

# EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA RÓŻNYCH TECHNOLOGII PRODUKCJI ROŚLINNEJ

Streszczenie

W artykule dokonano analizy zużycia oleju napędowego (ON) przez sektor rolniczy w Polsce i na świecie. Przedstawiono również wyniki badań i analiz zużycia ON dla wybranych upraw i technologii produkcji w warunkach rolnictwa polskiego i Stanów Zjednoczonych. Badania wykazały, że stosowanie uproszczeń uprawowych powoduje obniżenie zużycia paliwa.

**Słowa kluczowe:** produkcja roślinna, olej napędowy, zużycie, technologia produkcji

Olej napędowy stosowany jest jako paliwo do silników ZS powszechnie wykorzystywanych do napędu ciągników i maszyn rolniczych na całym świecie. Największymi jego odbiorcami są sektory rolnicze Chin i Stanów Zjednoczonych (tab. 1). Rolnictwo polskie ze zużyciem 2,55 mln ton w 2005 r. zajęło w tym zestawieniu 10 miejsce [16], a według danych za 2012 r. miejsce 17 (1,725 mln ton), co stanowiło 1,8% zużycia światowego rolnictwa [15].

Tab. 1. Zużycie oleju napędowego w rolnictwie światowym [15, 16]

Table 1. Diesel oil consumption in world agriculture [15, 16]

Lp.	Państwo	Zużycie ON w rolnictwie [mln ton]			
		2005	Miejsce w rankingu	2012	Miejsce w rankingu
1.	Chiny	18,38	1	13,355	1
2.	USA	11,41	2	9,475	2
3.	Brazylia	4,85	3	6,035	4
4.	Rosja	4,51	4	3,277	7
5.	Japonia	3,68	5	2,781	10
6.	Argentyna	3,35	6	2,691	11
7.	Iran	3,34	7	0,844	26
8.	Tajlandia	3,02	8	3,655	5
9.	Turcja	2,90	9	3,481	6
10.	Polska	2,55	10	1,725	17
11.	Egipt	1,58	23	6,839	3

Dane GUS dotyczące polskiego rolnictwa w niewielkim stopniu różnią się od powyższych i wynikają prawdopodobnie ze stosowania innej metodyki wyliczania. Zużycie oleju napędowego w polskim rolnictwie w 2010 r. wynosiło 1600 tys. ton i stanowiło 13,7% ogólnego zużycia krajowego (tab. 2). W stosunku do 2009 r. wartość zużycia nie zmieniła się, ale udział w ogólnym zużyciu krajowym zmalał (14,8% w 2009 r.). Rolnictwo w Polsce, po sektorze transportowym, jest drugim największym odbiorcą oleju napędowego [3].

Tab. 2. Zużycie oleju napędowego w rolnictwie polskim [3-6]

Table 2. Diesel oil consumption in Polish agriculture [3-6]

Lp.	Rok	Wartość zużycia [ton]	Udział w ogólnym zużyciu krajowym [%]
1.	2007	1650	17,3
2.	2008	1600	15,3
3.	2009	1600	14,8
4.	2010	1600	13,7
5.	2011	1610	13,2
6.	2012	1625	13,7
7.	2013	1600	14,5
8.	2014	1604	14,3

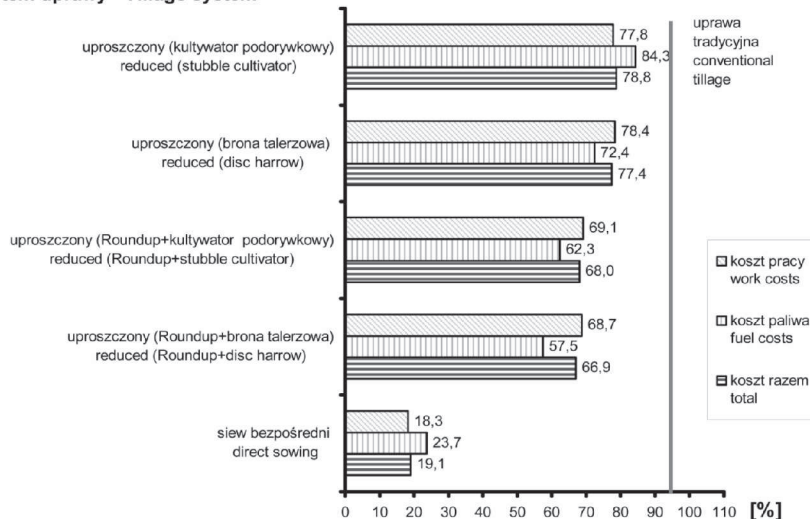
Według przeprowadzonego w 2010 r. Powszechnego spisu rolnego powierzchnia użytków rolnych w Polsce wynosiła w tym czasie 15 502 969 ha [11]. Z powyższych danych wynika, że przeciętne zużycie oleju napędowego w rolnictwie, w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych, wyniosło 103 kg, czyli około 120 l.

Jednostkowe zużycie oleju napędowego w poszczególnych regionach kraju i gospodarstwach zależy od wielu czynników. Spośród nich najważniejsze to struktura użytków rolnych, rodzaj upraw, stosowane technologie oraz intensywność produkcji.

O znaczącym wpływie stosowanej technologii produkcji roślinnej świadczą wyniki przeprowadzonych w kraju badań. Zużycie paliwa w tradycyjnym przygotowaniu roli do siewu pszenżyta ozimego, uwzględniającym zarówno podorywkę (12 cm), jak i orkę siewną (20 cm), wyniosło 42 l oleju napędowego na 1 ha. Zastąpienie podorywki kultywatorowaniem lub uprawą broną talerzową spowodowało zmniejszenie zużycia paliwa o ponad 20%. Rezygnacja z uprawy mechanicznej po żniwach na rzecz stosowania oprysku herbicydem (Roundap) dała oszczędność aż 28,6%. Średnio 31,0% mniej paliwa zużyto na polach, na których zrezygnowano z uprawy poźniowej i nie stosowano herbicydu. Wykonując tuż po żniwach orkę „razówkę” na głębokość 20 cm uzyskano 35,2% oszczędności paliwa. Zupełna rezygnacja z uprawy płuźnej, a ograniczenie się tylko do płytkiej uprawy broną talerzową i agregatem przedsiębirnym (technologia bezorkowa) zapewniło 60,5% oszczędności paliwa. Bardzo podobne relacje uzyskano porównując czas pracy. Na przygotowanie 1 ha pola do siewu, siew i zabiegi pielęgnacyjne przy uprawie tradycyjnej zużyto 4,4 h, a tylko 1,7 h wystarczyło na wszystkie zabiegi w technologii bezorkowej [2, 12, 13].

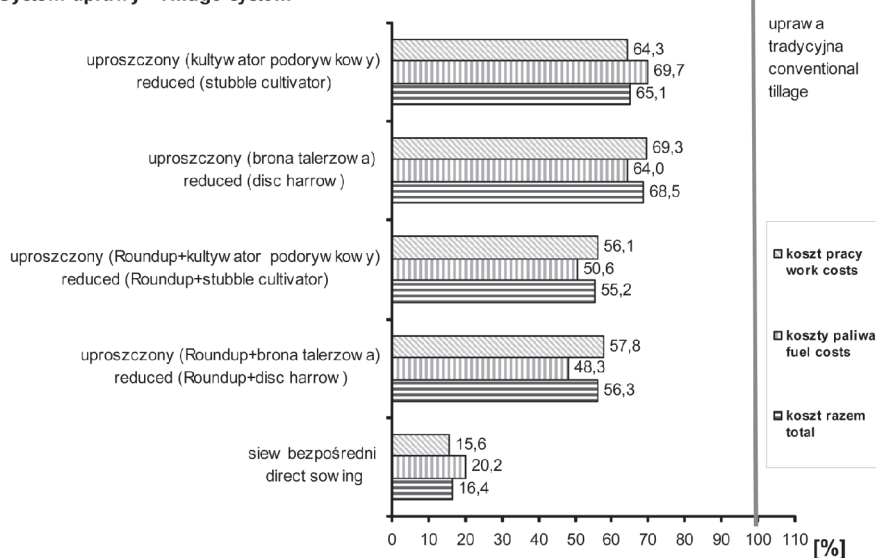
Badania efektywności ekonomicznej różnych systemów uprawy roli (tradycyjnej, uproszczonej i siewie bezpośrednim) w uprawie pszenicy ozimej wykazały, że koszty paliwa zużytego podczas uprawy uproszczonej, w porównaniu do uprawy tradycyjnej, były mniejsze i wynosiły od 57,5 do 84,3% (w przeliczeniu na tonę ziarna) i od 48,3 do 69,7% (w przeliczeniu na 1 ha). W przypadku siewu bezpośredniego wartości te były mniejsze i wynosiły 23,7% (w przeliczeniu na tonę ziarna) i 20,2% (w przeliczeniu na 1 ha) wartości paliwa podczas uprawy tradycyjnej (rys. 1 i 2). Uzyskane wyniki wskazują na zmniejszanie kosztów w miarę upraszczania techniki uprawy roli. Stwierdzono również zmniejszenie plonu ziarna (średnio o 15,6%) w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim. Jest jednak w pełni rekompensowane zmniejszeniem kosztów uprawy [8].

### System uprawy - Tillage system



Rys. 1. Koszty pracy i paliwa w różnych systemach uprawy roli w przeliczeniu na 1 tonę ziarna [8]  
Fig. 1. Costs of labor and fuel in different soil tillage systems per one tone of grain [8]

### System uprawy - Tillage system



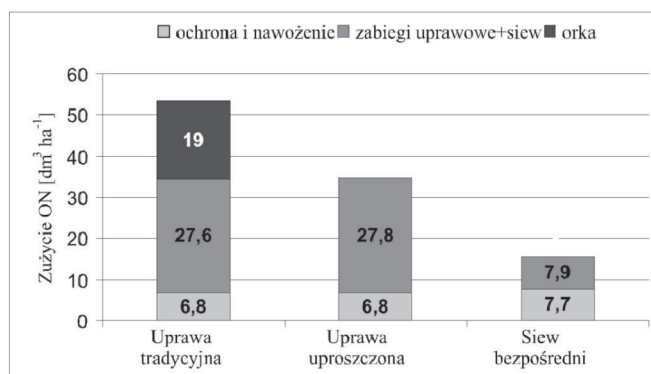
Rys. 2. Koszty pracy i paliwa w różnych systemach uprawy roli w przeliczeniu na 1 ha [8]  
Fig. 2. Costs of fuel and labor in different soil tillage systems per one hectare [8]

Podobne badania dotyczące oceny systemów uprawy pszenicy ozimej uwzględniające między innymi zużycie paliwa obejmowały następujące systemy uprawy roli:

- uprawa tradycyjna (wysiew wapna nawozowego, uprawa ścierniska na głębokość 8-10 cm, orka na głębokość 25 cm, nawożenie mineralne saletra amonowa, talerzowanie na głębokość 8-10 cm, uprawa przedsiewna na głębokość 6 cm, siew pszenicy ozimej, oprysk, nawożenie mineralne saletra amonowa, oprysk (2x), nawożenie mineralne mocznik, zbiór zboża);
- uprawa uproszczona (wysiew wapna nawozowego, uprawa ścierniska na głębokość 6-8 cm, nawożenie mineralne saletra amonowa, talerzowanie na głębokość 8-10 cm, uprawa przedsiewna na głębokość 6 cm, siew pszenicy ozimej, oprysk, nawożenie mineralne saletra amonowa, oprysk (2x), nawożenie mineralne mocznik, zbiór zboża);
- siew bezpośredni (wysiew wapna nawozowego, oprysk Roundup Max, nawożenie mineralne saletra amonowa, siew pszenicy ozimej, oprysk, nawożenie mineralne saletra amonowa, oprysk (2x), nawożenie mineralne mocznik, zbiór zboża).

Na ich podstawie stwierdzono, że zużycie oleju napędowego w uprawie metodą tradycyjną wyniosło 53,4  $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$

(rys. 3). Eliminacja orki w uproszczonej technologii uprawy pozwoliła zmniejszyć zużycie paliwa o 34%, a całkowita rezygnacja z uprawy gleby w przypadku siewu bezpośredniego skutkowała mniejszym zużyciem oleju napędowego o 70% [1].



Rys. 3. Zużycie oleju napędowego w różnych technologiach uprawy pszenicy ozimej [1]  
Fig. 3. Diesel oil consumption in different technologies of winter wheat cultivation [1]

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie nakładów energii w zależności od ukierunkowania produkcji roślinnej, oszacowano jednostkowe zużycie paliwa dla wybranych, ważniejszych w Polsce upraw. Dokonano tego na podstawie kart technologicznych, opracowanych w dawnym Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Oszacowane jednostkowe zużycie oleju napędowego dla poszczególnych upraw wynosi od 33 do 304  $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (tab. 3) [9].

Tab. 3. Zużycie oleju napędowego w produkcji roślinnej w rolnictwie polskim [10]

Table 3. Diesel oil (DO) consumption in Polish crop production [10]

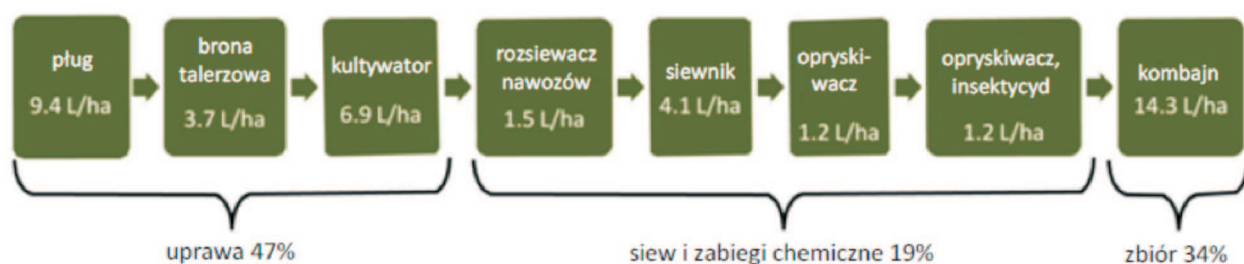
Lp.	Rodzaj uprawy	Zużycie ON	
		$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$[\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}]$
1.	Zboża, plon 3,5 t·ha <sup>-1</sup>	107	127
2.	Rzepak ozimy, plon 2,5 t·ha <sup>-1</sup>	101	121
3.	Ziemniaki, plon 20 t·ha <sup>-1</sup>	149	177
4.	Buraki cukrowe, plon 50 t·ha <sup>-1</sup>	255	304
5.	Kukurydza na kiszonkę, plon t·ha <sup>-1</sup>	154	183
6.	Okopowe pastewne, plon 40 t·ha <sup>-1</sup>	171	204
7.	Motylkowe pastewne (siano), plon 5,5 t·ha <sup>-1</sup>	80	95
8.	Łąki (siano), plon 5,0 t·ha <sup>-1</sup>	64	76
9.	Pastwiska	28	33

Podobne zależności wykazały analizy przeprowadzone w USA. W 2010 roku rolnictwo w Stanach Zjednoczonych zużyło 5,4% całkowitego krajowego zużycia oleju napędowego. Jednostkowe zużycie ON wyniosło około 10 galonów na 1 akr ( $94,75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i utrzymywało się na tym poziomie od dwóch dekad. Około 65% zużycia oleju napędowego przypada na produkcję roślinną pięciu najpopularniejszych upraw: kukurydzy, soi, pszenicy, lucerny i siana (rys. 4) [7, 9, 14].



Rys. 4. Powierzchnia upraw i zużycie oleju napędowego dla najpopularniejszych upraw w Stanach Zjednoczonych w 2010 r. [7]: A) powierzchnia upraw, B) zużycie ON

Fig. 4. Estimated diesel consumption by harvested crop for reduced tillage in the USA in 2010 [7]: A) harvested area by crop, B) estimated diesel consumption by crop. (Note: "inne" consists of 28 individual crops)



Rys. 5. Zużycie oleju napędowego dla cyklu uprawowego kukurydzy dla technologii konserwującej (siew w mulcz) [7]

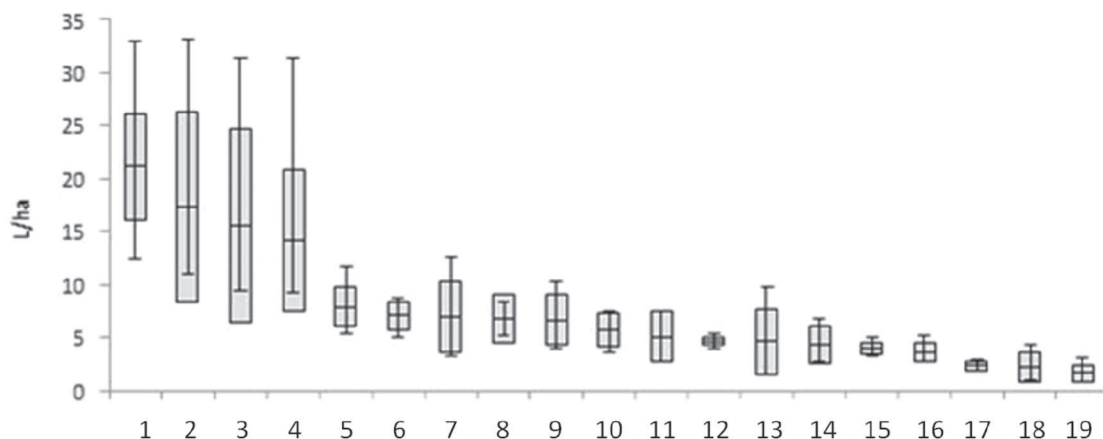
Fig. 5. Cropping cycle and diesel consumption per operation for corn with mulch tillage practice [7]

Zużycie oleju napędowego podczas wykonywania poszczególnych zabiegów dla technologii siewu w mulcz w całym cyklu uprawowym kukurydzy przedstawiono na rys. 5. Udział zabiegów uprawowych (spulchnianie gleby, uprawa broną talerzową, kultywatorowanie) w całkowitym zużyciu paliwa wyniósł 47%. Nawożenie, siew i opryski miały 19% udział, a udział zabiegów związanych ze zbiorem roślin wyniósł 34%. Największe zużycie oleju napędowego odnotowano podczas zbioru roślin ( $14,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i spulchniania gleby ( $9,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), a najmniejsze w trakcie oprysków chemicznych ( $1,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) [7, 9, 14].

Przeprowadzona analiza zużycia oleju napędowego, dla najczęściej występujących w amerykańskim rolnictwie zabiegów agrotechnicznych, wykazała, że do najbardziej energochłonnych należą orka ( $17-27 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), kombajnowy zbiór kukurydzy na ziarno ( $8-27 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i kombajnowy zbiór ziaren zbóż i fasoli ( $7-25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Najniższe zużycie paliwa odnotowano dla pelenia ( $2-3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), zgrabiania siana ( $1-4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i chemicznych oprysków roślin ( $1-3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (rys. 6) [7].

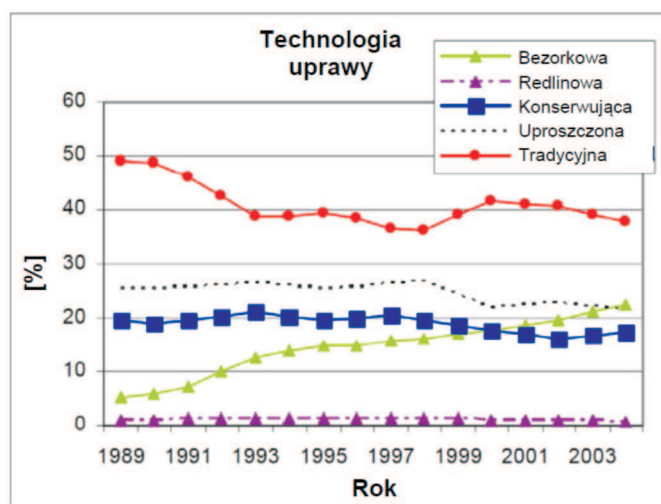
Przeprowadzone badania wykazały, że w latach 1989-2003, powierzchnia upraw w Stanach Zjednoczonych, na których stosowano technologię tradycyjną zmniejszyła się z około 50 do 38%, a zwiększyła się znacznie popularność technologii bezorkowej z 5 do 22% (rys. 7) [7].

Wykorzystując wyniki dokonano analizy zużycia paliwa dla najczęściej uprawianych roślin w dominujących w Stanach Zjednoczonych technologiach upraw: tradycyjnej, uproszczonej i bezorkowej. Największe zróżnicowanie w zużyciu oleju napędowego odnotowano dla upraw kukurydzy, soi i pszenicy. Zmiana technologii tradycyjnej na bezorkową w przypadku pszenicy skutkowałą pięciokrotnym zmniejszeniem zużycia paliwa, a dla kukurydzy i soi około dwukrotnym. W przypadku lucerny i siana wybór technologii uprawy nie wpłynął na zużycie paliwa (rys. 8) [7].



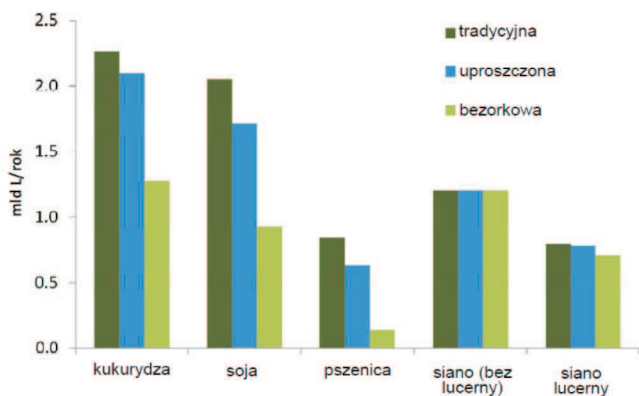
Rys. 6. Zużycie oleju napędowego dla narzędzi współpracujących z ciągnikiem rolniczym i kombajnów [7]: 1 - pług odkładnicowy, 2 - kombajn do zbioru ziaren kukurydzy, 3 - kombajn do zbioru ziaren zbóż i fasoli, 4 - pług bezodkładnicowy, 5 - brona talerzowa asymetryczna, 6 - brona talerzowa, 7 - siewnik do siewu bezpośredniego, 8 - wał pierścieniowy, 9 - kultywator, 10 - prasa zwijająca, 11 - kosiarka, 12 - siewnik punktowy, 13 - rozsiewacz nawozów, 14 - brona z zębami sprężystymi, 15 - kultywator, 16 - siewnik rzędowy, 17 - pielnik obrotowy, 18 - zgrabiarka, 19 - opryskiwacz

Fig. 6. Diesel consumption by operation for combines and tractors with implements [7]: 1 - moldboard plow, 2 - corn combine, 3 - small grain+bean combine, 4 - chisel plow, 5 - offset disc harrow, 6 - disc harrow, 7 - planting into no-till seedbed, 8 - cultipacker, 9 - field cultivate, 10 - baler, 11 - mower, 12 - planting into prepared seedbed, 13 - fertilizer application, 14 - spring tooth harrow, 15 - cultivation, 16 - drilling into prepared seedbed, 17 - rotary hoeing, 18 - rake, 19 - fertilizer/chemical application



Rys. 7. Technologie uprawy stosowane w Stanach Zjednoczonych [7]

Fig. 7. Trends in tillage practices in the United States [7]



Rys. 8. Zużycie oleju napędowego dla pięciu najpopularniejszych roślin uprawianych w technologiach: tradycyjnej, uproszczonej i bezorkowej [7]

Fig. 8. Diesel consumption by crop and tillage practice [7]

## Podsumowanie

Zmniejszenie zużycia paliwa przez ciągniki i maszyny rolnicze jest jednym ze sposobów na poprawę wskaźników ekonomicznych produkcji roślinnej. Na podstawie powyższych badań i analiz można stwierdzić, że najbardziej energochłonne są najczęściej zabiegi związane z uprawą gleby i zbiorem ziemiopłodów. Najbardziej efektywną redukcję zużycia ON można osiągnąć przez wprowadzanie nowych innowacyjnych sposobów realizacji tych zabiegów, uproszczenie ich wykonywania, realizację kilku zabiegów podczas jednego przejazdu, a także właściwy dobór narzędzi uwzględniający zarówno cel wykonywanych zabiegów jak i parametry ciągnika. Przy ostatecznej ocenie technologii należy jednak uwzględnić również to, co dla rolnika najważniejsze - uzyskiwany z uprawy plon i jego jakość.

## Bibliografia

- [1] Cudzik A., Białczyk W., Czarnecki J., Brennensthal M.: Ocena systemów uprawy w aspekcie zużycia paliwa, plonowania roślin i właściwości gleby. Inżynieria Rolnicza, 2012, 2(137).
- [2] Czarnocki S.; Starczewski J.; Kapela K.: Porównanie zużycia paliwa i czasu pracy przy kilku alternatywnych technologiach przygotowania roli do siewu. Inżynieria Rolnicza, 2008, 4(102).
- [3] Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2007, 2008. GUS Warszawa, 2009.
- [4] Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2009, 2010. GUS Warszawa, 2011.
- [5] Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2011, 2012. GUS Warszawa, 2013.
- [6] Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2013, 2014. GUS Warszawa, 2015.
- [7] Hoy R.; Rohrer R.; Liska A.; Luck J.; Isom L.; Keshwani D.: Agricultural industry advanced vehicle technology: Benchmark study for reduction in petroleum use. Idaho National Laboratory, Idaho Falls, September 2014.
- [8] Kordas L.: Efektywność ekonomiczna różnych systemów uprawy roli w uprawie pszenicy ozimej po sobie. Fragmenta Agronomica, 2009, 26, 1.
- [9] Merksiz J., Lijewski P., Weymann S.: The measurement of

- exhaust emissions from the engines fitted in agricultural tractors under real operating conditions. International Congress of Heavy Vehicles, Road Trains and Urban Transport, October 2010, Minsk, Belarus.
- [10] Pawlak J.: Zużycie oleju napędowego w rolnictwie polskim. Problemy Inżynierii Rolniczej 2012, 3 (77).
- [11] Powszechny Spis Rolny 2010 - Uprawy rolne i wybrane elementy metod produkcji roślinnej GUS Warszawa, 2011.
- [12] Weymann S.: Przystosowanie mobilnych maszyn rolniczych do zwiększonych prędkości roboczych. Cz. 1. Maszyny i narzędzia uprawowe. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2009, 3.
- [13] Weymann S.: Przystosowanie mobilnych maszyn rolniczych do zwiększonych prędkości roboczych. Cz. 2. Maszyny do nawożenia, siewu, sadzenia i ochrony roślin. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2009, 4.
- [14] Weymann S.: Analiza wskaźników ekologicznych silników spalinowych stosowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Praca doktorska. Politechnika Poznańska, 2012.
- [15] [www.factfish.com/statistic/gas+diesel+oils,+consumption+by+agriculture](http://www.factfish.com/statistic/gas+diesel+oils,+consumption+by+agriculture).
- [16] [www.nationmaster.com/country-info/stats/Energy/Gas-diesel-oils/Consumption-in-agriculture](http://www.nationmaster.com/country-info/stats/Energy/Gas-diesel-oils/Consumption-in-agriculture).

## ENERGY CONDITIONING OF USE OF TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINES

### Summary

The article analyzes the consumption of diesel oil (DO) by the agricultural sector in Poland and in the world. It also presents the results of research and analysis of consumption DO for selected crops and production technologies in the Polish and the United States agriculture conditions. Studies showed that the use of simplified cultivation causes a significant reduction of fuel consumption.

**Key words:** plant production, diesel oil, consumption, production technology



[www.minrol.gov.pl](http://www.minrol.gov.pl)



[www.umww.pl](http://www.umww.pl)



[www.pimr.poznan.pl](http://www.pimr.poznan.pl)



[www.arr.gov.pl](http://www.arr.gov.pl)



[www.ptir.org](http://www.ptir.org)



[www.apra.pl/rpt](http://www.apra.pl/rpt)

## Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

oraz

Departament Rolnictwa i Rozwoju Wsi Urzędu Marszałkowskiego Województwa Wielkopolskiego,  
Oddział Poznański Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej

organizują

## XVIII Konferencję Naukową n.t.

"Rolnictwo ekologiczne - stan obecny i perspektywy rozwoju"

<<TECHNIKI, TECHNOLOGIE, PRODUKCJA ŻYWNOŚCI>>

**Celem konferencji jest** prezentacja wyników badań naukowych, prowadzonych przez krajowe i zagraniczne ośrodki naukowe, dotyczących rolnictwa ekologicznego i ekologizacji rolnictwa oraz transfer wiedzy do praktyki.

**Głównymi problemami naukowymi konferencji będą:** techniczne aspekty produkcji roślinnej i zwierzęcej, aspekty uprawy roli i roślin oraz pielęgnacji upraw w gospodarstwach ekologicznych, ochrona roślin w rolnictwie ekologicznym, alternatywne metody zwalczania chorób i szkodników roślin uprawnych, produkcja żywności ekologicznej i marketing produktów ekologicznych, ekologizacja rolnictwa, stosowanie naturalnych technologii i wyrobów w produkcji rolniczej.

**Patronat honorowym:** Krzysztof Jurgiel - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi,  
Marek Woźniak - Marszałek Województwa Wielkopolskiego,  
Łukasz Hołubowski - Prezes Agencji Rynku Rolnego.

**Patronat naukowy:** Komitet Inżynierii Rolniczej przy Polskim Towarzystwie Inżynierii Rolniczej.

**Patronat medialny:** Rolniczy Przegląd Techniczny.

Konferencja odbędzie się w dniach od 5 - 7 października 2016 r. w Leśnym Ośrodku Szkoleniowym w Puszczykowie.  
Bliższych informacji udziela dr hab. inż. Zbyszek Zbytek, prof. nadzw. (tel. 618712218, e-mail: [zbytek@pimr.poznan.pl](mailto:zbytek@pimr.poznan.pl)).