

Wpłynęło 13.09.2012 r.
Zrecenzowano 17.10.2012 r.
Zaakceptowano 07.11.2012 r.

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

Wpływ ładowności rozrzutników na wartości wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych nawożenia obornikiem

Aneta MARCZUK^{ABEF}, Edmund KAMIŃSKI^{ADEF}

*Studia Doktoranckie Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego, Oddział w Warszawie
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku*

Streszczenie

Celem badań było porównanie wartości podstawowych wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych nawożenia obornikiem z wykorzystaniem zestawów maszyn: rozrzutnik o ładowności 5 t i ładowarka o udźwigu 1,4 t, rozrzutnik o ładowności 10 t i ładowarka o udźwigu 1,6 t, rozrzutnik o ładowności 20 t i ładowarka o udźwigu 4 t, eksploatowanych w gospodarstwach rolnych województwa podlaskiego o areale 28, 90 i 290 ha. Badania realizowano w gospodarstwach prowadzących produkcję polową oraz zwierzęcą. Porównując wartości wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych stwierdzono, że ze wzrostem ładowności rozrzutników wzrasta istotnie ich wydajność (od 0,38 do 1,15 ha·h⁻¹), koszty nawożenia (od 347 do 976 PLN·ha⁻¹), energochłonność (od 1773 do 4069 MJ·ha⁻¹). Ceny zakupu maszyn w poszczególnych grupach gospodarstw rosną wraz z ładownością rozrzutników i udźwigiem ładowarek (szczególnie samojezdnych) i w przypadku trzech analizowanych zestawów nawozowych wynosiły odpowiednio: 569, 570 i 1247 tys. PLN.

Słowa kluczowe: maszyna rolnicza, ładowarka, rozrzutnik obornika, nawożenie obornikiem, ciągnik rolniczy, koszt nawożenia

Wstęp

Rozrzutniki obornika są produkowane od wielu lat przez renomowane firmy, takie jak: Joskin, Berutex, Samson, Unia Grup, POL-MOT Warfama, METAL-FACH, CynkoMet, Annaburger, Agrostroj Pelhrimov, Sipma, Agromet, Jeantil, Brochard, Fliegl, Strautmanna, a ich rozwiązania konstrukcyjne są systematycznie



doskonalone [FRICK 2001; FRICK i in. 2001]. Podstawowymi zespołami rozrzutnika są: podwozie z układem jezdny i skrzynią nawozową, przenośnik podłogowy, adapter rozrzucający oraz zespół napędowy przenośnika i adaptera.

Nowoczesne rozrzutniki obornika muszą spełniać wiele wymagań pod względem funkcjonalnym i eksploatacyjno-ekonomicznym oraz bezpieczeństwa [EN 13080: 2002; EN 690:1994]. Maszyny powinny cechować się: dobrą jakością pracy, dużą ładownością skrzyni i jednocześnie jak najmniejszym zapotrzebowaniem na moc ciągnika, możliwością łatwej i pewnej regulacji poszczególnych zespołów, zwłaszcza dozujących, trwałością i niezawodnością, możliwością wielostronnego wykorzystania przyczepy, łatwością łączenia z typowymi ciągnikami rolniczymi, dużą wydajnością i małymi kosztami użytkowania [SADOWSKI JÓZEFOWICZ 2006; WYŁUDA 2005]. Konstruktorzy rozrzutników dużo uwagi poświęcają przystosowaniu maszyn do aplikacji kompostów o różnych właściwościach fizykomechanicznych [BARRINGTON i in. 2002; BENI, MARCUCCI 2000; JELINEK i in. 2001; FIEDOROWICZ, WIŚNIEWSKI 2011].

Podwozia rozrzutników obornika można podzielić na jednoosiowe i dwuosiowe z przednią osią skrętną. Rozrzutniki dwuosiowe są łączone z ciągnikiem przez zaczep transportowy. Rozrzutniki jednoosiowe są przystosowane do łączenia z ciągnikiem przez automatyczny zaczep do przyczep jednoosiowych. Rozrzutniki starego typu miały możliwość przyłączania do zaczepu rolniczego ciągnika. Z uwagi na korzystne właściwości trakcyjne rozrzutników jednoosiowych w warunkach polowych, popularność ich jest duża. Podstawowymi zaletami rozrzutników jednoosiowych są: dociążenie tylnej osi ciągnika i zwiększenie siły uciągu (lub ograniczenie poślizgów kół napędowych ciągnika), przeniesienie części ciężaru skrzyni nawozowej na tylną oś ciągnika, umożliwiające zastosowanie w rozrzutniku mniejszego rozmiaru kół jezdnych, mniejsze opory przetaczania po miękkim polu przyczep jednoosiowych w porównaniu z dwuosiowymi.

Podwozie rozrzutników zaczepianych na automatyczny zaczep rolniczy ciągnika może być jednoosiowe o dwu kołach jezdnych, jednoosiowe o kołach w układzie tandem (czterokołowe) oraz trzyosiowe sześciokołowe. Rozmiary ogumienia kół jezdnych rozrzutników są bardzo zróżnicowane i zależą głównie od ładowności skrzyni nawozowej. Na przykład, rozrzutnik dwukołowy jednoosiowy firmy Cynko Met o ładowności 3,5 t ma ogumienie 11,5/80-15,3 12PR, rozrzutnik dwukołowy jednoosiowy firmy Unia Grup Tytan 14 o ładowności 10 t ma ogumienie 550/60x22,5 16PR, rozrzutnik dwukołowy jednoosiowy firmy Joskin Tornado 2, o ładowności 8–12 t, ma ogumienie 23.1 R26 12PR Radial RUSS. Rozrzutnik trzyosiowy francuskiej firmy Brochard ma podwozie sześciokołowe, natomiast czteroosiowy o największej ładowności wynoszącej 32 t – podwozie ośmiokołowe. Firmy Strautmann i Fliegla w swych rozrzutnikach stosują automatyczną regulację nacisku na zaczep, montując urządzenie zmieniające położenie skrzyni nawozowej względem podwozia. Zapobiega to odciążeniu zaczepu w końcowej fazie opróżniania, gdy masa nawozu jest przesunięta do tyłu skrzyni.

Z uwagi na: oszczędność zużycia paliwa [GOŚCIAŃSKA 2011], poprawę efektywności nawożenia [MAĆKOWIAK 2004], rozwój rolnictwa zrównoważonego [JORGENSEN 2004] oraz krótki okres agrotechniczny nawożenia obornikiem, rozrzutniki obornika, jako maszyny złożone i drogie, powinny być wykorzystywane do innych operacji technologicznych w produkcji rolniczej. Dlatego, oprócz wyposażenia podstawowego, takiego jak różnego rodzaju adaptery rozrzucające obornik i komposty, mają wyposażenie dodatkowe – podwyższone burty i uchylną burtę tylną, przystosowującą maszynę do transportu materiałów luzem oraz w belach, np. słomy, siana, okopowych. Stosowane rozrzutniki obornika o dużych ładownościach w procesie technologicznym nawożenia wymagają współpracy ładowarek o dużym udźwigu i odpowiedniej wysokości podnoszenia.

Celem badań było określenie wpływu ładowności rozrzutników obornika na wartości podstawowych wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych w uprawie polowej roślin w gospodarstwach rolnych o zróżnicowanym areale, z uwzględnieniem trendów postępu technicznego.

Materiał i metody badań

Obiektem rozważań były warianty zestawu nawozowego ciągnik – ładowarka i ciągnik – rozrzutnik, różniące się mocą silników, ładownością rozrzutników i udźwigiem ładowarek. Doboru ciągników do maszyn współpracujących dokonano, uwzględniając zapotrzebowanie na siłę uciągu, stateczność agregatów, wymagane prędkości robocze i wydajność eksploatacyjną.

Przedmiotem badań były następujące trzy zestawy nawozowe:

- gospodarstwo A – ciągniki Renault 106.54 i Renault 95.14, ładowarka Maileux MX 6000 oraz rozrzutnik obornika Duchesne 5T5;
- gospodarstwo B – ciągniki Renault 103.54 i Valtra N121, ładowarka Agram 26 oraz rozrzutnik obornika Miro SH120S;
- gospodarstwo C – ciągnik JCB 8250 Fastrac, ładowarka samojezdna Manitou MLT 741-120 oraz rozrzutnik obornika Rolland Rollmax.

Ciągniki rolnicze użyte w eksploatacyjnych badaniach rozrzutników obornika miały napęd na dwie osie, układ kół pojedynczy, tylny trzypunktowy układ zawieszenia i wałek odbioru mocy oraz hydraulikę zewnętrzną. Skróconą charakterystykę techniczną ciągników zamieszczono w tabeli 1.

W badaniach eksploatacyjnych wykorzystywano dwie ładowarki ciągnikowe Maileux MX 600 i Agram 26 oraz ładowarkę samojezdną Manitou z wyposażeniem do załadunku obornika i kompostów. Skróconą charakterystykę techniczną ładowarek zamieszczono w tabeli 2.

W operacji roztrząsania obornika zastosowano rozrzutniki z adapterami dostosowanymi do obornika i kompostów, zapewniające dobrą jakość pracy (nierównomierność poprzeczna rozrzutu mniejsza niż 30%) i właściwą współpracę z łado-

Tabela 1. Skrócona charakterystyka techniczna ciągników
Table 1. Short technical characteristics of the tractors

Marka i model ciągnika Mark and model of tractor	Moc nominalna Power rating [KM]/[kW]	Rozmiar ogumienia kół Tire size		Masa całkowita Total weight [kg]	Rozstaw osi Axle base [m]	Rozstaw kół jezdnych Wheel track	
		przednich front	tylnych rear			przednich front [m]	tylnych rear [m]
Gospodarstwo A Farm A							
Renault 106.54	100/75	380/85R28	420/85R38	4 905	2,75	1,90	1,80
Renault 95.14	85/63	360/70R28	480/70R34	4 740	2,50	1,80	1,65
Gospodarstwo B Farm B							
Renault 103.54	95/70	420/70R28	16,9 R38	4 800	2,50	1,80	1,70
Valtra N121	137/101	480/65R28	600/65R38	4 950	2,56	1,80	1,80
Gospodarstwo C Farm C							
JCB 8250 Fastrac	260/191	540/65R38	710/70R38	10 135	3,12	1,95	1,85

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 2. Skrócona charakterystyka techniczna ładowarek
Table 2. Short technical characteristics of the loaders

Marka i model ładowarki Mark and model of loader	Masa całkowita Total weight [kg]	Rodzaj chwytaka Type of fork	Udźwig Lifting capacity [kg]	Wysokość podnoszenia Lifting height [m]
Gospodarstwo A Farm A				
Mailleux MX 6000	550	widłowo-grabiowy grapple loader rake	1 600	3,5
Gospodarstwo B Farm B				
Agram 26	505	widłowo-grabiowy grapple loader rake	1 450	3,2
Gospodarstwo C Farm C				
Manitou MLT 741-120	7 220	widłowo-grabiowy grapple loader rake	4 000	7,0

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

warkami oraz ciągnikami. Skróconą charakterystykę techniczną rozrzutników obornika zamieszczono w tabeli 3.

Badania zlokalizowano na terenie województwa podlaskiego w gospodarstwach rolnych o areale: A – 28, B – 90 i C – 290 ha, wyposażonych w ładowarki o udźwigu 1,4–4,0 t i rozrzutniki obornika starego i nowego typu o ładowności 5, 10 i 20 t. Nawożono pola o glebie darniowo-bielicowej, średniozwięzłej, ze ścierniskami zbóż ozimych, po bronowaniu bronami talerzowymi, charakteryzujące się wilgotnością bezwzględną gleby na głębokości 0–5 cm wynoszącą 13–15%.

Podstawowymi analizowanymi wskaźnikami eksploatacyjno-ekonomicznymi były: cena zakupu maszyn, koszty eksploatacji maszyn, jednostkowe koszty nawożenia, nakłady robocizny, energochłonność, postęp techniczny i technologiczny.

Tabela 3. Skrócona charakterystyka techniczna rozrzutników obornika
Table 3. Short technical characteristics of manure spreaders

Marka i model rozrzutnika Mark and model of manure spreader	Ładowność Loading capacity [kg]	Rozmiar ogumienia Tire size	Masa maszyny Machine weight [kg]	Wymiary dł./szer./wys. Dimension length/width/height [m]	Rodzaj adaptera roztrzaskującego Type of spreading adapter
Gospodarstwo A Farm A					
Duchesne 5T5	5 000	12,5 R20	2 000	3,7/2,0/0,8	1 bęben poziomy 1 horizontal drum
Gospodarstwo B Farm B					
MIRO SH120S	10 000	18,4 R34	3 540	5,0/1,5/1,8	2 bębny pionowe 2 vertical drums
Gospodarstwo C Farm C					
Rolland Rolmax	20 000	560/60R22,5	9 000	5,8/2,1/2,1	2 bębny pionowe 2 vertical drums

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Omówienie wyników badań

Na podstawie danych z dostępnych źródeł (faktury zakupu, fabryczne instrukcje obsługi, cenniki przedsiębiorstw dilerkich, doświadczenie własne), ustalono ceny maszyn eksploatowanych w gospodarstwach rolnych A, B i C (tab. 4). Jednym z czynników, oprócz mocy, decydującym o cenie ciągnika jest jego wyposażenie podstawowe i dodatkowe. Podobnie jest z ładowarkami i rozrzutnikami obornika, o których cenie decydują ponadto: stopień uniwersalności i nowoczesności konstrukcji, udźwig (ładowarki) i ładowność (rozrzutniki obornika) [MUZALEWSKI 2010].

Tabela 4. Ceny ciągników, rozrzutników obornika i ładowarek uniwersalnych
Table 4. The prices of tractors, manure spreaders and universal loaders

Ciągniki (moc [KM]/[kW]) Tractors [HP]/[kW]	Cena Price [PLN]	Rozrzutniki (ładowność) Spreaders (loading capacity) [t]	Cena [zł] Price [PLN]	Ładowarki (udźwig) Loaders (lifting capacity) [kg]	Cena Price [PLN]
Renault 106.54 (100/75)	250 000	–	–	Mailleux MX6000 (1600)	39 000
Renault 95.14 (85/63)	200 000	Duchesne 5T5 (5)	77 922	–	–
Renault 103.54 (95/70)	225 000	–	–	Agram 26 (1450)	32 647
Valtra N 121 (137/101)	389 610	Miro SH120S (10)	123 000	–	–
JCB 8250 Fastrac (260/191)	650 000	Rolland Rollmax 6325 (20)	259 740	Manitou 741-120 (4000)	337 662

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Decydujący wpływ na wydajność eksploatacyjną mają: czas załadunku obornika na rozrzutnik (wydajność ładowarki) i czas dojazdu do pola i powrotu (odległość pola od przyzmy).

Wydajność eksploatacyjna ładowarek była proporcjonalna do ich udźwigu i wynosiła: $30,0 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (ładowarka Maillieux MX 6000), $47,7 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (ładowarka Agram 26) oraz $102,0 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (ładowarka Manitou MLT 741-120), a w przeliczeniu hektar na godzinę odpowiednio: 1,0, 1,59 oraz $3,40 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (tab. 5).

Tabela 5. Wartości wskaźników eksploatacyjnych zestawów do załadunku i roztrząsania obornika

Table 5. Operation indices of the machine sets for manure loading and spreading

Zestaw ciągnik + ładowacz lub rozrzutnik Set of tractor + loader or spreader	Nakłady robocizny Labour inputs		Koszt eksploatacji Operation cost		Wydajność $W_{07}^{1)}$ Output $W_{07}^{1)}$	
	$[\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}]$ [workhrs·ha ⁻¹]	$[\text{rbh}\cdot\text{t}^{-1}]$ [workhrs·t ⁻¹]	$[\text{PLN}\cdot\text{h}^{-1}]$	$[\text{PLN}\cdot\text{ha}^{-1}]$	$[\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}]$	$[\text{t}\cdot\text{h}^{-1}]$
Renault 106.54 + ładowacz (loader) Maillieux MX6000	1,02	0,034	114,61	114,61	1,00	30,00
Renault 103.54 + ładowacz (loader) Agram 26	0,62	0,020	106,01	66,67	1,59	47,70
Manitou 741-120	0,29	0,010	135,64	39,89	3,40	102,00
Renault 95.14 + rozrzutnik (spreader) Duchesne 5T5	2,15	0,072	111,65	232,60	0,48	14,40
Valtra N121 + rozrzutnik (spreader) Miro SH120S	1,90	0,063	188,87	363,22	0,52	15,60
JCB 8250 + rozrzutnik (spreader) Rolland Rollmax 6325	2,60	0,080	348,82	917,95	0,38	11,40

¹⁾ Dawka obornika $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. ¹⁾ Manure dose $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Nakłady robocizny wynosiły od 0,29 do $1,02 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz od 0,010 do $0,034 \text{ rbh}\cdot\text{t}^{-1}$, koszty godzinowe eksploatacji maszyn – od 106,01 do $135,64 \text{ PLN}\cdot\text{h}^{-1}$, a koszty jednostkowe – od 39,89 do $114,61 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$. Charakterystyczną grupę stanowią ładowarki samojezdne, do których należy ładowarka Manitou, które przy stosunkowo dużych kosztach godzinowych eksploatacji cechują się małymi kosztami jednostkowymi załadunku ($40 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$) i dużą wydajnością godzinową ($102 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$).

Rozrzutniki były wyposażone w adaptory roztrząsające dwubębnowe poziome i pionowe o szerokościach roboczych 2,2 oraz 8,0 m.

Wydajność eksploatacyjna rozrzutników 5- i 10-tonowych, gdy odległości pola od gospodarstw wynosiły odpowiednio 0,3 i 3,0 km, były podobne ($0,48$ i $0,52 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$), natomiast wydajność eksploatacyjna rozrzutnika 20-tonowego, gdy odległość pola od przyzmy wynosiła 29 km, była mniejsza – $0,38 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$ (tab. 5). Gdy założono, że odległość pola od przyzmy wynosi 6 km, wydajność ta była już znacznie większa – $1,15 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, a koszty jednostkowe nawożenia zmalały

z 917,95 do 343 PLN·ha⁻¹. Nakłady robocizny wynosiły od 1,90 do 2,60 rbh·ha⁻¹ oraz od 0,063 do 0,080 rbh·t⁻¹, a koszty eksploatacji zestawów – od 111,65 do 348,82 PLN·h⁻¹ oraz od 232,60 do 917,95 PLN·ha⁻¹. Energochłonność nawożenia obornikiem z zastosowaniem trzech badanych zestawów maszyn obliczono z wykorzystaniem wskaźników podanych przez WÓJCICKIEGO [2000] (tab. 6).

Tabela 6. Zestawienie energochłonności nawożenia obornikiem
Table 6. Tabulation of energy consumption for manure fertilization

Symbol zestawu Symbol of aggregate	Zestaw ciągnik + ładowacz, ciągnik + rozrzutnik Aggregate tractor + loader, tractor + spreader	Energochłonność wykonania zabiegu nawożenia Energy consumption of fertilization operation							
		ciągniki i maszyny tractors and machines		robocizna labor inputs		paliwo fuel		energochłonność ogólna total energy consumption (3+5+7)	
		[MJ·ha ⁻¹]	razem total [MJ·ha ⁻¹]	[MJ·ha ⁻¹]	razem total [MJ·ha ⁻¹]	[MJ·ha ⁻¹]	razem total [MJ·ha ⁻¹]	[MJ·ha ⁻¹]	[MJ·t ⁻¹]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Renault 106.54 + Maileux X6000	81,49	295,08	80,00	246,67	444,00	1 231,60	1 773,35	59,11
	Renault 95.14 + Duchesne 5T5	213,59		166,67		787,60			
B	Renault 103.54 + Agram 26	49,53	310,87	50,31	204,16	264,00	1 429,20	1 944,23	64,81
	Valtra N121 + Miro SH120S	261,34		153,85		1 165,20			
C	Manitou 741-120 JCB 8250	25,48	663,08	23,53	234,06	156,80	3 172,40	4 069,54	135,65
	+ Rolland Roll- max 6325	637,60		210,53		3 015,60			

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Energochłonność całkowita eksploatowanych zestawów maszyn wynosiła: A – 1773,35; B – 1944,23; C – 4069,54 MJ·ha⁻¹ oraz odpowiednio: 59,11; 64,81; 135,65 MJ·t⁻¹, czyli zwiększała się z ładownością rozrzutnika.

Wartości wskaźnika postępu technicznego zestawów nawozowych do załadunku i roztrząsania obornika [MICHĄLEK, KOWALSKI 2000] obliczono według wzoru:

$$\eta_{TK} = \frac{W_{07}}{k'} \text{ [ha} \cdot \text{PLN}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

W_{07} – wydajność eksploatacyjna maszyn [ha·h⁻¹];

k' – jednostkowy koszt wykonania zabiegu w przeliczeniu na godzinę [PLN·h⁻¹].

Wartości tego wskaźnika ładowarek wynoszą od 8,73 do 25,07 ha·(1000 PLN)⁻¹ i zwiększają się wraz z udźwigniem i wydajnością załadunku (tab. 7). Wartości wskaź-

Tabela 7. Wartości wskaźnika postępu technicznego badanych zestawów maszyn
 Table 7. Values of technical progress index for the machine sets under study

Symbol zestawu Symbol of aggregate	Zestaw ciągnik + ładowacz ciągnik + rozrzutnik Aggregate tractor+loader tractor+spreader	Cena zakupu użytych maszyn Price of machinery purchase [PLN]	Wydajność Eficyjności W_{07} [ha·h ⁻¹]	Jednostkowe koszty zabiegu Unit cost of the operation k' [PLN·h ⁻¹]	Wskaźnik postępu technicznego Technical progress index η_{TK} [ha·(1000 PLN) ⁻¹]
A	Renault 106.54 + Maileux MX6000	289 000	1,00	114,61	8,73
	Renault 95.14 + Duchesne 5T5	277 922	0,48	111,65	4,30
B	Renault 103.54 + Agram 26	257 647	1,59	106,01	15,00
	Valtra N121 + Miro SH120S	512 610	0,52	188,87	2,75
	Manitou 741-120	337 662	3,40	135,64	25,07
C	JCB 8250 + Rolland	909 740	0,38	348,82	1,09
	Rollmax 6325				

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Wartości wskaźnika postępu technicznego rozrzutników obornika wynoszą od 1,09 do 4,30 ha·(1000 PLN)⁻¹ i maleją ze wzrostem ładowności rozrzutnika.

Wartości wskaźnika postępu technologicznego analizowanych zestawów maszyn obliczono według wzoru:

$$W_m = \frac{E_J}{L_0 + E_J} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

E_J – energochłonność pracy maszyn w procesie nawożenia [MJ·ha⁻¹];

L_0 – pracochłonność nawożenia za pomocą poszczególnych zestawów maszyn [rbh·ha⁻¹] lub [MJ·ha⁻¹].

Wartości tego wskaźnika w przypadku zestawów do załadunku wynoszą od 86,17 do 88,57% (tab. 8), co świadczy o dobrym doborze ładowarek do zestawów nawozowych.

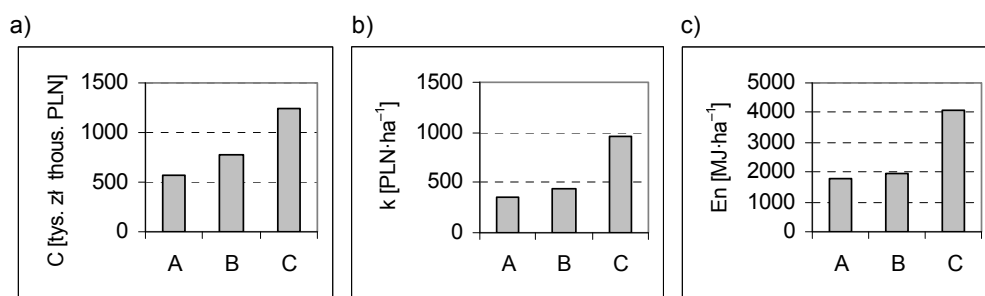
Wartości wskaźnika postępu technologicznego badanych trzech zestawów maszyn do rozrzucania nawozu wynoszą od 85,73 do 94,55%, co świadczy o dobrym doborze rozrzutników obornika do zestawów nawozowych i małym udziale robocizny w zabiegu technologicznym nawożenia. Najmniejsza była wartość wskaźnika postępu technologicznego (85,70%) rozrzutnika obornika o ładowności 5 t, większa (90,27%) – rozrzutnika o ładowności 10 t i największa (94,55%) – rozrzutnika o ładowności 20 t.

Tabela 8. Wartości wskaźnika postępu technologicznego ładowarek i rozrzutników
Table 8. Values of technological progress index for the loaders and spreaders

Zestaw – ciągnik + ładowacz lub rozrzutnik Aggregate – tractor + loader or spreader	Energochłonność pracy maszyn Energy consumption of machine operation [MJ·ha ⁻¹]	Energochłonność pracy ludzkiej Energy consumption of human labour [MJ·ha ⁻¹]	Wskaźnik postępu technologicznego W_m Index of technological progress W_m [%]
Renault 106.54 + Mailleux MX6000	525,49	80,00	86,79
Renault 103.54 + Agram 26	313,53	50,31	86,17
Manitou 741-120	182,28	23,53	88,57
Renault 95.14 + Duchesne 5T5	1 001,19	166,67	85,73
Valtra N121 + Miro SH120S	1 426,54	153,85	90,27
JCB 8250 + Rolland Rollmax 6325	3 653,20	210,53	94,55

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Z badań i analizy wpływu ładowności rozrzutników na wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne nawożenia: cenę maszyn, koszty jednostkowe nawożenia i energochłonność zabiegu, wykonywanego za pomocą badanych trzech zestawów maszyn (rys. 1), wynika, że:



Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Rys. 1. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne badanych zestawów maszyn: a) ceny, b) koszty jednostkowe nawożenia, c) energochłonność zabiegu
Fig. 1. Operational-economic indices of tested machinery sets; (a) prices, (b) unitary costs of fertilization measure, (c) energy consumption by the operations

- ceny zakupu zestawu maszyn rosną wraz z ładownością użytych rozrzutników obornika i udźwigiem ładowarek i wynoszą: zestaw A – 569; B – 570 i C – 1247 tys. PLN;
- koszty nawożenia były najmniejsze w przypadku rozrzutnika o ładowności 5 t (347 PLN·ha⁻¹), większe w przypadku rozrzutnika 10 t (430 PLN·ha⁻¹) i największe w przypadku rozrzutnika 20 t (957 PLN·ha⁻¹), gdy odległość transportowa obornika wynosiła 29 km, natomiast obliczone dla założonej odległości

- transportowej obornika 6 km wynosiły tylko 343 PLN·ha⁻¹, tzn. były porównywalne z kosztami maszyn zestawu A;
- wartości wskaźnika energochłonności rosną wraz z ładownością rozrzutników i wynoszą odpowiednio: zestaw A – 1773; B – 1944; C – 4070 MJ·ha⁻¹.

Wnioski

1. Podział rozrzutników na trzy grupy o ładowności 5, 10 i 20 t był zasadny ze względu na dobór ciągników, ładowarek i nawożonego areалу pola. Ze wzrostem ładowności rozrzutników wiążą się większe koszty ich zakupu oraz koszty zakupu współpracujących ciągników i ładowarek, tzn. zwiększają się nakłady inwestycyjne.
2. Ze wzrostem ładowności rozrzutników istotnie zwiększa się ich wydajność, ograniczeniem jednak jest odległość transportowa (pole – przyzma) oraz długi czas załadunku obornika na rozrzutnik. W przypadku rozrzutników o dużej ładowności konieczne jest też zastosowanie drogich ładowarek samojezdnych o dużej wydajności.
3. Energochłonność nawożenia zwiększa się wraz ze wzrostem ładowności użytych rozrzutników, zwiększa się również jednostkowe zużycie paliwa na hektar.
4. Na koszty nawożenia istotny wpływ ma odległość pola od przyzmy. Np. zmniejszenie tej odległości z 29 do 6 km w przypadku zestawu C spowodowało zmniejszenie kosztów nawożenia prawie 3-krotne (z 958 do 343 PLN·ha⁻¹).
5. Istotnym czynnikiem ograniczającym koszty nawożenia jest możliwość zastosowania maszyn do innych operacji technologicznych.
6. Przeprowadzone badania potwierdziły przydatność analizowanych zestawów maszyn w gospodarstwach rolnych z przyjętych grup arealów. Proponuje się: dla gospodarstw o areale 10–30 ha – zestaw: ciągnik 60–70 kW, ładowarka o udźwigu 1400 kg i rozrzutnik obornika o ładowności 5 t; dla gospodarstw o areale 30–100 ha – zestaw: ciągnik 70–90 kW, ładowarka o udźwigu 1600 kg i rozrzutnik obornika o ładowności 10 t; dla gospodarstw o areale powyżej 100 ha – zestaw: ciągnik 200–220 kW, ładowarka samojezdna o udźwigu 4 t i rozrzutnik obornika o ładowności 20 t.
7. Doskonalenie techniki i organizacji pracy zabiegu nawożenia obornikiem powinno zmierzać w kierunku spełnienia wymagań rolnictwa zrównoważonego i ekologicznego, głównie w zakresie ograniczenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego oraz destrukcyjnego oddziaływania ciągników i maszyn nawozowych na glebę.

Bibliografia

- BARRINGTON S., CHOINIERE D., TRIGUI M., KINGHT W. 2002. Compost airflow resistance. *Biosystems Engineering*. Vol. 81. Nr 4 s. 433–441.
- BENI C., MARCUCCI A. 2000. Le macchine per la produzione di compost. *Mondo Macchine*. An. 9. Nr 3 s. 14–22.
- FIEDOROWICZ G., WIŚNIEWSKI K. 2011. Nakłady energetyczne w linii technologicznej usuwania i magazynowania nawozów naturalnych w oborach wolnostanowiskowych ściółkowych. *Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna*. Nr 6 s. 16–18.

- FRICK R. 2001. Fünf Streusysteme im Vergleich. Verteilgenauigkeit und Streuguteignung bei Dungstreuern auf dem Prüfstand. DLZ – Agrarmagazin. Jg. 52. Nr 7 s. 58–64.
- FRICK R., HAUSSER J., SCHICK M. 2001. Ausbringtechnik Abfalldünger und Laufstallmist. TÄNIKAN FAT. Nr 560 ss. 32.
- GOŚCIAŃSKA J. 2011. Fuel savings in agriculture – new priorities of the European Union. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering. Vol. 56(2) s. 54–57.
- JELINEK A., ČEŠPIVA M., PLIVA P., HÖRNIG G. 2001. Composting as possibility of toxic gases emissions reduction, mainly ammonia, generated during manure storage. Research Agricultural Engineering. Zemědělská Technika. Vol. 47. Č. 3 s. 82–91.
- JORGENSEN H. 2004. Development of sustainable agriculture in Denmark. Inżynieria Rolnicza. Nr 1 s. 49–58.
- MAĆKOWIAK CZ. 2004. Zasady stosowania nawozów naturalnych i organicznych w świetle aktualnych regulacji prawnych. W: Poprawa efektywności wykorzystania składników nawozowych w gospodarstwach rolnych na Mazowszu. Warszawa. WODR s. 27–39.
- MICHAŁEK R., KOWALSKI J. 2000. Technical progress in agriculture. Annual Review of Agricultural Engineering. Vol. 2/1. Nr 2 s. 67–80.
- MUZALEWSKI A. 2010. Koszty eksploatacji maszyn (wskaźniki techniczno-eksploatacyjne maszyn i ciągników stosowanych w gospodarstwach rolnych). Nr 25. Falenty – Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-05-9 ss. 56.
- SADOWSKI K., JÓZEFOWICZ I. 2006. Test 6 rozrzutników obornika. Top Agrar Polska. Nr 2 s. 120–131.
- WÓJCICKI Z. 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Warszawa. IBMER. ISBN 83-86264-62-4 ss. 139.
- WYŁUDA K. 2005. Mechanizacja nawożenia stałymi nawozami organicznymi. Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna. Nr 3 s. 20–21.

Aneta Marczuk, Edmund Kamiński

**EFFECT OF SPREADER LOADING CAPACITY
ON THE VALUES OF OPERATIONAL-ECONOMIC INDICES
OF MANURE APPLICATION**

Summary

The aim of study was to compare the basic operational-economic indices of manure fertilization with the use of following machinery sets: manure spreader of load capacity 5 t and the loader of lifting capacity 1.4 t, the spreader of load capacity 10 t and loader of lifting capacity 1.6 t, the spreader of load capacity 20 t and loader of lifting capacity 4 t. The sets of machines operated in farms of the acreage 28, 90 and 290 ha, situated in Podlaskie region. Investigations were carried out in the farms directed both, to crop and animal production. Comparison of the values of operational-economic indices proved that along with increasing the load capacity of manure spreaders significantly increased their output (from 0.38 to 1.15 ha·h⁻¹), the costs of fertilization (from 347 to 976 PLN·h⁻¹), energy consumption (from 1773 to 4069 MJ·h⁻¹). The prices of machinery purchase in particular groups of farms increased with the load capacity

of spreaders and lifting capacity of the loaders (especially the self-propelled ones); in the case of three tested manure fertilizing machine sets they amounted to 569, 579 and 1247 thous. PLN, respectively.

Key words: agricultural machine, loader, manure spreader, manure fertilization, agricultural tractor, fertilization cost

Adres do korespondencji

prof. dr hab. Edmund Kamiński
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Mazowiecki Ośrodek Badawczy
05-825 Kłudzienko, gm. Grodzisk Mazowiecki
tel. 22 724-07-02 wew. 112; e-mail: e.kaminski@itep.edu.pl