

*Jacek Żarski, Stanisław Dudek*

## **ZMIENNOŚĆ CZASOWA POTRZEB NAWADNIANIA WYBRANYCH ROŚLIN W REGIONIE BYDGOSZCZY**

### ***TIME VARIABILITY OF SELECTED PLANTS IRRIGATION NEEDS IN THE REGION OF BYDGOSZCZ***

#### **Streszczenie**

W pracy za wskaźnik potrzeb wodnych przyjęto takie ilości opadów atmosferycznych w okresach wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę, przy których nie obserwuje się już przyrostu plonów pod wpływem nawadniania. Tak rozumiane opady optymalne wyznaczono na podstawie rezultatów wieloletnich, ścisłych doświadczeń polowych z nawadnianiem roślin, prowadzonych na dwóch rodzajach gleb w rejonie Bydgoszczy. Potrzeby nawadniania, czyli niedobory opadów w okresie wzmożonego zapotrzebowania wybranych upraw na wodę, obliczono jako różnicę między opadem optymalnym oraz opadem rzeczywistym. Wykorzystano jednorodny 35-letni ciąg pomiaru opadów atmosferycznych w Mochelku koło Bydgoszczy w latach 1971–2005. Obliczeń potrzeb nawadniania dokonano w okresach wzmożonego zapotrzebowania wybranych roślin (zboża jare, ziemniak średniowczesny, kukurydza na ziarno) na wodę. Odniesiono je do dwóch rodzajów gleb: gleba bardzo lekka na podłożu przepuszczalnym oraz gleba lekka na podłożu zwięzłym. Na podstawie wyników obliczeń, dokonano klasyfikacji oszacowanych potrzeb nawadniania, według kryterium uwzględniającego liczbę niezbędnych do zastosowania jednorazowych dawek wody i wielkość prognozowanych efektów produkcyjnych nawadniania. Stwierdzono, że potrzeba zastosowania nawadniania jako podstawowego czynnika plonotwórczego na glebie bardzo lekkiej o przepuszczalnym podłożu, występuje w regionie Bydgoszczy w 85,7–97,1% lat, w zależności od badanej uprawy. W 40,0–62,8% lat są to duże potrzeby, których pokrycie prowadzi do znaczącego wzrostu produkcji rolniczej. Potrzeba zastosowania nawadniania jako uzupełniającego (interwencyjnego) zabiegu w uprawie roślin na glebie lekkiej o podłożu zwięzłym, występuje w regionie Bydgoszczy w 77,1–88,6% lat. W 14,3–25,7% lat są to potrzeby duże, wymagające zastosowania co najmniej 5 dawek nawodnieniowych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę. Cechujące się bardzo dużą zmien-

nością czasową potrzeby nawadniania roślin w regionie Bydgoszczy nie wykazują istotnych trendów zmian w okresie 1971–2005.

**Słowa kluczowe:** potrzeby nawadniania, opady optymalne, region Bydgoszczy, zboża jare, kukurydza, ziemniak

### **Summary**

*In this studies, a plant water needs index was defined as an amount of rainfall, in the period of plant increasing water demands, which didn't increase a yield of an irrigated plants. Such defined optimal rainfall was calculated on the basis of results of long-term field experiments carried out on two kinds of soil in a region of Bydgoszcz. Irrigation needs understood as rainfall insufficiency in the period of plant increasing water demands, were calculated as a difference between optimal and actual rainfall. Homogeneous rainfall data from years 1971-2005 in Mochelek (placed near Bydgoszcz) were used. Calculations of irrigation needs were made in the period of increasing water demands of the followed plants: spring cereals, medium-early potato and maize cultivated for grain. All of them were grown on two kinds of soil: a very light soil of permeable subsoil and a light soil of compact subsoil. Obtained results enabled to classify the evaluated irrigation needs. The criterions were: a number of essential individual water doses and a quantity of forecasted productive effects of the irrigated plants. Results of the studies show that the irrigation needs calculated on a very light soil in the region of Bydgoszcz occurred in 87,7-97,1% (it depended on the plant). In 40,0-62,8% of the years the water needs were high and their cover by irrigation had increased significantly the agricultural production. On a light soil in the region in 77,1-88,6% of years irrigation was considered as a supplementary (interventional), nevertheless in 14,3-25,7% of the years the water needs were high in the period of plant increasing water demand which had required at least five water doses of irrigation. In conclusion, the plant irrigation needs in the region were characterised by a large-scale variability in the time (the years 1971-2005) which was statistically confirmed by not significant trends.*

**Key words:** irrigation needs, optimal rainfall, region of Bydgoszcz, spring cereals, maize, potato

### **WSTĘP**

Potrzeby nawadniania w Polsce są skutkiem występowania niedoborów opadów atmosferycznych, które w okresie wegetacyjnym stanowią główne źródło bieżącego zaopatrywania roślin w wodę. Niedobory opadów definiuje się jako różnicę między wskaźnikami potrzeb wodnych roślin a rzeczywistymi opadami, jakie wystąpiły w całym okresie wegetacji lub niektórych fazach wzrostu i rozwoju roślin. Oblicza się je najczęściej w odniesieniu do całego wielolecia, co pozwala na ocenę zmienności przestrzennej lub dla kolejnych sezonów wegetacji roślin, a to umożliwia ocenę ich zmienności czasowej. W warunkach przejściowego klimatu Polski ważniejsza wydaje się analiza zmienności cza-

wej niedoborów opadów, a zatem potrzeba nawadniania, gdyż warunki zaopatrzenia roślin w wodę w poszczególnych latach różnią bardziej niż średnio w poszczególnych miejscowościach.

Mimo wielu badań, liczbowe ujęcie potrzeb nawadniania roślin napotyka na duże trudności. Wynika to między innymi z niezwykle złożonej zależności wskaźników potrzeb wodnych roślin od kompleksu czynników glebowych i meteorologicznych, a także od różnic gatunkowych i odmianowych uprawianych roślin. Te ostatnie zależą od długości okresów wegetacji, zmienności faz rozwojowych i okresów wzmożonego zapotrzebowania na wodę oraz od stopnia odporności na warunki posuszne.

Potrzeby wodne określa się wskaźnikowo najczęściej za pomocą opadów optymalnych, potrzeb opadowych lub wyznaczając ewapotranspirację ładu roślin w warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby. Wskaźniki opadowe są szczególnie przydatne do agroklimatycznej oceny potrzeb nawadniania, natomiast wskaźniki ewapotranspiracji mają większe znaczenie w operacyjnym monitorowaniu zużycia wody glebowej, niezbędnym do umiejętnego dozowania dawek nawodnieniowych.

Spośród bardzo wielu rejonizacji potrzeb nawadniania roślin w Polsce wymienić można pracę Grabarczyka [1983], który jako wskaźnik potrzeb wodnych przyjął opady optymalne Klatta oraz liczne prace Dzieżyca i in. [1987, 1990], wykorzystujące tzw. potrzeby opadowe, wyznaczone na podstawie plonowania roślin w doświadczeniach COBORU. W skali regionalnej ocena potrzeb nawadniania była prezentowana w wielu pracach, na podstawie różnych metod, założeń i wskaźników [Koźmiński, Karczmarczyk 1990; Grabarczyk i in. 1990; Malicki i in. 1990]. Szczegółową charakterystykę zmienności przestrzennej potrzeb nawadniania roślin w Polsce na podstawie prac różnych autorów przedstawił Rojek [2006].

W niniejszej pracy podjęto próbę określenia potrzeb nawadniania wybranych upraw polowych i zobrazowania ich zmienności czasowej, na podstawie wyników wieloletnich ścisłych eksperymentów polowych z nawadnianiem roślin uprawnych, prowadzonych w regionie Bydgoszczy.

## **MATERIAŁ I METODY**

W pracy za wskaźnik potrzeb wodnych przyjęto takie ilości opadów atmosferycznych w okresach wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę, przy których nie obserwuje się już przyrostu plonów pod wpływem nawadniania. Tak rozumiane opady optymalne wyznaczono na podstawie rezultatów wieloletnich, ścisłych doświadczeń polowych z nawadnianiem roślin, prowadzonych na dwóch rodzajach gleb w rejonie Bydgoszczy. Wykorzystano istotne, prostoliniowe zależności między zwyczajami plonów pod wpływem nawadniania i opadami atmosferycznymi w okresach wzmożonego zapotrzebowania na wodę, według ogólnej formuły, wyprowadzonej przez Grabarczyka [1987]:

$$Q = (P_{OPT} - P_{RZ}) \cdot q$$

- Q – przyrost plonów pod wpływem nawadniania w  $t \cdot ha^{-1}$ ,  
 $P_{OPT}$  – opad optymalny w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę w mm,  
 $P_{RZ}$  – rzeczywiste opady atmosferyczne w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę w mm,  
q – jednostkowy przyrost plonu pod wpływem nawadniania w  $t \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$  deficytu opadów.

Potrzeby nawadniania, czyli niedobory opadów w okresie wzmożonego zapotrzebowania wybranych upraw na wodę, obliczono jako różnicę pomiędzy zdefiniowanym powyżej i określonym liczbowo opadem optymalnym oraz opadem rzeczywistym (tab. 1). Wykorzystano jednorodny 35-letni ciąg pomiaru opadów atmosferycznych w Mochółku koło Bydgoszczy w latach 1971–2005.

**Tabela 1.** Zależności między przyrostami plonów pod wpływem nawadniania (Q) w  $t \cdot ha^{-1}$  i opadami atmosferycznymi w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę (P) w mm

**Table 1.** Relationship between irrigated yield increases (Q) [ $t \cdot ha^{-1}$ ] and the total rainfall measured in the the period of plant increasing water demand (P) [mm]

Roślina	Gleba bardzo lekka na podłożu przepuszczalnym (A)	Gleba lekka na podłożu zwięzłym (B)
Zboża jare	$Q = (200 - P_{V-VI}) \cdot 0,022$	$Q = (175 - P_{V-VI}) \cdot 0,018$
Ziemniak	$Q = (205 - P_{VI-VII}) \cdot 0,17$	$Q = (190 - P_{VII-VIII}) \cdot 0,15$
Kukurydza na ziarno	$Q = (230 - P_{VII-VIII}) \cdot 0,038$	$Q = (200 - P_{VII-VIII}) \cdot 0,028$

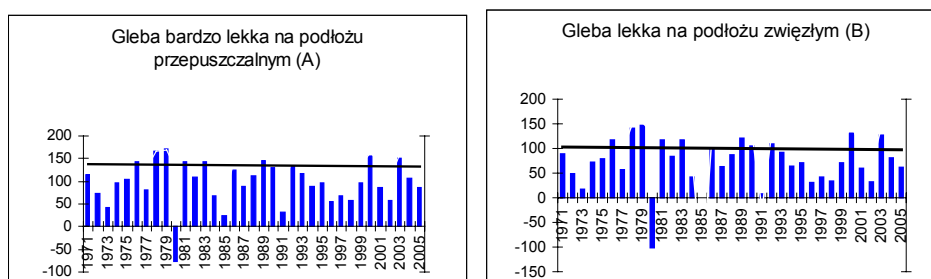
Obliczeń potrzeb nawadniania dokonano w dwóch zasadniczych okresach wzmożonego zapotrzebowania wybranych roślin (zboża jare, ziemniak średniowczesny, kukurydza na ziarno) na wodę: wiosenno-letnim (od 1 maja do 30 czerwca) oraz letnim (od 1 czerwca do 31 lipca lub od 1 lipca do 31 sierpnia). Odniesiono je do dwóch rodzajów gleb: gleba bardzo lekka na podłożu przepuszczalnym, na której nawadnianie pełni podstawową rolę w kształtowaniu plonu oraz gleba lekka na podłożu zwięzłym, na której rola nawadniania ma charakter interwencyjny [Żarski, Dudek 2003]. Szczególną uwagę zwrócono na zmienność czasową prezentowanych wskaźników, a także na tendencje ich zmian w okresie 1971–2005.

Na podstawie wyników obliczeń dokonano klasyfikacji oszacowanych potrzeb nawadniania, według kryterium uwzględniającego liczbę niezbędnych do zastosowania jednorazowych dawek wody i wielkość prognozowanych efektów produkcyjnych nawadniania.

## WYNIKI

**Zboża jare.** Okres wzmożonego zapotrzebowania na wodę zbóż jarych obejmuje miesiące maj i czerwiec. Według równań regresji, opady optymalne, przy których nie stwierdzono zwyczajek plonów ziarna pod wpływem deszczowania, wynoszą w warunkach gleby bardzo lekkiej na podłożu przepuszczalnym (gleba A) 200 mm, a na glebie lekkiej na podłożu zwięzłym (gleba B) 175 mm (tab. 1).

W okresie 1971–2005 niedobory opadów atmosferycznych wystąpiły w 88,6–94,3% lat, w zależności od rodzaju gleby. Nadmiary opadów w stosunku do ich wielkości optymalnych stwierdzono w latach 1980 i 1985. Na glebie lekkiej o zwięzłym podłożu brak deficytów opadowych stwierdzono także w 1973 i 1991 r. Niedobory opadów atmosferycznych zbóż jarych nie wykazały w badanym 35-leciu istotnych trendów i tendencji zmian wraz z upływem czasu. Cechowała je natomiast bardzo duża zmienność czasowa (rys. 1).



**Rysunek 1.** Niedobory opadów atmosferycznych zbóż jarych uprawianych w rejonie Bydgoszczy w latach 1971–2005

**Figure 1.** Rainfall deficit for spring cereals in the region of Bydgoszcz in the years 1971–2005

**Tabela 2.** Klasyfikacja potrzeb nawadniania zbóż jarych w rejonie Bydgoszczy  
**Table 2.** The classification of irrigation needs spring cereals cultivation in the region of Bydgoszcz

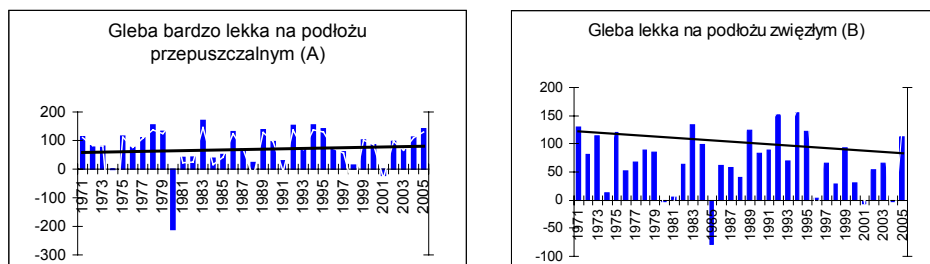
Klasyfikacja	Liczba jednorazowych dawek wody *	Przewidywany przyrost plonu ziarna t·ha <sup>-1</sup>	Częstotliwość (%)	
			Gleba A	Gleba B
brak	–	<0,55	5,7	11,4
małe	1–2	0,55–1,10	5,7	22,9
średnie	3–4	1,10–2,20	40,0	51,4
duże	>4	>2,20	48,6	14,3

\* Gleba A 25 mm, Gleba B 30 mm

Niedobory opadowe przekraczające odpowiednio 25 mm na glebie A i 30 mm na glebie B zdefiniowano jako potrzeby nawadniania. Średnie i duże potrzeby nawadniania, wymagające zastosowania co najmniej 3 jednorazowych dawek wody, wystąpiły aż w 88,6% lat na glebie bardzo lekkiej i 65,7 lat na glebie lekkiej. Duże potrzeby nawadniania (konieczność zastosowania więcej niż 4 jednorazowych dawek wody) stwierdzono w 48,6% lat na glebie bardzo lekkiej (przeciętnie co drugi rok) oraz w 14,3% lat na glebie lekkiej (średnio co 7 lat). W latach wystąpienia dużych potrzeb nawadniania, przewidywane przyrosty plonów ziarna pod wpływem zastosowania tego zabiegu wynoszą co najmniej  $2,20 \text{ t ha}^{-1}$ .

**Ziemniak średniowczesny.** Okres wzmożonego zapotrzebowania na wodę ziemniaka średniowczesnego obejmuje miesiące czerwiec i lipiec w warunkach uprawy na glebie bardzo lekkiej (A) oraz lipiec i sierpień na glebie lekkiej (B). Według równań regresji, opady optymalne, przy których nie stwierdzono związków plonów bulw pod wpływem deszczowania, wynoszą w warunkach gleby bardzo lekkiej na podłożu przepuszczalnym (gleba A) 205 mm, a na glebie lekkiej na podłożu zwięzłym (gleba B) 190 mm (tab. 1).

W okresie 1971–2005 niedobory opadów atmosferycznych wystąpiły w 77,1–85,7% lat, w zależności od rodzaju gleby. Nadmiary opadów w stosunku do ich wielkości optymalnych stwierdzono na glebie A w latach: 1974, 1980, 1988, 1998 i 2001. Na glebie lekkiej o zwięzłym podłożu brak deficytów opadowych stwierdzono w 1974, 1980, 1981, 1985, 1996, 1998, 2001 i 2004 r. Niedobory opadów atmosferycznych ziemniaka wykazały w badanym 35-leciu nieistotne statystycznie tendencje zmian wraz z upływem czasu. Na glebie A była to tendencja wzrostowa, a w warunkach gleby B spadkowa. Niezależnie od zarysowanych tendencji, niedobory cechowały się bardzo dużą zmiennością czasową (rys. 2).



**Rysunek 2.** Niedobory opadów atmosferycznych ziemniaka średniowczesnego w rejonie Bydgoszczy w latach 1971–2005

**Figure 2.** Rainfall deficit for the potato cultivation in the region of Bydgoszcz in the years 1971–2005

**Tabela 3.** Klasyfikacja potrzeb nawadniania ziemniaka średniowczesnego w rejonie Bydgoszczy  
**Table 3.** The classification of irrigation needs for the potato cultivation in the region of Bydgoszcz

Klasyfikacja	Liczba jednorazowych dawek wody *	Przewidywany przyrost plonu bulw t·ha <sup>-1</sup>	Częstotliwość (%)	
			Gleba A	Gleba B
Brak	–	<4,5	14,3	22,9
Małe	1-2	4,5-9,0	11,4	14,3
średnie	3-4	9,1-18,0	34,3	42,8
duże	>4	>18,0	40,0	20,0

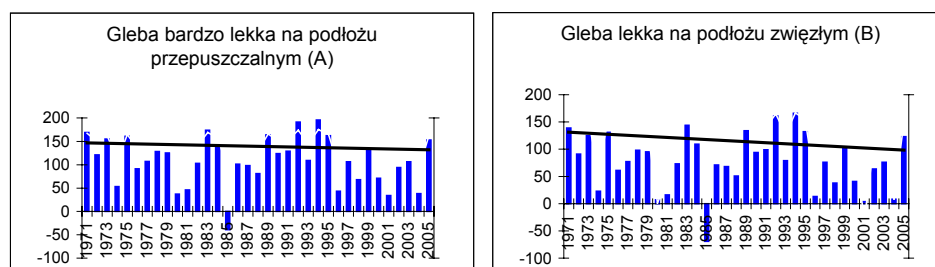
Niedobory opadowe przekraczające odpowiednio 25 mm na glebie A i 30 mm na glebie B zdefiniowano jako potrzeby nawadniania. Średnie i duże potrzeby nawadniania ziemniaka, wymagające zastosowania co najmniej 3 jednorazowych dawek wody, wystąpiły w 74,3% lat na glebie bardzo lekkiej i 62,8 lat na glebie lekkiej. Duże potrzeby nawadniania (konieczność zastosowania więcej niż 4 jednorazowych dawek wody) stwierdzono w 40% lat na glebie bardzo lekkiej (przeciętnie co dwa i pół roku) oraz w 20% lat na glebie lekkiej (średnio co 5 lat). W latach wystąpienia dużych potrzeb nawadniania, przewidywane przyrosty plonów bulw pod wpływem zastosowania tego zabiegu wynoszą co najmniej 18,0 t·ha<sup>-1</sup>.

**Kukurydza na ziarno.** Okres wzmożonego zapotrzebowania na wodę dla kukurydzy uprawianej na ziarno obejmuje miesiące lipiec i sierpień. Na podstawie wyprowadzonych równań regresji można stwierdzić, że opady optymalne, przy których nie stwierdzono zwyrzek plonów ziarna pod wpływem deszczowania, wynoszą w warunkach gleby bardzo lekkiej na podłożu przepuszczalnym (gleba A) 230 mm, a na glebie lekkiej na podłożu zwięzłym (gleba B) 200 mm (tab. 1).

W okresie 1971–2005 niedobory opadów atmosferycznych wystąpiły w 80,0–97,1% lat, w zależności od rodzaju gleby. Nadmiary opadów w stosunku do ich wielkości optymalnych stwierdzono na glebie A tylko w roku 1985. Na glebie lekkiej o zwięzłym podłożu brak deficytów opadowych wystąpił w siedmiu sezonach wegetacyjnych. Niedobory opadów atmosferycznych kukurydzy, podobnie jak w przypadku ziemniaka, wykazały w badanym 35-leciu nieistotne statystycznie tendencje zmian wraz z upływem czasu. Były to tendencje spadkowe, zauważalne zwłaszcza w odniesieniu do gleby lekkiej (B). Niezależnie od zarysowanych tendencji, niedobory cechowały się bardzo dużą zmiennością czasową (rys. 3).

**Tabela 4.** Klasyfikacja potrzeb nawadniania kukurydzy na ziarno w rejonie Bydgoszczy  
**Table 4.** The classification of irrigation needs for the maize cultivation in the region of Bydgoszcz

Klasyfikacja	Liczba jednorazowych dawek wody *	Przewidywany przyrost plonu ziarna t·ha <sup>-1</sup>	Częstotliwość (%)	
			Gleba A	Gleba B
Brak	–	<0,90	2,9	20,0
Małe	1-2	0,90-1,80	14,3	8,6
średnie	3-4	1,80-3,60	20,0	45,7
duże	>4	>3,60	62,8	25,7



**Rysunek 3.** Niedobory opadów atmosferycznych kukurydzy na ziarno w rejonie Bydgoszczy w latach 1971–2005

**Figure 3.** Rainfall deficit for the maize cultivation in the region of Bydgoszcz in the years 1971–2005

Niedobory opadowe przekraczające odpowiednio 25 mm na glebie A i 30 mm na glebie B zdefiniowano jako potrzeby nawadniania. Średnie i duże potrzeby nawadniania kukurydzy uprawianej na ziarno, wymagające zastosowania co najmniej 3 jednorazowych dawek wody, wystąpiły w 82,8% lat na glebie bardzo lekkiej i 71,4% lat na glebie lekkiej. Duże potrzeby nawadniania (konieczność zastosowania więcej niż 4 jednorazowych dawek wody) stwierdzono aż w 62,8% lat na glebie bardzo lekkiej (przeciętnie częściej niż co dwa lata) oraz w 25,7% lat na glebie lekkiej (średnio co 4 lata). W latach wystąpienia dużych potrzeb nawadniania, przewidywane przyrosty plonów ziarna pod wpływem zastosowania tego zabiegu wynoszą co najmniej 3,60 t·ha<sup>-1</sup>.

## WNIOSKI

1. Potrzeba zastosowania nawadniania jako podstawowego czynnika plonotwórczego na glebie bardzo lekkiej o przepuszczalnym podłożu, występuje w rejonie Bydgoszczy w 85,7–97,1% lat, w zależności od uprawianej rośliny. W 40,0–62,8 % lat są to duże potrzeby, a ich pokrycie przynosi istotny wzrost plonów.



2. Potrzeba zastosowania nawadniania jako uzupełniającego (interwencyjnego) zabiegu w uprawie roślin na glebie lekkiej o podłożu zwięzłym, występuje w regionie Bydgoszczy w 77,1–88,6% lat. W 14,3–25,7% lat są to potrzeby duże, wymagające zastosowania co najmniej 5 dawek nawodnieniowych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę.

3. Charakteryzujące się bardzo dużą zmiennością czasową potrzeby nawadniania roślin w regionie Bydgoszczy nie wykazują istotnych trendów zmian w okresie 1971–2005.

### BIBLIOGRAFIA

- Dziężyc J. *Potrzeby wodne roślin uprawnych (praca zbiorowa)*. PWN Warszawa 1988.
- Dziężyc J., Nowak L., Panek K. *Średnie regionalne niedobory opadów i potrzeby deszczowania roślin uprawnych na glebach lekkich i średnich*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 35–47.
- Dziężyc J., Badura U., Nowak L., Panek K. *Zarys rejonizacji potrzeb deszczowania podstawowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 387, 1990, s. 103–115.
- Grabarczyk S. *Melioracje rolne*. Rozdział w pracy zbiorowej *Podstawy agrotechniki* pod red. W. Niewiadomskiego. PWRiL Warszawa 1983.
- Grabarczyk S. *Efekty, potrzeby i możliwości nawodnień deszczownianych w różnych regionach kraju*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 49–64.
- Grabarczyk S. i in. *Rejonizacja potrzeb deszczowania w Krainie Wielkich Dolin*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 387, 1990, s. 73–87.
- Koźmiński C., Karczmarczyk S. *Rejonizacja potrzeb nawadniania roślin uprawnych na Pomorzu*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 387, 1990, 9–37.
- Malicki L., Podstawka E., Kapusta B. *Rejonizacja potrzeb deszczowania ważniejszych upraw polowych w środkowowschodniej Polsce*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 387, 1990, 89–102.
- Rojek M. *Potrzeby nawadniania w Polsce*. Rozdział w pracy zbiorowej *Nawadnianie roślin* pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań 2006.
- Żarski J., Dudek S. *Rola deszczowania w kształtowaniu plonowania wybranych upraw polowych*. Pam. Puł., nr 132, 2003, s. 443–449.

Prof. dr hab. Jacek Żarski  
Dr inż. Stanisław Dudek  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6  
tel. 052 3749537, e-mail: zarski@utp.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Karczmarczyk*