

Wpłynęło 19.02.2015 r.
Zrecenzowano 05.03.2015 r.
Zaakceptowano 29.04.2015 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Wpływ pojemności zbiorników wozów asenizacyjnych na eksploatacyjno-ekonomiczne wskaźniki nawożenia gnojowicą

Elżbieta ŻEBROWSKA¹⁾ ABEF, Tomasz MARCZUK²⁾ ADEF

¹⁾ Studia doktoranckie Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach

²⁾ Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży, Zakład Informatyki

Do cytowania For citation: Żebrowska E., Marczuk T. 2015. Wpływ pojemności zbiorników wozów asenizacyjnych na eksploatacyjno-ekonomiczne wskaźniki nawożenia gnojowicą. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Z. 2(88) s. 47–60.

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu pojemności wozów asenizacyjnych, stosowanych w gospodarstwach rodzinnych o zróżnicowanej powierzchni użytków rolnych, na wartości podstawowych wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych. Badano trzy zestawy maszynowe do nawożenia: zestaw A – ciągnik Renault 95.14 + wóz asenizacyjny o pojemności 5,8 m³, zestaw B – ciągnik John Deere 6420 + wóz asenizacyjny 12 m³, zestaw C – ciągnik Valtra N 121 + wóz asenizacyjny 8 m³. Podział ten przyjęto ze względu na wielkość gospodarstw, zestaw A stosowany był w gospodarstwie o ogólnym areale 28 ha, B – 60 ha, zaś zestaw C – 90 ha. Oceniano następujące wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne: godzinowe i jednostkowe koszty nawożenia, nakłady energetyczne ponoszone na wykonanie zabiegu oraz jego pracochłonność, a także zużycie paliwa. Obliczono również wskaźniki postępu technicznego i technologicznego. Godzinowe i jednostkowe koszty nawożenia w zestawach A, B i C wynosiły odpowiednio: 185, 304, 307 zł·h⁻¹ i 162, 108, 74 zł·ha⁻¹. Nakłady energetyczne pracy zestawów maszynowych do nawożenia A, B i C wynosiły: 810, 460, 340 MJ·ha⁻¹ i 27, 15, 11 MJ·t⁻¹. Wskaźnik postępu technicznego w przypadku pompowania (załadunku) gnojowicy w zestawach A, B i C wynosił: 24, 35, 62 ha·(1000 zł)⁻¹, a w przypadku czynności nawożenia: 8, 12, 17 ha·(1000 zł)⁻¹. Wskaźnik postępu technologicznego w przypadku pompowania (załadunku) gnojowicy w zestawach A, B i C wynosił: 80,82; 85,30; 86,26%, natomiast w przypadku czynności nawożenia: 85,24; 88,89; 89,78%.

Słowa kluczowe: gnojowica, nawożenie, typoszereg, wozy asenizacyjne, dobór, wskaźnik

Wstęp

Roczna produkcja nawozów naturalnych w Polsce wynosi ok. 80 mln t obornika, 13 mln m³ gnojówki i 7,5 mln m³ gnojowicy [IWASZKIEWICZ 2013]. Nawozy naturalne wykorzystywane są głównie do nawożenia upraw rolniczych, a częściowo jako surowiec do produkcji biogazu [BORUSEWICZ, KAPELA 2013; FUGOL, SZLACHTA 2010]. Do składowania, transportu i rozlewania płynnych nawozów naturalnych potrzebny jest szeroki asortyment maszyn i urządzeń dostosowanych do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych i obowiązujących wymagań ekologicznych [KAMIŃSKI 2013]. Do przechowywania płynnych nawozów naturalnych używane są różnego rodzaju zbiorniki lokalizowane najczęściej w pobliżu budynków inwentarskich, o objętości zapewniającej możliwość gromadzenia około półrocznej produkcji gnojówki lub gnojowicy dla stada zwierząt chowanych w gospodarstwie rolnym [RJAZANOV 2009; ROMANIUK i in. 1995]. Przechowywany w zbiorniku nawóz naturalny wymaga okresowego mieszania, do której to czynności wykorzystywane są mieszalniki (miksery). Załadunek nawozu ze zbiornika do wozu asenizacyjnego (beczkowozu) odbywa się za pomocą pompy zewnętrznej lub sprężarki zamontowanej na beczkowiezie. Transport nawozu na pole jest połączony z zabiegiem rozlewania i wykonywany agregatem: ciągnik plus wóz asenizacyjny. Wozy asenizacyjne różnią się rozwiązaniami konstrukcyjnymi i przebiegiem procesu technologicznego [MARCZUK, ŻEBROWSKA 2013a, b; ŻEBROWSKA, MARCZUK 2014]. Jedną z ważnych cech zestawu maszynowego do nawożenia jest ugniatanie gleby kołami jezdnyymi ciągnika i beczkowozu [AKKER i in. 1994; ALAKUKKU 1996; BIAŁCZYK i in. 2008; BOTTA i in. 2002].

Przydatność rolniczą gnojowicy w uprawie zbóż, roślin okopowych oraz na trwałych użytkach zielonych potwierdziło wielu badaczy [BARSZCZEWSKI, DUCKA 2012; MORACZEWSKI 1996; WESOŁOWSKI 2008]. We wszystkich badaniach stwierdzono zwiększenie plonów i poprawę jego jakości. BARSZCZEWSKI i DUCKA [2012] wykazali również, że nawożenie łąki trwałej gnojówką bydlęcą, zawierającą zarówno 60, jak i 90 kg N·ha⁻¹, ma znacznie większy efekt plonotwórczy w porównaniu ze stosowanym obornikiem. WRÓBEL [2013], na podstawie wyników badań polowych przeprowadzonych w latach 2008–2010, dotyczących wpływu nawożenia gnojówką bydlęcą na jakość runi łąkowej i jej przydatność do zakiszania stwierdzili, że skład chemiczny runi łąkowej nawożonej gnojówką był podobny do składu runi pochodzącej z obiektów nawożonych mineralnie. Jakość kiszonek uzyskanych z runi łąkowej z obiektów nawożonych gnojówką była równie dobra, jak jakość kiszonki z obiektów nawożonych nawozami mineralnymi. Nawożenie gnojówką nie pogorszyło jakości mikrobiologicznej pozyskiwanych pasz.

Do załadunku gnojowicy do wozów asenizacyjnych służą uniwersalne pompy stacjonarne i mobilne oraz sprężarki instalowane na wozach asenizacyjnych. Przed załadunkiem gnojowica powinna zostać wymieszana za pomocą specjalnego mieszadła lub pompy (metoda przepompowywania). Wydajność cyklu operacyjnego wozu asenizacyjnego zależy m.in. od czasu załadunku gnojowicy, wynikającego z wydajności załadunku. W przypadku wozów asenizacyjnych wyposażonych w sprężarki czas załadunku, w zależności od typu sprężarki i pojemności zbiornika wozu, wynosi 2–6 min.

Celem badań było określenie wpływu pojemności zbiorników wozów asenizacyjnych (5,8; 8,0 i 12,0 m³) stosowanych w gospodarstwach rodzinnych o zróżnicowanym areale upraw i różnej obsadzie zwierząt gospodarskich, na wartości podstawowych wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych nawożenia.

Materiał i metody badań

Miejsce, obiekt i przedmiot badań

Jako miejsce badań wytypowano region (województwo podlaskie), charakteryzujący się wysoką intensywnością produkcji zwierzęcej, w tym krów mlecznych, w którym powstaje duża ilość płynnych nawozów naturalnych. Obiektem badań były gospodarstwa rodzinne, wykorzystujące gnojowicę do nawożenia upraw polowych. Przedmiotem badań były zestawy maszynowe (ciągnik + wóz asenizacyjny) o pojemności: zbiorników wozu: 5,8; 8,0 i 12,0 m³, wyposażone w dysze i łyżki rozbrzygzowe do nawożenia powierzchniowego (fot. 1). Badania eksploatacyjne maszyn przeprowadzono na terenie województwa podlaskiego, w gospodarstwach rolnych o areale użytków rolnych: 28, 60 i 90 ha, z oborami krów mlecznych odpowiednio o obsadzie: gospodarstwo A – 25 krów mlecznych i 15 cieląt; gospodarstwo B – 40 krów mlecznych, 10 jałówek i 10 cieląt, 25 byków; gospodarstwo C – 55 krów mlecznych, 25 jałówek i 25 cieląt. W gospodarstwach znajdowały się zbiorniki na płynne nawozy naturalne o objętości: 200, 850 i 250 m³, zapewniające gromadzenie półrocznej produkcji nawozu w postaci gnojowicy. Gnojowicę rozlewano powierzchniowo na pola o glebie darniowo-bielicowej ze ścierniskiem po pszenicy ozimej, spulchnionej broną talerzową. Wilgotność bezwzględna nawożonych gleb wynosiła 10–12%.

Założenia ogólne

Do obliczeń i oceny badanych technologii nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi przyjęto następujące założenia ogólne:

- dawka gnojowicy: 20 m³·ha⁻¹;
- odległość nawożonych pól od zbiornika na gnojowicę w analizowanych gospodarstwach rolnych: 200, 350 i 400 m;
- załadunek gnojowicy do wozu asenizacyjnego za pomocą sprężarki zainstalowanej na maszynie z czasem załadunku: 2–5 min;
- prędkość transportowa zestawu do nawożenia z ładunkiem: 20–30 km·h⁻¹ (5,56–8,34 m·s⁻¹);
- prędkość transportowa zestawu do nawożenia bez ładunku: 20–40 km·h⁻¹ (5,56–11,12 m·s⁻¹);
- prędkość robocza agregatu: 8–10 km·h⁻¹ (2,23–2,78 m·s⁻¹);
- wozy asenizacyjne o pojemności zbiornika: 5,8; 8,0 i 12,0 m³.

a)



b)



c)



Źródło: fot. T. Marczuk. Source: photo T. Marczuk.

Fot. 1. Zestawy maszynowe do nawożenia z wozami asenizacyjnymi o pojemności zbiornika: a = 5,8 m³, b = 8,0 m³, c = 12,0 m³

Photo 1. Sets of machines for fertilization with cesspool trucks of tank capacity: a = 5.8 m³, b = 8.0 m³, c = 12.0 m³

Eksplatacyjno-ekonomiczne wskaźniki nawożenia

Wydajność zestawu do nawożenia obliczono z założeniem, że załadunek gnojowicy do wozu asenizacyjnego odbywa się bez przestoju związanych z oczekiwaniem na załadunek. Wydajność eksploatacyjna zestawu do nawożenia [ha·h⁻¹] jest ilorazem nawożonej powierzchni pola i ogólnego czasu pracy zestawu:

$$W_{07} = \frac{P_{07}}{T_{07}} \quad (1)$$

gdzie:

W_{07} – wydajność eksploatacyjna zestawu maszynowego do nawożenia [$\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$];

P_{07} – powierzchnia nawożonego pola [ha];

T_{07} – ogólny czas pracy zestawu nawozowego [h].

Zużycie paliwa

Ponieważ godzinowe zużycie paliwa przez ciągnik zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju ciągnika, stopnia jego zużycia, stopnia obciążenia silnika, posłużono się wytycznymi opublikowanymi przez MUZALEWSKIEGO [2010], z uwzględnieniem w obliczeniach jednostkowego zużycia paliwa, podawanego w instrukcji przez producenta ciągnika oraz założonego średniego obciążenia silnika w zabiegu nawożenia gnojowicą na poziomie 75%.

Koszty eksploatacji zestawów do nawożenia

Analizę kosztów badanych zestawów maszyn do nawożenia oparto na metodach liczenia kosztów przyjętych w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym [MUZALEWSKI 2010; WÓJCICKI 2000]. Zgodnie z tymi metodami koszt [zł] wykonania określonego zabiegu jest sumą następujących kosztów składowych:

$$K = K_{utrz} + K_{uż} + K_c + K_{ot} + K_r \quad (2)$$

gdzie:

K_{utrz} – koszt utrzymania maszyny [zł];

$K_{uż}$ – koszt użytkowania maszyny [zł];

K_c – koszt eksploatacji ciągnika współpracującego z maszyną [zł];

K_{ot} – koszt obsługi transportowej [zł];

K_r – koszt robocizny [zł].

Nakłady energetyczne nawożenia gnojowicą

Metodykę badań energetycznych zestawów maszyn do nawożenia gnojowicą oparto na metodzie obliczeń, opracowanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym. Wprowadzono w niej modyfikacje, zmierzające do ujęcia poszczególnych składników nakładów energetycznych w uogólnione formuły matematyczne. W założeniach uwzględniono najnowsze wartości wskaźników nakładów energetycznych jednostkowych, podane w literaturze [WÓJCICKI 2000; 2002].

Nakłady energetyczne całkowite nawożenia E_n [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$] stanowią sumę następujących składowych:

$$E_n = E_c + E_M + E_T + E_o + E_E \quad (3)$$

gdzie:

E_c – nakłady energetyczne użytkowania ciągników [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$];

E_M – nakłady energetyczne użytkowania maszyn [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$];

E_T – nakłady energetyczne użytkownika środków transportu [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$];
 E_o – nakłady energetyczne pracy operatorów ciągników [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$];
 E_E – nakłady energetyczne zużytego paliwa [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$].

Wskaźnik postępu technicznego

Postęp techniczny w rolnictwie można osiągnąć między innymi modernizując techniczne środki pracy. Tę formę postępu technicznego można określić jako konstrukcyjną. Jeżeli oznaczy się efektywność postępu technicznego (konstrukcyjnego) jako η_{TK} [$\text{ha}\cdot\text{zł}^{-1}$], to zgodnie z zależnością proponowaną przez MICHAŁKA [1999] oraz MICHAŁKA i KOWALSKIEGO [2000] wzór przyjmie postać:

$$\eta_{TK} = \frac{W_{07}}{k'} \quad (4)$$

gdzie:

W_{07} – wydajność eksploatacyjna maszyn w ogólnym czasie zmiany [$\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$];
 k' – jednostkowy koszt wykonania zabiegu w przeliczeniu na godzinę [$\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$].

Wskaźnik postępu technologicznego

Wskaźnik postępu technologicznego charakteryzuje stopień unowocześnienia procesu technologicznego. Na podstawie definicji podanej przez ZAREMBĘ [1985], wskaźnik ten (W_m) oblicza się z następującego wzoru:

$$W_m = \frac{E_J}{L_o + E_J} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie:

E_J – nakłady energetyczne pracy maszyn w procesie nawożenia [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$];
 L_o – pracochłonność nawożenia dla poszczególnych zestawów maszyn [$\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$]
lub [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$].

Ocenę porównawczą zestawów załadunkowych gnojowicy i zestawów maszyn do nawożenia przeprowadzono na podstawie dwóch wskaźników – kosztów eksploatacji zestawu maszyn ($\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$) oraz jednostkowych kosztów nawożenia ($\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Wyniki i dyskusja

Warunki badań

Do badań wydajności eksploatacyjnej nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi wytypowano ciągniki i wozy asenizacyjne, których skróconą charakterystykę techniczną zamieszczono w tabelach 1 i 2.

Zmierzone wydajność eksploatacyjną nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi z użyciem maszyn stosowanych w omawianych gospodarstwach rolnych (tab. 2). Odchylenia pomierzonych czasów operacyjnych nie przekraczały 10% w stosunku do wartości średnich dla badanych zestawów maszyn. Wozy asenizacyjne wyposażone

Tabela 1. Charakterystyka techniczna ciągników rolniczych
Table 1. Technical characteristics of agricultural tractors

| Gospodarstwo/ typ ciągnika Farm/ tractor type | Masa własna Unladen mass [kg] | Moc silnika Engine power [kW/KM] | Rozmiar ogumienia (przód/tył) Size of tires (front/back) | Zużycie paliwa Fuel consumption [dm ³ ·h ⁻¹] | Cena ciągnika Tractor price [PLN] |
|--|--|--|--|---|---|
| A/Renault 95.14 | 4 740 | 62,5/85 | 360/70R28 480/70R34 | 9,38 | 200 000 |
| B/John Deere 6420 | 4 800 | 88/120 | 420/70R24 520/70R34 | 13,20 | 300 000 |
| C/Valtra N121 | 4 950 | 101/137 | 480/65R28 600/65R38 | 15,15 | 389 610 |

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 2. Skrócona charakterystyka techniczna wozów asenizacyjnych (beczkowozów)
Table 2. Short technical characteristics of the cesspool trucks (slurry tanks)

| Gospodarstwo/ typ beczkowozu Farm/ casspool type | Masa własna Unladen mass [kg] | Rozmiar ogumienia Size of tires | Pojemność zbiornika Tank capacity [m ³] | Sposób napełniania Filling procedure | Sposób opróżniania Emptying procedure | Wydajność W_{07} Output W_{07} [ha·h ⁻¹] | Cena beczkowozu Price of cesspool truck [PLN] |
|---|-------------------------------------|---|--|---|--|--|--|
| A/Strautmann &Söhne 580 | 1 000 | 550/ 60–22,5 (lotnicze) (airlines) | 5,8 | kompresor compressor | kompresor compressor | 0,88 | 61 500 |
| B/Fliegl Fass 12000 | 2 000 | 600/ 55–22,5 | 12,0 | kompresor compressor | kompresor compressor | 2,06 | 123 000 |
| C/Siegfried Marchner 8000 | 1 300 | 550/ 60–22,5 (lotnicze) (airlines) | 8,0 | kompresor compressor | kompresor compressor | 2,86 | 55 000 |

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

zone były w zespoły rozlewowe rozbryzgowo, o szerokościach roboczych: 4, 5 i 7,5 m, co istotnie wpłynęło na wydajność eksploatacyjną, która mieściła się w dużym przedziale – od 0,88 do 2,86 ha·h⁻¹.

Koszty eksploatacji maszyn

Jednostkowe koszty eksploatacji zestawów maszynowych do nawożenia stosowanych w gospodarstwach A, B i C obliczono dla dwu operacji technologicznych, tj. załadunku gnojowicy do wozu asenizacyjnego i rozlewania gnojowicy na powierzchni użytku rolnego. Koszty eksploatacji, wraz z załadunkiem i nawożeniem, w przypadku zestawu A wynosiły: koszt eksploatacji 185,40 zł·h⁻¹, jednostkowy koszt eksploatacji 162,27 zł·ha⁻¹; w przypadku zestawu B: koszt eksploatacji 304,27 zł·h⁻¹, jednostkowy koszt eksploatacji 108,44 zł·ha⁻¹; w przypadku zestawu C: koszt eksploatacji 307,39 zł·h⁻¹, jednostkowy koszt eksploatacji 74,74 zł·ha⁻¹. Największe

koszty godzinowe charakteryzują zestaw C, mniejsze zestaw B i najmniejsze zestaw A. Jednostkowe koszty eksploatacji były największe w zestawie A, mniejsze w zestawie B i najmniejsze w zestawie C.

Nakłady energetyczne nawożenia gnojowicą

Nakłady energetyczne nawożenia gnojowicą są sumą nakładów związanych z załadunkiem wozu asenizacyjnego i nakładów transportu i rozlewania na nawożonym polu. Składają się z nakładów środków inwestycyjnych (ciągniki, maszyny, części wymienne i materiały do napraw), pracy żywej (operatorzy), materiałów i bezpośrednich nośników energii (olej napędowy). Jednostkowe wskaźniki nakładów energetycznych przyjęto za WÓJCICKIM [2000] i podano w tabeli 3.

Tabela 3. Jednostkowe wskaźniki nakładów energetycznych

Table 3. Unitary indices of energetic inputs

| Wyszczególnienie Specification | Oznaczenie wskaźnika Indicator designation | Jednostka miary Measurement unit | Wartość liczbowa Numeric value |
|--|---|---|---|
| A – środki inwestycyjne A – investment measures | | | |
| Ciągniki Tractors | W_{ec} | MJ·kg ⁻¹ | 125 |
| Maszyny Machines | W_{em} | | 110 |
| Części wymienne i materiały do napraw Spare parts and materials for repair | W_z | | 85 |
| B – praca żywa B – work live | | | |
| Operatorzy Operators | W_o | MJ·rbh ⁻¹ MJ·man-hour ⁻¹ | 80 |
| C – materiały i bezpośrednie nośniki energii C – materials and direct energy carriers | | | |
| Olej napędowy Diesel oil | W_p | MJ·dm ⁻³ | 40 |

Źródło: Source: WÓJCICKI [2000].

Do obliczeń nakładów energetycznych procesu nawożenia wykorzystano dane dotyczące masy maszyn, masy części zamiennych, zużycia paliwa, liczby zatrudnionych operatorów (tab. 3). Ponieważ badane wozy asenizacyjne wyposażone były w sprzężarki podciśnieniowo-nadciśnieniowe, do załadunku gnojowicy użyto te same wozy asenizacyjne, co do rozlewu gnojowicy na polu. Do obsługi wozu asenizacyjnego był zatrudniony jeden pracownik. Zużycie paliwa obliczono z założeniem, że obciążenie silnika podczas załadunku wynosi 50%, a w trakcie rozlewania na polu 75% mocy znamionowej silnika, a jednostkowe zużycie paliwa wynosi 200 g·(kW·h)⁻¹. Masa analizowanych ciągników mieściła się w przedziale od 4740 do 4950 kg, wozów asenizacyjnych od 1000 do 2000 kg, a zużycie paliwa podczas załadunku gnojowicy od 1,15 do 2,91 dm³·h⁻¹, w trakcie rozlewania od 4,30 do 10,65 dm³·h⁻¹.

Ogólne wartości nakładów energetycznych badanych zestawów maszynowych do nawożenia (A, B i C) mieściły się w przedziale od 340,47 do 809,93 MJ·ha⁻¹.

Wskaźnik postępu technicznego

Ważnym wskaźnikiem charakteryzującym nowoczesność konstrukcji użytych maszyn jest wskaźnik postępu technicznego, podany w tabeli 4. Podaje on liczbę hektarów, na której można wykonać zabieg nawożenia pola za 1000 zł. Wartości tego wskaźnika podano oddzielnie dla załadunku gnojowicy i rozlewania na polu. Dla zestawów A, B i C wskaźnik przyjmuje wartości z przedziału 24,23–62,85 $\text{ha} \cdot (1000 \text{ zł})^{-1}$ (załadunek gnojowicy) i 8,25–17,01 $\text{ha} \cdot (1000 \text{ zł})^{-1}$ (rozlewanie na polu). Różnice w wartościach tego wskaźnika dla maszyn porównywanych były znacznie większe i dochodziły do 50%.

Tabela 4. Wartości wskaźnika postępu technicznego, charakteryzującego nowoczesność konstrukcji maszyn

Table 4. Values of technical progress index (characteristic of machine construction modernity)

| Symbol zestawu Set symbol | Zestaw do załadunku i rozlewania gnojowicy Set of machines for slurry loading and spreading | Cena [tys. zł] Price [thous. PLN] | Wydajność W_{07} Performance of W_{07} [$\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$] | Koszty jednostkowe k' [$\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$] Unit costs k' [$\text{PLN} \cdot \text{ha}^{-1}$] | Wskaźnik postępu technicznego η_{TK} [$\text{ha} \cdot (1000 \text{ zł})^{-1}$] Technical progress η_{TK} [$\text{ha} \cdot (1000 \text{ PLN})^{-1}$] |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|--|---|--|
| A | Renault 95.14 + Strautmann & Söhne | 261 | 2,15 | 41,27 | 24,23 |
| | Renault 95.14 + Strautmann & Söhne | 261 | 0,88 | 121,20 | 8,25 |
| B | John Deere 6420 + Fliegl Fass 12000 | 423 | 4,90 | 28,48 | 35,11 |
| | John Deere 6420 + Fliegl Fass 12000 | 423 | 2,06 | 79,96 | 12,51 |
| C | Valtra N121 + Siegfried Marchner | 444 | 8,73 | 15,91 | 62,85 |
| | Valtra N121 + Siegfried Marchner | 444 | 2,86 | 58,76 | 17,01 |

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Wskaźnik postępu technologicznego

Drugim wskaźnikiem charakteryzującym maszyny użyte w technologii nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi jest wskaźnik postępu technologicznego. Wyniki obliczeń dla analizowanych zestawów maszynowych do nawożenia zamieszczono w tabelach 5 i 6. Największe wartości tego wskaźnika charakteryzują maszyny zestawu C, mniejsze maszyny zestawu B i najmniejsze zestawu A.

Tabela 5. Wartości wskaźnika postępu technologicznego w przypadku pompowania gnojowicy do wozu asenizacyjnego

Table 5. Values of technological progress index in case of pumping slurry into cesspool truck

| Zestaw: ciągnik + wóz asenizacyjny Set of tractor + cesspool truck | Nakłady energetyczne pracy maszyn Energetic inputs of machine work [MJ·ha ⁻¹] | Nakłady energetyczne pracy ludzkiej Energetic inputs of human labour [MJ·ha ⁻¹] | Wskaźnik postępu technologicznego Technological progress index [%] |
|---|---|---|---|
| A/ Renault 95.14 + Strautmann & Söhne | 156,77 | 37,21 | 80,82 |
| B/ John Deere 6420 + Fliegl Fass 12000 | 94,78 | 16,33 | 85,30 |
| C/ Valtra N121 + Siegfried Marchner | 57,49 | 9,16 | 86,26 |

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 6. Wartości wskaźnika postępu technologicznego w przypadku operacji technologicznej rozlewania gnojowicy wozem asenizacyjnym

Table 6. Values of technological progress index in case of spreading slurry with cesspool truck

| Zestaw: ciągnik + wóz asenizacyjny Set of tractor + cesspool truck | Nakłady energetyczne pracy maszyn Energetic inputs of machine work [MJ·ha ⁻¹] | Nakłady energetyczne pracy ludzkiej Energetic inputs of human labour [MJ·ha ⁻¹] | Wskaźnik postępu technologicznego Technological progress index [%] |
|---|---|---|---|
| A/ Renault 95.14 + Strautmann & Söhne | 525,04 | 90,91 | 85,24 |
| B/ John Deere 6420 + Fliegl Fass 12000 | 310,57 | 38,83 | 88,89 |
| C/ Valtra N121 + Siegfried Marchner | 245,84 | 27,97 | 89,78 |

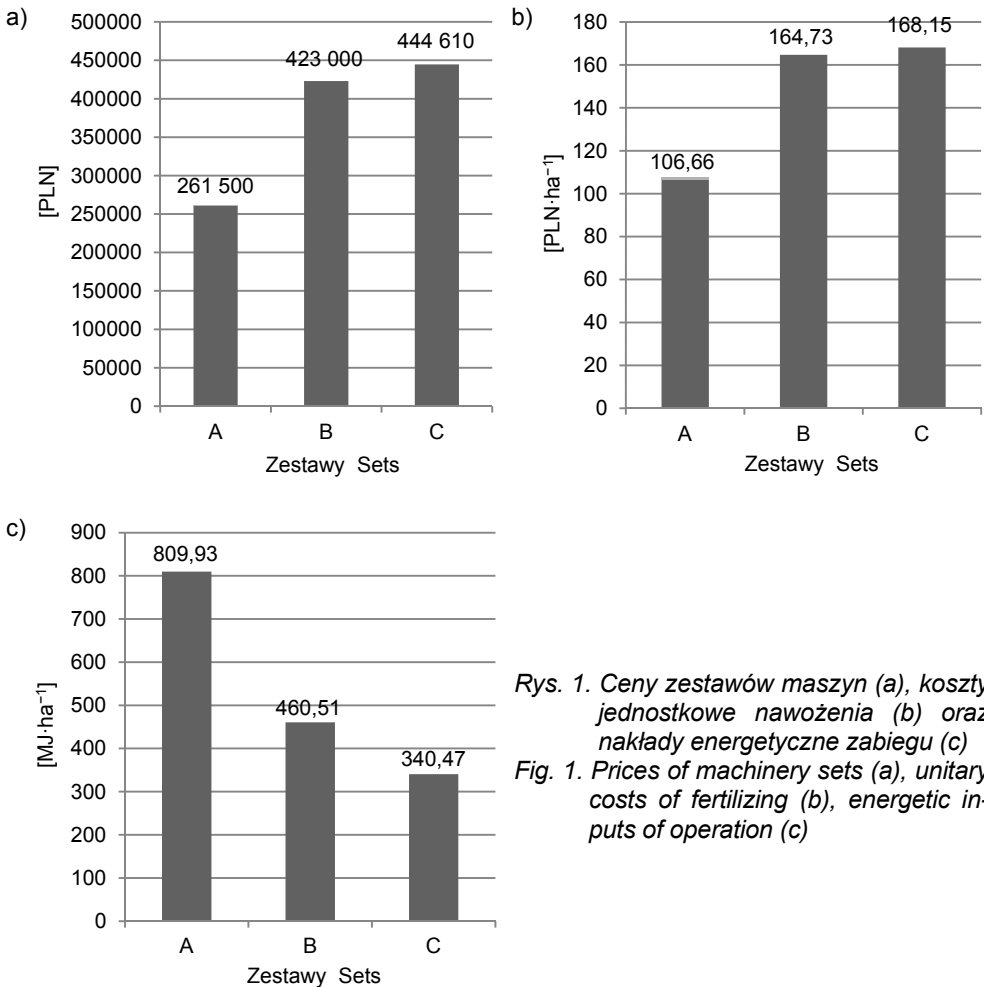
Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Podsumowanie

Wybrane wyniki badań i analiz wpływu pojemności zbiorników wozów asenizacyjnych na wartości wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych, cenę zakupu maszyn, koszty jednostkowe nawożenia i nakłady energetyczne zabiegu przedstawiono na rysunku 1.

Ceny zakupu zestawów maszyn (ciągnik + beczkowóz z kompresorem) kształtowały się następująco: zestaw A – 200 + 61,5 tys. zł; B – 300 + 123 tys. zł i C – 200 + 68 tys. zł.

Wydajność godzinowa maszyn zależała od ładowności beczkowozu i szerokości roboczej oraz od odległości pola od zbiornika na gnojowicę i wynosiła dla zestawu: A – 0,88; B – 2,06; C – 2,86 ha·h⁻¹.



Rys. 1. Ceny zestawów maszyn (a), koszty jednostkowe nawożenia (b) oraz nakłady energetyczne zabiegu (c)
 Fig. 1. Prices of machinery sets (a), unitary costs of fertilizing (b), energetic inputs of operation (c)

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Godzinowe zużycie paliwa wynosiło dla zestawów: A – 9,38; B – 13,20; C – 15,15 $\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, natomiast zużycie jednostkowe: A – 10,6; B – 6,4; C – 5,3 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Największe koszty nawożenia występowały w przypadku zastosowania beczkowozu o pojemności 5,8 m^3 (ok. 160 $\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$), mniejsze w przypadku beczkowozu o pojemności 12 m^3 (ok. 110 $\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$) i najmniejsze w przypadku beczkowozu o pojemności 8 m^3 (ok. 75 $\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$). Nakłady energetyczne zestawów maszyn do nawożenia A, B i C wynosiły odpowiednio: 810, 460, 340 $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ i 27, 15, 11 $\text{MJ} \cdot \text{t}^{-1}$. Wskaźnik postępu technicznego w przypadku operacji pompowania gnojowicy dla zestawów A, B i C wynosił: 24,23; 35,11; 62,85 $\text{ha} \cdot (1000 \text{ zł})^{-1}$, a czynności nawożenia: 8, 12, 17 $\text{ha} \cdot (1000 \text{ zł})^{-1}$. Wskaźnik postępu technologicznego w przypadku operacji pompowania gnojowicy dla zestawów A, B i C wynosił: 80,82; 85,3; 86,2%, a czynności nawożenia: 85,24; 88,89; 89,78%.

Wnioski

1. Gospodarstwa rodzinne, prowadzące obory z systemem bezściółowym, powszechnie stosują obecnie gnojowicę jako płynny nawóz naturalny, przydatny w uprawie zbóż, okopowych oraz na trwałe użytki zielone. Do jej transportu i aplikacji wykorzystywane są wozy asenizacyjne do powierzchniowego rozlewania nawozu, za pomocą łyżek rozbryzgowych lub węży wleczonych.
2. Z uwagi na moc ciągników znajdujących się w gospodarstwach rodzinnych (50–90 kW) najczęściej stosowane są wozy asenizacyjne o pojemności zbiornika 6–12 m³, z podwoziami jedno- i dwuosiowymi (w systemie tandem). Małe pojemności zbiorników instalowanych na wozach asenizacyjnych uzasadniają stosowanie małych szerokości roboczych.
3. W gospodarstwach rodzinnych od wielu lat do nawożenia gnojowicą służą agregaty: ciągnik + wóz asenizacyjny, dobrane przypadkowo z powodu mocy ciągnika i oporów przetaczania wozu asenizacyjnego. Stosowane ogumienie kół jezdnych wozów asenizacyjnych nie zawsze spełnia wymagania ogumienia rolniczego, głównie z uwagi na różnorodność zastosowania tych maszyn.
4. Ze wzrostem pojemności beczkowozów zwiększa się ich wydajność, w przypadku beczkowozów o dużej pojemności niezbędne są drogie ciągniki dużych mocy oraz wyposażenie dodatkowe do dogłębowego wprowadzania nawozu.
5. Decydujący wpływ na koszty nawożenia mają ceny użytych ciągników, beczkowozów, mieszalników i zbiorników na gnojowicę oraz wydajność maszyn i odległość pola od zbiornika z gnojowicą.
6. Badania potwierdziły przydatność badanych i analizowanych zestawów maszyn w odniesieniu do przyjętych grup powierzchni gospodarstw rolnych. Proponuje się następujące zestawy maszyn dla gospodarstw rodzinnych:
 - o powierzchni użytków rolnych 10–30 ha zestaw: ciągnik 60–70 kW, beczkowóz o pojemności 6000 dm³, mieszalnik do gnojowicy zawieszany na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika;
 - o powierzchni użytków rolnych 30–100 ha zestaw: ciągnik 70–90 kW, beczkowóz o pojemności 8000 dm³, mieszalnik do gnojowicy zawieszany na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika;
 - o powierzchni użytków rolnych powyżej 100 ha zestaw: ciągnik 100–220 kW, beczkowóz o pojemności 12 000 dm³ i powyżej, mieszalnik do gnojowicy zawieszany na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika.

Bibliografia

AKKER van den J.J.H., ARTS W.B.M., KOOLEN A.J., STUIVER H.J. 1994. Comparison of stresses, compactions and increase of penetration resistances caused by a low ground pressure tyre and a normal tyre. *Soil and Tillage Research*. Vol. 29. No. 2–3 s. 125–134.

ALAKUKKU L. 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long-term effects on the properties of fine – textured and organic soils. *Soil and Tillage Research*. Vol. 37. No. 4 s. 223–238.

- BARSZCZEWSKI J., DUCKA M. 2012. Bilans wybranych makroskładników łąki trwałej nawożonej nawozami mineralnymi i naturalnymi. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 1(17) s. 7–17.
- BIAŁCZYK W., CZARNECKI J., PIECZARKA K. 2008. Analiza sił trakcyjnych opony napędowej w zmodyfikowanych technologiach uprawy. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(102) s. 97–103.
- BORUSEWICZ A., KAPELA K. 2013. Nowoczesne rozwiązania technologiczno-funkcjonalne stosowane w chowie krów mlecznych na przykładzie powiatu łomżyńskiego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(146) s. 41–46.
- BOTTA G.F., JORAJURIA D., DRAGHI L.M. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. *Journal of Terramechanics*. Vol. 39 s. 47–54.
- FUGOL M., SZLACHTA J. 2010. Zasadność używania kiszonki z kukurydzy i gnojowicy ściwiskiej do produkcji biogazu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(119) s. 169–174.
- IWASZKIEWICZ Ł. 2013. Wykorzystanie nawozów naturalnych pod uprawy rolnicze [online]. Raport Rolny. [Dostęp 08.07.2013]. Dostępny w Internecie: http://www.raportrolny.pl/index.php?option=com_k2&view=item&id-182
- KAMIŃSKI E. 2013. Trendy rozwojowe w mechanizacji nawożenia mineralnego i organicznego. W: *Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania*. Monografia. T. 2. Pr. zbior. Red. R. Hołownicki, M. Kuboń. Kraków. KTR PAN, PTIR s. 55–97.
- MARCUK T., ŻEBROWSKA E. 2013a. Wozy asenizacyjne do nawożenia gnojowicą stosowane w gospodarstwach farmerskich. W: *Nowoczesne technologie w rolnictwie*. Materiały konferencyjne. Łomża. WSA s. 29.
- MARCUK T., ŻEBROWSKA E. 2013b. Narzędzia do dogłębowego nawożenia gnojowicą zawieszane na wozach asenizacyjnych. W: *Nowoczesne technologie w rolnictwie*. Materiały konferencyjne. Łomża. WSA s. 30.
- MICHAŁEK R. 1998. Uwarunkowania technicznej rekonstrukcji rolnictwa. Kraków. PTIR. ISBN 83-905-219-1-1 ss. 289.
- MICHAŁEK R., KOWALSKI J. 2000. Technical progress in agriculture (Postęp techniczny w rolnictwie). *Annual Review of Agricultural Engineering*. Vol. 2/1. No. 2 s. 67–80.
- MORACZEWSKI R. 1996. Łąki i pastwiska w gospodarstwie rolnym. Warszawa. Fundacja Rozwój SGGW. ISBN 978-83-8698-026-0 ss. 220.
- MUZALEWSKI A. 2010. Koszty eksploatacji maszyn. Nr 25. Warszawa–Falenty. ITP. ISBN 978-83-62416-05-9 ss. 56.
- RJAZANOV M.V. 2009. Povyšenije effektivnosti ispol'zovanija židkich organičeskich udobrenij putem razrabotki i obosnovanija parametrov agregata dlja podpočvennogo vnesenija [online]. *Rozprawa doktorska*. Elektronnaja biblioteka disertacij. [Dostęp 08.01.2014]. Dostępny w Internecie: <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effectivnosti-ispol'zovaniya-zhidkich-organicheskich-ydobrenij>
- ROMANIUK W. 1995. Gospodarka gnojowicą i obornikiem. Warszawa. Eko-Efekt Sp. z o.o. NFOŚiGW. ISBN 83-904433-09 ss. 192.
- WESOŁOWSKI P. 2008. Nawożenie łąk nawozami naturalnymi w świetle doświadczeń Zachodniopomorskiego Ośrodka Badawczego IMUZ w Szczecinie. Monografia. Falenty–Szczecin. IMUZ. ISBN 978-83-88763-74-8 ss. 56.

WÓJCICKI Z. 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Warszawa. IBMER. ISBN 83-86264-24 ss. 139.

WÓJCICKI Z. 2002. Koszty mechanizacji w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych. *Wiś Jutra*. Nr 9(50) s. 26–28.

WRÓBEL B., ZIELIŃSKA K., FABISZEWSKA A. 2013. Ocena efektywności stosowania dodatku bakteryjnego do zakiszania runi łąkowej nawożonej nawozami naturalnymi. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 58(4) s. 223–237.

ZAREMBA W. 1985. *Ekonomika i organizacja mechanizacji rolnictwa*. Warszawa. PWRiL. ISBN 8309008619 ss. 319.

ŻEBROWSKA E., MARCZUK T. 2014. Ugniatanie gleby podczas nawożenia kołami ciągników i wozów asenizacyjnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 2(150) s. 229–239.

Elżbieta Żebrowska, Tomasz Marczuk

THE INFLUENCE OF LOAD-CARRYING CAPACITY OF THE CESSPOOL TRUCKS ON OPERATION-ECONOMIC INDICES OF SLURRY FERTILIZING

Summary

The aim of research was to determine the effect of load-carrying capacity of the cesspool trucks used in farms of different acreage, on the values of basic operating and economic indices. Three sets of fertilizing machines were investigated: A – Renault 95.14 tractor + cesspool truck of 5.8 m³ capacity; set was used in farm of total acreage 28 ha, B – John Deere 6420 + cesspool truck of 12 m³ capacity; farm acreage 60 ha, C – Valtra N 121 tractor + cesspool truck 8 m³ capacity; farm acreage 90 ha. Following operating-economic indices were estimated: the costs per hour and unitary fertilization costs, energy inputs on realized operation and its labour inputs, as well as the fuel consumption. Indices of technical and technological progress were calculated, too. The costs per hour and unitary costs of fertilizing by complete machine sets A, B and C reached correspondingly 185, 304, 307 PLN·h⁻¹ and 162, 108, 74 PLN·ha⁻¹. Energy inputs of work for particular fertilization machinery sets A, B, C reached 810, 460, 340 MJ·ha⁻¹ and 27, 15, 11 MJ·t⁻¹. The index of technical progress in case of pumping (loading) slurry in the sets A, B, C was 24, 35, 62 ha·(1000 PLN)⁻¹, in case of fertilization activity 8, 12, 17 ha·(1000 PLN)⁻¹. The index of technical progress for the slurry loading (pumping) in complete A, B, C sets, was 80.82; 85.30; 86.26%, for the fertilization 85.24; 88.89; 89.78%.

Key words: slurry, fertilization, line of products, cesspool trucks, selection, index

Adres do korespondencji

dr inż. Tomasz Marczuk

Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży

ul. Studencka 19, 18-402 Łomża

tel. 86 216-94-97; e-mail: tomasz.marczuk@poczta.wsa.edu.pl