

Rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum* L.) – perspektywy wykorzystania na biogaz i paszę

Cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) – prospects for use for biogas and feed

Danuta Martyniak , Grzegorz Żurek 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

 g.zurek@ihar.edu.pl

Rożnik przerośnięty (sylfia) to gatunek o dużym, ale wciąż jeszcze niedostatecznie wykorzystanym potencjale zarówno jako źródło biomasy do produkcji energii w biogazowni, wartościowej paszy dla bydła jak i innych rozlicznych zastosowań np. w rekultywacji, fitoremediacji oraz pszczelarstwie. Jego zastosowanie w praktyce rolniczej jest nierozdzielnie związane z wiedzą na temat uprawy oraz dostępem do nasion odmian zarejestrowanych w Polsce. Pierwsze krajowe odmiany tego gatunku dostępne są już od roku 2018. Niniejszy artykuł zawiera podstawowe informacje, niezbędne do prowadzenia uprawy.

Słowa kluczowe: biogaz, biomasa, sylfia

Cup plant is a species with a large but still underutilized potential, both as a source of biomass for the production of energy in a biogas plant, valuable feed for cattle as well as numerous other applications, e.g., in reclamation, phytoremediation and beekeeping. Its use in agricultural practice is close linked to the knowledge of cultivation and access to seeds of varieties registered in Poland. The first domestic varieties of cup plant have been available since 2018, while this article contains the basic information necessary for cultivation.

Key words: biogas, biomass, cup plant

Wstęp

Opis gatunku i cechy użytkowe

Rożnik przerośnięty to roślina wieloletnia z rodziny astrowatych (*Asteraceae*), pochodząca z północnoamerykańskich prerii. Dorasta do 2,5 do 3,0 m wysokości (Rys. 1), jego łodyga jest gruba, owłosiona, czterokanciasta. Liście są ustawione naprzeciwległe i zrosnięte ze sobą, tworzą zagłębienie (kielich) przy pniu łodygi, gdzie zbiera

się woda z rosy, co stanowi swoisty wodopój dla ptaków i owadów. Stąd również wywodzi się angielska nazwa tej rośliny – ‘cup plant’.

Rożnik jest rośliną okazałą i bardzo dekoracyjną (Rys. 1), o rozbudowanym systemie korzeniowym sięgającym do 2 m głębokości. Gatunek ten sukcesywnie powiększa zajmowaną powierzchnię dzięki płytkim odrostom korzeniowym - poprzez coroczny przyrost pędów (nawet 20 szt. na 1 m²)



Ryc. 1. Rośliny rożnika przerośniętego w pełni rozwoju
Fig. 1. Plants of cup plant at full development stage

po kilku latach tworzy potężną kępę. Na jednym stanowisku można go uprawiać 12-15 lat.

Jednym z możliwych sposobów wykorzystania roznika jest przeznaczenie go na **paszę** do skarmiania przez bydło czy owce (bezpośredniego lub po ścięciu). Z uwagi na długi okres wegetacji (w porównaniu np. do kukurydzy) oraz rozbudowany system korzeniowy (roślina wieloletnia), roznik w swej biomacie gromadzi znacznie więcej makro- i mikroelementów niż jednoroczne rośliny pastewne. Należy to uwzględnić przy bilansowaniu dawek paszowych dla zwierząt. Możliwe do uzyskania plony biomasy zielonej roznika, dochodzące do 100 t zielonej masy z 1 ha porównywane są np. do plonów koniczyny czerwonej lub lucerny mieszańcowej (Woźniak i Góral, 1998). Innym sposobem wykorzystania roznika jest przeznaczenie go do produkcji **biogazu** (Martyniak, 2016). Biomasa tego gatunku może być wykorzystana jako samodzielny substrat lub w mieszance z innymi komponentami. Wydajność metanowa tego gatunku szacowana jest na ok. 20% mniej niż wydajność kukurydzy będącej wzorcem wydajności metanowej. Według badań Mast i wsp. (2014) z 1 ha uprawy roznika można uzyskać od ponad 3500 do 4500 m³ metanu, przy wydajności z uprawy kukurydzy na poziomie 6000 m³ metanu.

Rośliny roznika mogą stanowić również cenne źródło substancji dla przemysłu **farmaceutycznego** i **kosmetycznego** z uwagi na korzystne zawartości substancji mineralnych oraz metabolitów pierwotnych, tj.: białka (bogatego w aminokwasy egzogenne), węglowodanów (w tym inuliny w kłączach), kwasu L-askorbinowego, a także metabolitów wtórnych, tj.: terpenów z olejkami eterycznymi, saponin triterpenowych – oleanozydów, karotenoidów, kwasów fenolowych, związków tanino-garbnikowych oraz flawonoidów. Stwierdzono np. że oleanozydy wyizolowane z liści roznika – tzw. silphiozydy obniżają poziom cholesterolu (Kowalski, 2002). Roznik jest również cennym gatunkiem **miododajnym**. Z 1 ha uprawy roznika można uzyskać około 500 kg miodu (Jabłoński i Kołtowski, 2005) oraz około 300 kg pyłku (Kołtowski, 2006).

W warunkach klimatycznych Polski roznik przerośnięty zazwyczaj zaczyna kwitnąć na początku lipca i proces ten trwa aż do października. Kwiaty mają średnicę od 5 do 8 cm i produkują nektar oraz pyłek atrakcyjne dla wielu owadów, w tym pszczoł. Nasiona dojrzewają sukcesywnie od przełomu sierpnia i września do połowy października, a na jednej roślinie można znaleźć w tym samym czasie dojrzałe nasiona oraz dopiero rozwijające się pąki kwiatowe. Długi okres kwitnienia i dojrzewania nasion sprzyja pożytkom pszczelim, jednocześnie bardzo utrudniając zbiór nasion.

Roznik, poprzez swój silnie rozwinięty system korzeniowy oraz gęsty łan spełnia również funkcje **przeciwerozyjne**. Może być również stosowany do rekultywacji terenów zdegradowanych, do obsadzania ciągów komunikacyjnych dla ograniczenia przemieszczania się pyłów, spalin oraz dla redukcji hałasu (Żurek i in., 2019).

Metody zakładania plantacji roznika

Roznik przerośnięty nie ma specjalnych wymagań co do jakości gleby, jednak ni toleruje gleb zasolonych. Można być uprawiany zarówno na glebach z wysokim poziomem wód gruntowych jak i bagnistych. Najlepiej rośnie na stanowiskach słonecznych na glebach wilgotnych, obejmujących również gleby klas słabszych tj. IV i V. Uprawę roznika, w zależności od jej przeznaczenia oraz możliwości inwestora, można prowadzić poprzez sadzonki oraz siew nasion.

Zakładanie plantacji z sadzonek

Wszelkie prace związane z wysadzeniem sadzonek roznika należy planować tak, aby cały proces zakończyć w pierwszej dekadzie maja. Sadzenie roślin w okresie jesieni jest możliwe, ale nie wskazane z uwagi na możliwe uszkodzenia mrozowe małych roślin.

Przygotowanie pola pod wysadzenie plantacji roznika polega na zastosowaniu orki pozimowej (płytkiej), kultywatorowaniu oraz dwukrotnym bronowaniu broną ciężką. W ten sposób uzyskuje się zadowalające zagęszczenie podłoża dla dalszych prac związanych z wysadzeniem roślin. Zastosowanie uprawy uproszczonej (tylko podorywki) uniemożliwia prawidłową pracę urządzeń, za pomocą których sadzonki są umieszczane w glebie np. sadzarki półautomatycznej. Przed drugim bronowaniem zastosować należy nawożenie fosforowo – potasowe (w przeliczeniu na 1 ha – 63 kg N, 40 kg P₂O₅, 60 kg K₂O). Dodatkowo przed samym sadzeniem (ok. 1,5 miesiąca) należy zastosować oprysk herbicydem Roundup w ilości 4 l·ha⁻¹.

Sadzonki roznika otrzymuje się poprzez wysiew nasion bezpośrednio po 2-3 sztuki do tzw. multipalet wypełnionych podłożem ogrodniczym (np. 96 komórkowe, 4 × 4 × 6 cm) lub na wilgotne podłoże (np. bibuła), z którego kielkujące siewki przepikowywane są pojedynczo do np. multipalet. Gwarancją zadowalających wschodów nasion jest usunięcie spoczynku poźniwego, który jest naturalnym mechanizmem zabezpieczającym nasiona przed zbyt szybkim kielkowaniem. W tym celu należy nasiona przechłodzić (np. w lodówce, w temperaturze ok. +2°C) przez okres ok. 8 tygodni. Wysiew kilku nasion do każdej komórki w multipaletach, wiąże się z koniecznością późniejszego usuwania najsłabszych siewek z komórek. Młode rośliny po wschodach powinny wege-

tować w warunkach np. nieogrzewanej szklarni lub tunelu foliowego do momentu uzyskania 3-4 liści. W tym okresie powinny być regularnie podlewane oraz zasilane nawozem (np. Florowit), najlepiej w postaci oprysku. W fazie 3-4 liści, na 2-3 tygodnie przed sadzeniem rośliny można wystawiać na zewnątrz, dla wstępnej aklimatyzacji do warunków zewnętrznych. Bezpośrednio przed sadzeniem rośliny należy podać umiarkowanie, aby nie rozmiękczyć zbyt wiele bryłek korzeniowych. Prawidłowo wykształcona roślina przed sadzeniem powinna wytworzyć system korzeniowy w ponad 70% wypełniający komórkę w multi-palcie.

W zależności od przeznaczenia plantacji wysadzanie roślin odbywa się w rozstawie 1 m/0,5 m lub 1m/1 m. Obsada 10 000-20 000 sadzonek na 1 ha jest uważana za wystarczającą dla większości zastosowań rożnika. Wysadzanie najlepiej jest przeprowadzić za pomocą sadzarki wielorzędowej półautomatycznej. Bezpośrednio po posadzeniu (1-4 dni) zalecane jest wykonanie oprysku mieszaniną herbicydów: STARANE (0,8-1,0 l·ha⁻¹) oraz BOXER (3,5 l·ha⁻¹ w 200-400 l wody). Po ok. 6 tygodniach, w przypadku nadmiernego rozwoju zachwaszczenia, należy powtórzyć ten zabieg. Oprysk powinien być prowadzony tak, aby podawać roztwór herbicydów pod rozety liściowe rożnika. Najistotniejszym elementem późniejszej pielęgnacji plantacji rożnika jest kontynuacja zwalczania zachwaszczenia. W początkowej fazie, gdy rośliny są stosunkowo niewielkie można wykonywać odchwaszczanie mechanicznie, jednak w rzędach chwasty można usuwać głównie ręcznie.

W kolejnym roku, o ile warunki pogodowe na to pozwalają, do początku marca można usuwać chemicznie chwasty wieloletnie z zieloną rozetą liści, które pojawiły się podczas zimy za pomocą np. herbicydu Roundup. W roku posadzenia rożnik wykształca tylko rozety liściowe. Dopiero w kolejnym roku wytwarza pędy kwiatostanowe, natomiast pełnię wzrostu i rozwoju osiąga w drugim roku po posadzeniu. W kolejnych latach nakłady na odchwaszczanie plantacji rożnika istotnie maleją – w drugim roku od posadzenia praktycznie nie ma już konieczności usuwania chwastów, które są skutecznie zagłuszane przez uprawę główną.

Zakładanie plantacji z wysiewu nasion

Z uwagi na stosunkowo wolny rozwój roślin rożnika po siewie zaleca się jego przeprowadzenie jesienią, tak aby ryzyko zagłuszenia młodych siewek przez chwasty było jak najmniejsze. Udają się nawet bardzo późne siewy wykonywane pod koniec listopada. Wschody roślin obserwuje się wiosną roku następnego, po odpowiednim ogrza-

niu się gleby. Co więcej, wysiew późnojesienny nie wymaga stosowania zabiegów przerywania spoczynku u nasion, gdyż spoczynek ten naturalnie ustąpi po okresie niskich temperatur w zimie.

Przygotowanie pola pod zasiew jesienny polega na zastosowaniu orki po zbiorach (płytkiej), kultywatorowaniu oraz dwukrotnym bronowaniu broną lekką. Uprawę gleby rozpoczynając należy natychmiast po zbiorze przedplonu od uprawek późniejszych, które mają na celu w jak największym stopniu zniszczyć chwasty zwłaszcza dwuliścienne. Bezpośrednio przed bronowaniem i przed siewem można zastosować nawożenie np. 30 kg N, 40 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O (w przeliczeniu na 1 ha).

Nasiona, z uwagi na ich budowę nie nadają się bezpośrednio do wysiewu. Należy je poddać procesowi tzw. otoczkowania (Rys. 2). Otoczka to zewnętrzna, sztucznie naniesiona na nasiona warstwa, złożona ze sterylizowanego torfu oraz dolomitu i glinki kaolinowej lub wapienia oraz wielu innych substancji. Warstwa ta jest trwała i twarda, jednak posiada naturalne pory, przez które do jej wnętrza mogą docierać powietrze i woda. Po wysianiu otoczka rozkłada się i nie stanowi bariery dla delikatnego kielka. Często otoczka zawiera także wieloskładnikowy nawóz mineralny, który zapewnia składniki pokarmowe podczas kiełkowania nasion. Niektóre otoczki zawierają także środki ochrony roślin, chroniące kiełkujące siewki przed szkodnikami i chorobami glebowymi.

Przy założeniu zastosowania podobnych parametrów rozstawy rzędów na 1 ha powierzchni potrzebne będzie od 3 do 4 kg nasion rożnika, przed ich otoczkowaniem. Zalecane jest stosowanie siewnika pneumatycznego, podobnie jak w przypadku kukurydzy. W roku siewu bardzo ważne jest odchwaszczenie pola, z uwagi na bardzo powolny wzrost i rozwój roślin rożnika oraz ich długą 'instalację'. Rozkrzewienie się roślin oraz sukcesywne powiększanie kępy dzięki odrostom korzeniowym sprawia, że w następnych latach użytkowania odchwaszczanie plantacji przestaje być konieczne.

Ochrona chemiczna plantacji rożnika uzyskanej z wysiewu nasion powinna być prowadzona podobnie jak w przypadku plantacji uzyskanej z sadzonek, jednakże bezpośrednio po wysiewie zaleca się zwiększyć dawkę STARANE do 1,2 l·ha⁻¹. Obecnie brak jest herbicydów dedykowanych dla upraw rożnika w Polsce.

W przypadku bardzo silnego zachwaszczenia plantacji w roku siewu lub posadzenia zaleca się w kolejnym roku jej całkowite ścięcie (łącznie z chwastami) i kontynuację odchwaszczania w momencie pojawienia się odrostów. Większość chwastów, w przeciwieństwie do rożnika, nie toleruje koszenia.



Rys. 2. Nasiona rożnika przerośniętego otoczkowane (po lewej) oraz bez otoczki
Fig. 2. Cup plant seed coated (left) and without coat (right)

Porównanie kosztów zakładania plantacji rożnika z sadzenia oraz z wysiewu

Przedstawione powyżej dwie metody zakładania plantacji rożnika różnią się również nakładami, które potencjalny inwestor będzie zmuszony ponieść w początkowym okresie realizacji inwestycji. W poniższej analizie (Tab. 1) przyjęto następujące kryteria: koszt założenia plantacji obejmował koszt pracy osób zaangażowanych w zakładanie plantacji, koszt zakupu usług rolnych (z paliwem i operatorem), obejmujących czynności agrotechniczne związane z przygotowaniem gruntu rolnego, siewem, nawożeniem w roku założenia plantacji, ochroną roślin w pierwszych sześciu miesiącach funkcjonowania plantacji, a także

koszty zakupu nawozów w roku założenia plantacji oraz środków ochrony roślin w pierwszych sześciu miesiącach funkcjonowania plantacji. W kalkulacjach szacunkowych uwzględniono również możliwe do uzyskania dopłaty do uprawy rożnika. Nie uwzględniono kosztów zakupu nasion rożnika. Najniższe koszty związane są zatem z siewem plantacji, który jest możliwy szczególnie na dużych powierzchniach produkcyjnych (np. powyżej 1 ha) pod warunkiem otoczkowania nasion. Koszt otoczkowania nasion szacowany jest na od 100 do 150 PLN za 1 kg nasion, w zależności od wielkości partii nasion. Z kolei ilość nasion niezbędna do wysiewu wynosi w zależności od sposobu siewu (wartości szacunkowe) – od 3,5 do

Tabela 1
Table 1

Koszty założenia plantacji oraz pielęgnacji początkowej do 6 miesięcy po posadzeniu bądź wysiewie
Coasts of setting up a plantation and initial care calculated to the 6 month after planting or sowing

Sposób zakładania plantacji Plantation set-up mode	Koszty (1 ha) / Costs (per 1 ha)			
	założenia sowing or planting	pielęgnacji do 6 m initial care up to 6 m	łącznie total	z dopłatami with surcharges
Wysadzanie / Planting	31 688,60	4 394,00	36 082,60	35 315,24
Wysiew ręczny / Manual sowing	1 947,50	1 392,50	3 340,00	2 572,64
Kalkulacje szacunkowe: / Estimated calculations:				
Wysiew siewnikiem (bez otoczkowania) / sowing with a seeder (without pelleting)	1 082,50	1 392,50	2 475,00	1 707,64
Wysiew punktowy nasion otoczkowanych / Point sowing of pelleted seeds	1 525,50	1 392,5	2 918,0	2 150,64
wysiew siewnikiem rzędowym nasion otoczkowanych / sowing pelleted seeds with a seed drill	1 782,50	1 735,9 ¹	3 518,4	2 751,04
Jednolite płatności obszarowe (JPO) (2018): / Single Area Payments (SAP) (2018):				
JPO – kwota podstawowa / SAP – basic amount			459,182	
JPO – zazielenianie / SAP – greening			308,182	

¹ – zwiększona o połowę liczba zabiegów pielęgnacyjnych / ¹ – number of treatments increased by half

4,0 kg·ha⁻¹ przy siewie siewnikiem punktowym do 6,0-8,0 kg·ha⁻¹ przy siewie siewnikiem rzędowym. Ta ostatnia metoda wymagałaby poniesienia dodatkowych kosztów późniejszej likwidacji nadmiernego przegęszczenia rzędów.

W latach 2017-2018 uprawa rożnika przerośniętego upoważniała do ubiegania się o tzw. jednolite płatności obszarowe (JPO). Gatunek ten był uwzględniany w wykazie roślin uprawianych, publikowanych przez ARMiR. Uwzględnienie kwoty podstawowej płatności oraz dopłaty za zazielenianie umożliwia odliczenie od kwot nakładów łącznie 767,37 PLN na 1 ha.

Potencjał plonotwórczy rożnika i zbiór biomasy w kolejnych latach użytkowania

O potencjale plonotwórczym omawianego gatunku decydują odpowiednie nawożenie oraz odpowiednie zabiegi pielęgnacyjne. Roczne zapotrzebowanie plantacji rożnika na podstawowe składniki pokarmowe wynosi na 1 ha uprawy: azotu 130-160 kg; fosforu 20-30 kg; potasu 100-200 kg; magnezu 50-70 kg oraz 200-250 kg wapnia. Możliwe jest również zastosowanie nawo-

zów organicznych, np. gnojowicy w ilości 30-35 m³ na ha w okresie wiosennym. Należy unikać przenawożenia plantacji rożnika, ponieważ powoduje to łamanie się pędów pod koniec lata i ma znaczący wpływ na oczekiwaną ilość i jakość plonu. Jeśli plantacja pozostała na zimę nie skoszona, to zabieg ten należy wykonać na przełomie lutego i marca roku następnego, kiedy rośliny w całości pozbędą się wody oraz składników mineralnych. Wykorzystać można do tego celu dowolne urządzenie, rozbijające pozostałości na drobne części. Rozdrobnione resztki roślin można pozostawić na polu – rozłożą się w ciągu kolejnych sezonów wegetacyjnych.

Zbiór biomasy dokonuje się najczęściej sieczkarnią w terminie od czerwca do połowy września, w zależności od metody zbioru: w pokosach lub jednorazowo (wrzesień). Zbiór najlepiej dokonać w dni słoneczne, w godzinach południowych, kiedy zawartość suchej masy wynosi około 30-40%. Biomasa z przeznaczeniem na biogaz powinna być bardzo dobrze rozdrobniona na sieczkę o długości 0,5-1,0 cm, co znacząco zwiększy wydajność (Tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Plon biomasy, wydajność i wartość współczynnika fermentacji w różnych fazach wegetacji rożnika przerośniętego (badania własne i wg literatury)

Faza wegetacji Vegetation phase	Plon biomasy podsuszanej (t·ha ⁻¹) Yield of dried biomass (t·ha ⁻¹)	Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)	Czas fermentacji (liczba dni) Fermentation time (no. of days)	Uzyski biogazu (m ³ ·t ⁻¹ s.m.o.) Biogas yield (m ³ ·t ⁻¹ d.o.m.)
Faza wegetatywna Vegetative phase	20-25	110-140	4	400
Faza kwitnienia Flowering phase	30-40	200-220	7	440
Faza wiązania nasion Seed setting phase	42-48	225-2230	9	465

Podsumowanie i perspektywy

Nowe odmiany (Marbio, Sylen 1 i Sylen 2) rożnika przerośniętego są propozycją dla krajowych producentów biogazu i stanowią alternatywę do uprawy kukurydzy. Są to rośliny wieloletnie (nawet do 15 lat użytkowania plantacji), których średni roczny plon biomasy zielonej z 1 ha wynosi około 50-60 ton, a plon biogazu może przekraczać 4500 m³, co może być konkurencyjne dla uprawy kukurydzy ze względu na znacznie wyższy koszt surowca. Wartość dodana uprawy rożnika to pożytki pszczele (jest to roślina miododajna), zwiększanie bioróżnorodności upraw, a także relatywnie niskie koszty uprawy. Ze względu na dużą odporność na niskie temperatury, rożnik może być uprawiany na terenie całego kraju. Jest to istotna informacja dla inwestorów planujących wykorzystanie tej rośliny na cele energetyczne.

Wielokierunkowość wykorzystania, duże zdolności adaptacyjne do różnych warunków klimatyczno-glebowych oraz trwałość plantacji wskazują na potencjalne możliwości wprowadzania rożni-

ka przerośniętego do uprawy i możliwości sukcesywnego rozszerzenia powierzchni jego upraw.

Szerokie spektrum możliwości wykorzystania tej rośliny:

- produkcja biogazu (metanu) z biomasy zielonej;
- roślina pastewna z przeznaczeniem na kiszonkę;
- pełnienia funkcji przeciwozyjnej (nasypy, skarpy) oraz do obsadzania ciągów komunikacyjnych w celu izolowania od szkodliwego wpływu pojazdów (emisja hałasu oraz szkodliwych substancji);
- miododajna i dekoracyjna.

Informacja dodatkowa

Powyższy artykuł powstał na podstawie wyników uzyskanych w trakcie realizacji projektu PO-IR.01.01.01-00-0920/16 pt. „Technologia uprawy i przerobu innowacyjnej odmiany rożnika przerośniętego na potrzeby wytwarzania taniej energii odnawialnej”.

Literatura

- Jabłoński B., Kołtowski Z. 2005. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland's conditions – part XV. *Journal of Apicultural Science*, 49: 59 – 63.
- Kołatowski Z. 2006. Wielki atlas roślin miododajnych. Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita S.A. 1 – 328.
- Kowalski R. 2002. Ocena zawartości oleanozydów w organach nadziemnych i podziemnych rożnika przerośniętego (*Sylphium perfoliatum* L.). *Hortorum Cultus*, 1 (2): 5 – 15.
- Martyniak D., Martyniak M. 2016. Rożnik przerośnięty źródłem biogazu i paszy. *Biomasa Ogólnopolski Miesięcznik Klasy Biznes* nr 3 (21). ISSN 2353-9321.
- Mast B., Lemmer A., Oechsner H., Reinhardt-Hanisch A., Claupein W., Graeff-Hönniger S. 2014. Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Ind. Crops & Products*. 58: 194 – 203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.017>
- Woźniak M., Góral S. 1998. Sylfia – rożnik przerośnięty (*Sylphium perfoliatum* L.) potencjalny gatunek do rekultywacji terenów zdegradowanych i gruntów bezglebowych oraz do produkcji pasz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 463: 661 – 668.
- Żurek G. i inni. 2019. Przeciwdziałanie negatywnym skutkom zmian klimatu w rolnictwie. Postęp biologiczny i innowacje w agrotechnice. Fundacja na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju, Warszawa, ISBN: 978-83-66196-00-1. S. 114.