

*Janusz Jankowiak, Jerzy Bieńkowski*

## **KSZTAŁTOWANIE I WYKORZYSTANIE ZASOBÓW WODNYCH W ROLNICTWIE**

### **MANAGING AND UTILISATION OF WATER RESOURCES IN AGRICULTURE**

#### **Streszczenie**

W opracowaniu wskazano na małe wykorzystanie (średnio ok. 62%) potencjalnej produktywności rolnictwa w Polsce, w warunkach istniejących niedoborów wodnych. Wyniki badań potwierdzają, że przy wykorzystaniu nowych technologii i racjonalnej organizacji plony roślin mogą być wyższe niż średnie w regionie (w uprawie pszenicy ozimej o  $14,7 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ , tj. o 37,1%) i bliskie plonom potencjalnym. Większa intensywność uprawy roślin skutkuje wzrostem efektywności wykorzystania wody.

W gospodarowaniu wodą i zwiększaniu jej zasobów bardzo dużą rolę odgrywa retencja rolnicza (tzw. „mała retencja”), na którą składa się retencja glebowa i krajobrazowa. Zwiększenie retencji glebowej tylko o 1% w badanej mikro-zlewni „Rów Wysoko” w woj. Wielkopolskim, zmniejszyłoby o 4% odpływ roczny ze zlewni i stanowiłoby aż 8,9% odpływu w okresie wegetacji roślin (miesiące IV-IX). Omówiono agrotechniczne sposoby zwiększenia retencji glebowej oraz wpływ struktury zasiewów i struktury nierolniczych elementów na retencję krajobrazową.

**Słowa kluczowe:** potencjalna produktywność rolnictwa, zasoby wodne, mała retencja, retencja użyteczna, retencja glebowa, retencja krajobrazowa, odpływy ze zlewni

#### **Summary**

*In the study, it was pointed to a small utilisation of potential agricultural productivity in Poland (on average, around 62%), under the conditions of existing water deficiencies. Results of the study confirm that using new technologies and rational management, plant yields harvested can be higher than average ones in*

the region (in winter wheat growing by  $14,7 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ , i.e. by 37,1%) and be close to the potential yields. Higher crops growing intensity results in an improved water use efficiency.

In water management aiming at increase of water resources, agricultural retention play an important role (so called "small retention"), which is made up of soil retention and landscape retention. Increasing the water retention by only 1% in the studied "Rów Wysokość" mikrocatchment, in Wielkopolska region, would decrease the annual water discharge from this catchment by 4% and it would amount to 8.9% of the discharge during the vegetation period (IV-IX). Different agrotechnical measures of increasing soil retention were discussed as well as the effect of cropping pattern and nonagricultural elements on the water retention of the landscape were considered.

**Key words:** potential agriculture productivity, water resources, small retention, useful retention, soil retention, landscape retention, catchment discharge

## WSTĘP

Problemy gospodarki wodnej w kraju wynikają nie tylko ze stosunkowo małych, naturalnych zasobów wody, ale w dużej mierze z niskiej efektywności ich wykorzystania. Zwrócił na to już uwagę nestor polskich hydrologów Lambor [1965], pisząc o „ekonomice wody”, wyrażonej w sformułowanej zasadzie gospodarowania tym zasobem: „minimalne ilości wody muszą dać maksymalne korzyści”. Gospodarowanie zasobami wody utrudnia powiększająca się ich zmienność – występowanie coraz ostrzej zarysowanych, okresowych jej niedoborów i nadmiarów. Polska, w klasyfikacji odnawialnych zasobów wodnych [Kowalczak 2008], znajduje się na 179 miejscu wśród krajów świata, z wartością wskaźnika zasobów  $1,465 \text{ tys. m}^3\cdot\text{osoba}\cdot\text{rok}^{-1}$ , plasując się w klasie III (ang. „water stress”). Według projekcji globalnych zmian klimatu [Kundzewicz, Kowalczak 2008], zwiększać się będzie w przyszłości częstość ekstremalnych zjawisk klimatycznych: suszy i powodzi, przy niewiele zmienionych w niektórych rejonach świata sumarycznych ilościach wody. Tworzy to nowe wyzwania dla gospodarowania zasobami wody. Według wyrażonych w literaturze poglądów [Ball i in. 1997, Kalirajan i in. 1996], racjonalne wykorzystanie zasobów produkcyjnych jest głównym źródłem wzrostu gospodarczego. Według nowoczesnych analiz ekonomicznych, zmiany techniczne, edukację i umiejętność wykorzystania nowych technologii oraz stwarzanie warunków ułatwiających ich wdrażanie, przedkłada się w kształtowaniu wzrostu gospodarczego, nawet przed rolę czynnika kapitału [Kalirajan i in. 1996].

W rolnictwie znajduje to odniesienie w obserwowanych, dużych różnicach produktywności między gospodarstwami, a także mikroregionami i regionami o takich samych, czy podobnych warunkach wodnych [Jankowiak, Bieńkowski 2004]. O wykorzystaniu naturalnych zasobów wody przez rolnictwo decyduje jego poziom technologiczny i organizacyjny. Porównania przeprowadzone przez

Fabera [2002] za pomocą modelu CGMS wskazują, że średnie plony roślin w Polsce są niższe od potencjalnie możliwych do osiągnięcia, nawet jeśli uwzględnimy niedobory wodne.

W opracowaniu wskazano na czynniki rzutujące na wykorzystanie potencjalnej produktywności rolnictwa, ograniczanej w dużej mierze przez naturalne zasoby wodne, a także na rolę i możliwości zwiększenia „małej retencji” obszarowej.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W celu oceny osiągniętej w Polsce produktywności w rolnictwie dokonano porównania średnich plonów zbóż ogółem, z plonami tych roślin uzyskiwanymi w krajach Europy Zachodniej, a także w krajach Unii Europejskiej, za wybrane trzy lata (tab. 1).

**Tabela 1.** Porównanie plonów zbóż ogółem w wybranych krajach europejskich i w Polsce oraz Wielkopolsce (średnio z lat 2004-2006)

**Table 1.** Comparison of cereal yields in general in the selected European countries with Poland and with Wielkopolska, averages for the years 2004-2006

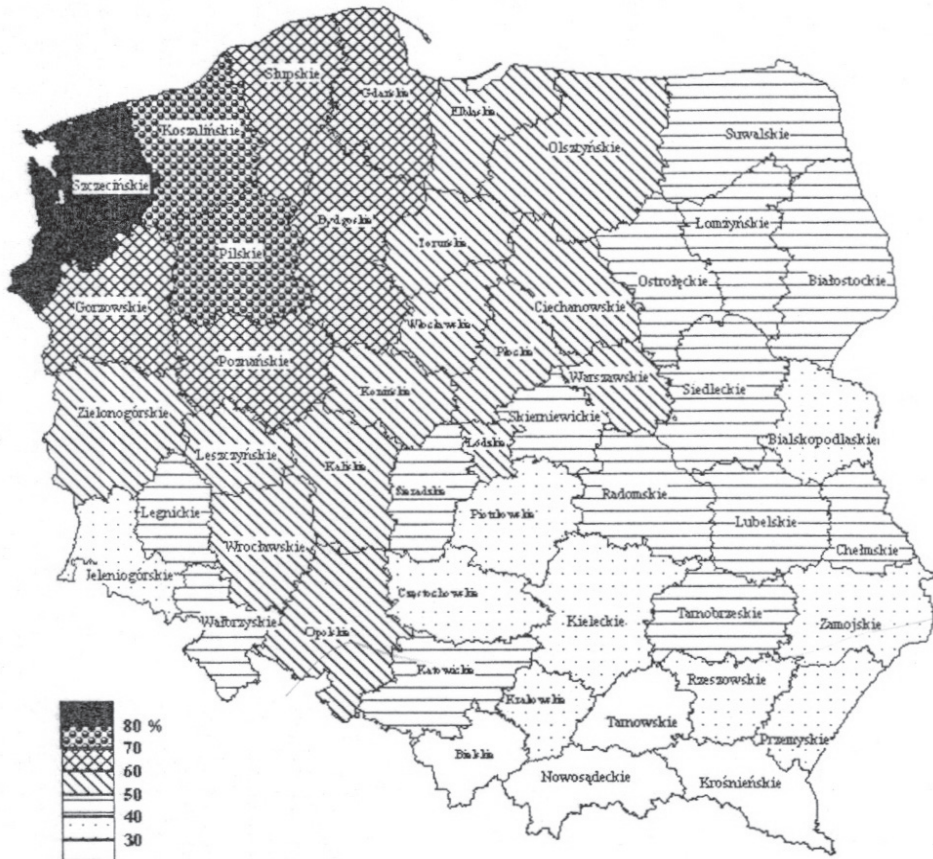
Kraje	Średni plon zbóż w dt·ha <sup>-1</sup>	Różnice plonów (Polska-100)
Austria	58,3	185,0
Dania	60,4	192,0
Francja	70,9	225,0
Niderlandy	83,0	263,0
Niemcy	67,4	214,0
Wielka Brytania	72,1	229,0
UE-15	57,3	182,0
UE-25	51,3	163,0
<b>POLSKA</b>	<b>31,5</b>	<b>100,0</b>
Wielkopolska	34,7	110,0

Źródło: Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2005, 2006, 2007

Należy podkreślić, że średnie plony zbóż w Polsce wynoszą tylko 31,5 dt·ha<sup>-1</sup>. Natomiast w Holandii są wyższe o 163%, w Niemczech o 114%, w UE-15 o 82%, a w UE-25, w której znajdują się takie kraje jak Grecja, o bardzo niskiej produktywności, o 63%. Te różnice poziomu plonów w Polsce, nie mają w stosunku do innych krajów uzasadnienia w różnicy jakości naturalnych warunków produkcji. Wskazują na niewykorzystanie w Polsce naturalnej potencjalnej produktywności terenów rolniczych. Potwierdzają to wyniki analiz przeprowadzonych przez Fabera [2002] za pomocą modelu symulacji plonów CGMS, wykorzystywanego do prognozowania plonów w Europie.

Na rys. 1 przedstawiono stopień wykorzystania plonów potencjalnych, ograniczonych niedoborami. Średnie wykorzystanie potencjalnych plonów

ograniczonych niedoborami wody szacuje się w Polsce na około 62%. Występuje też silne zróżnicowanie regionalne wykorzystania – od 30% w rejonie południowo-wschodnim, do ok. 80% w rejonie północno-zachodnim Polski.



Źródło: Faber [2002]

**Rysunek 1.** Wykorzystanie plonów potencjalnych ograniczonych niedoborem wody (1976-1998)

**Figure 1.** Utilisation of potential yields limited by water deficiency (1976-1998)

Na niewykorzystanie rzeczywistych możliwości produkcyjnych wykazują badania własne osiąganych plonów zarówno w gospodarstwach wielkotowarowych jak i średnio w Wielkopolsce (tab. 2)

**Tabela 2.** Porównanie plonów pszenicy ozimej uzyskiwanych przez gospodarstwa wielkotowarowe ze średnimi plonami w województwie wielkopolskim w latach 1993-2002  
**Table 2.** Comparison of winter wheat yields achieved by large market-output farms with average yields in Wielkopolska region for the years 1993-2002

Rok	Pszenica ozima		Różnice plonów	
	gospodarstwa wielkotowarowe	woj. wielkopolskie	q·ha <sup>-1</sup>	% <sup>x)</sup>
1993	46,3	34,8	11,5	133,0
1994	55,8	35,6	20,2	156,7
1995	62,6	43,0	19,6	145,6
1996	49,6	38,5	11,1	128,8
1997	49,3	37,3	12,0	132,2
1998	57,1	42,8	14,3	133,4
1999	53,1	40,2	12,9	132,1
2000	52,8	37,4	15,4	141,2
2001	57,5	44,5	13,0	129,2
2002	59,0	41,9	17,1	140,8
Średnie	54,3	39,6	14,7	137,1
Współczynniki zmienności (%)	9,2	8,5	22,4	-

<sup>x)</sup> za 100 przyjęto średnie plony w woj. wielkopolskim

Źródło: opracowanie własne

Badane gospodarstwa towarowe (10 gospodarstw), reprezentujące ogólne warunki przyrodnicze typowe dla Wielkopolski, osiągały przeciętnie w okresie analizowanych 10 lat (1993-2002) plony pszenicy ozimej o 14,7 dt·ha<sup>-1</sup> (o 37,1%) wyższe od średnich z Wielkopolski. Gospodarstwa wielkotowarowe uzyskiwały wyższe plony dzięki stosowaniu intensywnej technologii produkcji (zoptymalizowane nawożenie mineralne, precyzyjna ochrona roślin, dobór odpowiednich odmian, dotrzymanie terminów agrotechnicznych), a także racjonalnej organizacji produkcji (lepsze relacje w strukturze zasiewów, właściwe następstwo roślin). Plony w tych gospodarstwach były zbliżone do podawanych przez Fabera [2002] plonów potencjalnych, z uwzględnieniem wpływu niedoborów wodnych (tzw. plonów praktycznie osiągalnych).

Wielkość osiąganych plonów rzutuje na jednostkowe zużycie wody. Z przeprowadzonych wcześniej badań [Jankowiak, Bienkowski 2004] wynika, że większa intensywność uprawy, skutkująca wyższym plonem, zwiększa efektywność 1 mm wody (ETR) w uprawie pszenicy ozimej o 37,2%, a w uprawie buraka cukrowego o 15,6%. W innych badaniach [Igras, Jankowiak 1998] nie stwierdzono prostej zależności między polowym zużyciem wody (PZW) a plonem roślin, natomiast istotną zależność plonu od deficytu wody mierzonego współczynnikiem PZW/ETR, szczególnie w fazach intensywnego wzrostu i rozwoju roślin.

W tworzeniu zasobów wodnych kraju ogromną rolę odgrywa rolnictwo (w zlewniach rolniczych zawiera się ok. 70% zasobów) [Kowalczak i in. 1997]. Szczególną pozycję posiada w tym, co nie jest wyraźniej akcentowane w dyskusjach nad zasobami wodnymi kraju, czyli tzw. mała retencja. Jest ona kształtowana przed retencją glebową oraz tzw. retencją krajobrazową, tj. strukturę przestrzenną składowych elementów krajobrazu rolniczego.

Badania prowadzone od 3 lat w ramach projektu europejskiego (akronim NITRO - Europe), w mikrozwlewni ciekłu „Rów Wysokość”, położonej na terenie Parku Krajobrazowego im. Gen. Dezyderego Chłapowskiego, w woj. wielkopolskim, obejmujące bilanse nutrientów i bilans wodny, potwierdzają znaczenie retencji terenów rolniczych.

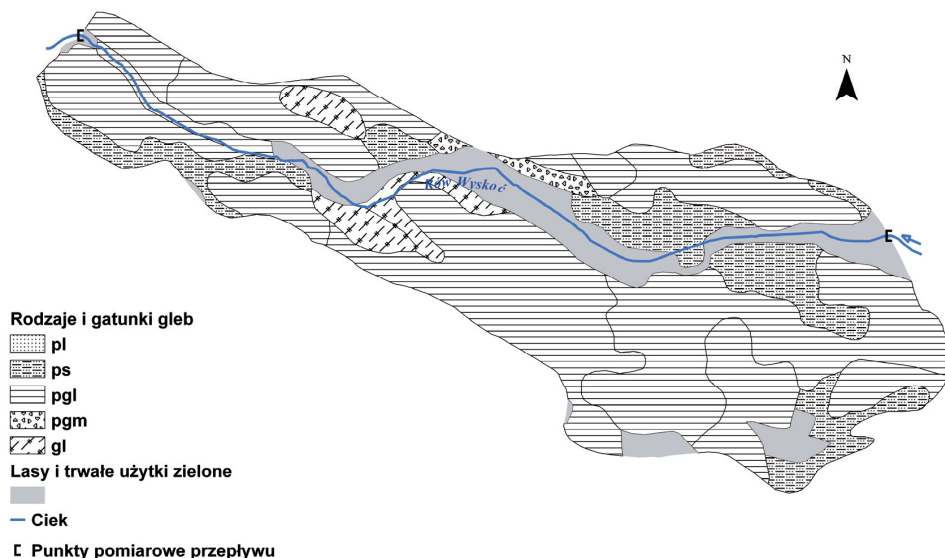
W tabeli 3 przedstawiono obliczoną na podstawie udziału poszczególnych gatunków gleb w powierzchni gruntów ornych zlewni (rys. 2), potencjalną retencję użyteczną wody (PRU) w warstwie ornej (30 cm). Retencja użyteczna tej warstwy gleby wynosi łącznie 572300 m<sup>3</sup> wody, co w przeliczeniu stanowi 380,6 m<sup>3</sup> na 1 ha, tj. odpowiednik 38,1 mm opadu.

**Tabela 3.** Retencja użyteczna (PRU) w glebie gruntów ornych, w warstwie 30 cm, w badanej zlewni „Wysokość”

**Table 3.** Useful retention (PRU) in soils of arable fields, in the 30-cm soil layer, in the studied „Wysokość” catchment

Gatunki gleb	Powierzchnia (ha)	Retencja użyteczna – PRU (cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup> ) <sup>x)</sup>	Objętość wody retencjonowana w warstwie 30 cm gleby na powierzchni 1 ha (m <sup>3</sup> )	Objętość wody retencjonowana w warstwie 30 cm gleby w zlewni (m <sup>3</sup> )	Objętość wody retencjonowana w warstwie 30 cm gleby w zlewni (m <sup>3</sup> ) po zwiększeniu PRU o 1%
Piasek słabogliniasty	361,5	0,087	261,0	94351	105196
Piasek gliniasty lekki	1192,0	0,120	360,0	429120	464880
Piasek gliniasty mocny	10,5	0,152	456,0	4788	5103
Gлина lekka	68,6	0,214	642,0	44041	46099
Suma; średnia ważona	1632,6	-	-	572300	621278

<sup>x)</sup> Źródło: Nawadnianie roślin. 2006.



**Rysunek 2.** Pokrywa glebowa badanej mikrozelewni „Rów Wysokość”  
**Figure 2.** Soil cover in the studied „Rów Wysokość” microcatchment

W tabeli 4 podano średnie miesięczne, mierzone odpływy ze zlewni w 2008 roku. PRU zlewni (jednostkowe uzupełnienie pojemności basenu glebowego) stanowi 50,9% rocznego odpływu ze zlewni (różnicy przepływów na początku i końcu zlewni) w 2008 r. Jeśli poprzez zmiany użytkowania rolniczego zwiększałoby się PRU poszczególnych utworów glebowych zlewni o 1%, to wówczas retencja zlewni wzrosłaby o 48978 m<sup>3</sup>, tj. o 3 mm wody. Ten wzrost, odniesiony do odpływu w 2008 r., stanowiłby 4,0% odpływu rocznego, ale aż 8,9% odpływu w okresie wegetacji (miesiące IV-IX) i aż 63,8% odpływu letniego (miesiące VI-IX). Umożliwiłoby to znaczną poprawę zaopatrzenia upraw rolniczych w wodę.

Wzrost retencji glebowej oraz lepsze jej wykorzystanie można osiągnąć za pomocą mechanicznych zabiegów uprawowych, poprawiających strukturę gleby i zmniejszających bezproduktywne parowanie, a także odpowiednie następstwo roślin i dbałość o dodatnie saldo bilansu materii organicznej w glebie. Wieloletnie badania przeprowadzone w USA na terenach Wielkich Równin [Stewart i Burnett 1985] z mulczowaniem gleb słomą wykazały, że przy stosowaniu 4,4 t·ha<sup>-1</sup> słomy można uzyskać wzrost retencji wodnej o 5,4%. W tych badaniach stwierdzono również korzystny wpływ płodozmianu na retencję wodną gleb. Jednym ze sposobów znacznego zwiększenia retencji glebowej jest także coraz szerzej obecnie wprowadzany, bezorkowy system uprawy roli. Przykładowo w USA obejmuje on już 25,3 mln ha, a w Europie ok. 10 mln ha

powierzchni uprawnej. W stosunku do tradycyjnej uprawy płużnej zwiększa on wilgotność gleby w wyniku zmniejszenia jej gęstości objętościowej [Jankowiak, Małecka 2008, Lal i in. 1994]. W kontekście przewidywanych globalnych zmian klimatycznych, podejmowane są również prace badawcze nad zwiększeniem odporności roślin na niedobory wody. Przykładem jest projekt badawczy „Narzędzia biotechnologiczne służące do otrzymywania odmian zbóż o zwiększonej odporności na suszę” (akronim POLAPGEN) [Raport 2010 r.].

Poprawę retencji w zlewni można osiągnąć również poprzez zmianę struktury upraw. W okresie prowadzenia badań w zlewni „Rów Wysokość”, rośliny zbożowe w strukturze zasiewów stanowiły 72,2%, okopowe 9,1%, rzepak 14,64%, a motylkowe i ich mieszanki z trawami tylko 4,1%. Dominującą, kilkakrotną przewagę w uprawach (86,8 wobec 13,2%) posiadały zatem rośliny degradujące substancję organiczną w glebie, która ma korzystny wpływ na fizyczne i chemiczne właściwości gleby, w tym na pojemność wodną gleby.

Sposobem na poprawę retencji krajobrazowej jest zmiana w strukturze trwałych elementów zabudowy przyrodniczej. W przypadku analizowanej zlewni, w której udział lasów i powierzchni zadrzewionych wynosi 6,35%, a TUZ 15,02%, można by to osiągnąć poprzez zwiększenie powierzchni lasów albo alternatywnie, co na tym obszarze się realizuje – zadrzewień śródpolnych, zastępujących efektywnie funkcje lasu.

## PODSUMOWANIE

W gospodarce wodnej Polski istotnym problemem jest zwiększanie zasobów wodnych, a jednocześnie bardziej efektywne ich wykorzystanie. Jest to imperatywem wynikającym ze stanu aktualnego, jak i niekorzystnych prognoz dla regionu geograficznego, w którym położona jest Polska, dotyczących globalnych zmian klimatycznych (będzie cieplej i mniej opadów w okresie lata). W pierwszej kolejności powinno zmobilizować się środki, w tym głównie niematerialne (organizacja, nowe technologie, nowe odmiany, edukacja) dla wykorzystania potencjalnej, praktycznej produktywności rolnictwa w warunkach występujących niedoborów wodnych (obecnie wykorzystuje się średnio ok. 62% potencjalnych możliwości).

W gospodarowaniu wodą ogromną rolę odgrywa retencja na terenach rolniczych (gromadzą one ok. 70% krajowych zasobów wody). Retencję na terenach rolniczych, nazywaną „małą retencją”, obejmującą zasoby glebowe („basen glebowy”) można zwiększyć poprzez zabiegi agrotechniczne poprawiające fizyczne właściwości gleb oraz odpowiednie następstwo roślin i stosowanie bezorkowego systemu uprawy. Retencję obszarową można kształtować poprzez zmianę struktury przestrzennej elementów trwałych krajobrazu o różnej retencji własnej i wpływających na elementy mikroklimatu terenów przyległych.



Jak z przedstawionego materiału wynika, nawet niewielkie zwiększanie retencji użytecznej w zlewni ma bardzo duże znaczenie dla zmniejszenia odpływów.

Możliwości kształtowania retencji wodnej terenów rolniczych w ramach tzw. „małej retencji”, tworzy kontekst dla postrzegania roli retencji technicznej w zbiornikach wodnych oraz lokacji problematyki poprawy zaopatrzenia roślin w wodę poprzez nawadnianie.

*Opracowanie wykonano na podstawie badań finansowanych ze środków UE w latach 2006-2011 – nr proj. 017841, akronim Nitro Europe IP*

## BIBLIOGRAFIA

- Ball V.E., Bureau J. C., Nehring R., Somwaru A. *Agricultural Productivity Revisited*. Am. J. Agr. Econ., 79, 1997, s. 1045-1063.
- Faber A. *Środowiskowe uwarunkowania produkcji roślinnej w Polsce i Europie według symulacji CGMS*. Pam. Puł., 130/I, 2002, s. 137-151.
- Igras J., Jankowiak J. *Zależność pomiędzy połowym zużyciem wody, ewapotranspiracją potencjalną i plonowaniem wybranych gatunków roślin*. *Fragm. Agronom.*, 2 (58), 1998, s. 87-93.
- Jankowiak J., Bieńkowski J. *Efektywność wykorzystania zasobów wodnych na tle różnic poziomu agrotechnologicznego i organizacyjnego produkcji głównych roślin towarowych w Wielkopolsce*. *Rocz. AR w Poznaniu*, CCLVII, 2004, s. 153-159.
- Jankowiak J., Małecka I. *Uproszczenia uprawowe w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym*. IERiGŻ-PIB, Warszawa, nr 102 (6), 2008, s. 87-113.
- Kalirajan K. P., Obwona M. B., Zhao S. *A decomposition of Total Factor Productivity Growth: the Case of Chinese Agricultural Growth Before and After Reforms*. Am. J. Agr. Ekon., 78, 1996, s. 331-338.
- Kowalczak P., Farat R., Kepińska-Kasprzak M., Kuźnicka M., Mager P. *Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji*. Materiały badawcze. *Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*. 19, IMGW, Warszawa, 1997, s. 91.
- Kowalczak P. *Zagrożenia związane z deficytem wody*. Wyd. Kurpisz S. A., Poznań, 2008, s. 356.
- Kundzewicz Z. W., Kowalczak P. *Zmiany klimatu i ich skutki*. Wyd. Kurpisz S. A., Poznań, 2008, s. 214.
- Lal R., Mahboubi A., Fausey N. *Long-term tillage and rotation effects on soil properties of a central Ohio soil*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1994, s. 517-522.
- Lambor J. *Podstawy i zasady gospodarki wodnej*. WKiŁ. Warszawa, 1965.
- Nawadnianie roślin*. 2006. Praca zbiorowa pod red. Karczmarczyka S. i Nowaka L. PWRiL, Oddział w Poznaniu, s. 477.
- Raport z realizacji zadania pierwszego w roku 2010. „Określenie obecnych i prognoza przyszłych warunków wodnych produkcji roślinnej w Polsce”*. Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu. 2010. Maszynopis.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2005*. GUS, Warszawa, 2005.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2006*. GUS, Warszawa, 2006.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2007*. GUS, Warszawa, 2007.
- Stewart B. A., Burnett E. 1985. *Water conservation technology in rainfed and dryland agriculture*. Proceedings of the International Conference on Food and Water, College Station, Texas, May 27-30, 1985, U. S. Department of Agriculture, ARS, s. 22.

Prof. dr hab. Janusz Jankowiak  
Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN  
Zakład Systemów Rolniczych  
ul. Szeherezady 74, 60-195 Poznań  
tel. 618681730, e-mail: jank@man.poznan.pl

Dr Jerzy Bieńkowski  
Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN  
Zakład Systemów Rolniczych  
ul. Szeherezady 74, 60-195 Poznań  
tel. 618681730, e-mail: bjerzy@man.poznan.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski*