyższej trawy zapotrzebowanie na energię może wzrosnąć. Nawet jednak w tym przypadku do agregowania kosiarek wystarczają ciągniki o mocy WOM nieprzekraczającej 30 kW .

Zapotrzebowania na moc ciągnikowych maszyn do niszczenia chwastów pod koronami drzew kształtuje się na poziomie zapotrzebowania kosiarek na koszenie 1 m szerokości murawy. Należy zaznaczyć, że szerokość robocza sadowniczych maszyn odchwaszczających wynosi ok. $0,7 \text{ m}$, tzn. odpowiada szerokości pasa wolnego od roślin – czarnego ugoru. Największą moc z WOM ciągnika, ponad 9 kW wykorzystuje glebogryzarka sadownicza. Zapotrzebowanie mocy urządzeń z elementami pracującymi w osi pionowej (maszyna z uchylnym zespołem roboczym) kształtuje się na poziomie $6,5 \text{ kW}$. Glebogryzarka pracuje jednak z wyższymi prędkościami obrotowymi noży i uzyskuje lepszy efekt niszczenia chwastów. Należy się spodziewać, że w warunkach większego zachwaszczenia lub obniżonej wilgotności gleby wartość mocy potrzebnej do pracy glebogryzarki sadowniczej może być większa. Nie jest jednak celowe wykorzystywanie do współpracy z tymi maszynami ciągników o mocy WOM większej niż 20 kW .

6. Wnioski

1. Do utrzymania dopuszczalnego poziomu zachwaszczenia w sadzie ekologicznym, w sezonie należało wykonać 5-8 zabiegów niszczenia chwastów. Pielęgnacja murawy wymagała przeprowadzenia 7-9 koszeń.
2. Wydajność robocza sadowniczych urządzeń odchwaszczających zależała od stopnia zachwaszczenia pasów ugoru

i wynosiła od $0,4$ do $1,0 \text{ hah}^{-1}$ w sadzie o rozstawie drzew 3×1 oraz od $0,5$ do $1,2 \text{ hah}^{-1}$ w sadzie o rozstawie $4 \times 3 \text{ m}$.

3. Wydajność robocza kosiarek sadowniczych w sadzie o rozstawach drzew 3×1 oraz 4×3 wynosiła odpowiednio: ok. 1 oraz $1,5 \text{ hah}^{-1}$.

4. Zapotrzebowanie mocy dla kosiarki bijakowej wynosiło ok. $8,5 \text{ kW}$ na 1 m szerokości koszonej murawy o wysokości $0,15 \text{ m}$ i przewyższało moc potrzebną do pracy kosiarki nożycowej (6 kW).

5. Maksymalne zapotrzebowanie mocy dla glebogryzarki sadowniczej o szerokości roboczej $0,7 \text{ m}$ wynosiło ponad 9 kW i było wyższe od zapotrzebowania mocy dla maszyny z uchylnym zespołem roboczym i pionowymi elementami roboczymi ($6,5 \text{ kW}$).

7. Bibliografia

- [1] Ferrero A., Balsari P., Airoldi G.: Preliminary results of flame weeding in orchard. Communication of the Fourth International Conference I.F.O.A.M. Non chemical weed control. Dijon, 1993, 361-366.
- [2] Topic J.: Phenology and abundance of weeds in vineyard with respect to mechanical weeding. Communication of the Fourth International Conference I.F.O.A.M. Non chemical weed control. Dijon, 1993, 357-360.
- [3] Petermair J.: Baumstrafenpflege mit Scheibenplug. Besseres Obst, 1992, 5, 4-5.
- [4] Rabcewicz J., Wawrzyńczak P., Cianciara Z.: Możliwość ograniczenia zużycia herbicydów w zwalczaniu chwastów w sadach. Roczniki AR w Poznaniu, 1998, 27, 243-250.
- [5] Rabcewicz J., Białkowski P.: Ocena skuteczności mechanicznego niszczenia chwastów w ekologicznej uprawie jabłoni. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2011, 56 (4), 79-83.
- [6] Cianciara Z., Wawrzyńczak P.: Zmechanizowane technologie produkcji owoców. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, 2003.