

ANDRZEJ SAMBORSKI

Akademia Zamojska

<https://orcid.org/0000-0001-7437-1267>

Wpływ zmian klimatu na występowanie posuchy na obszarze południowo-wschodniej Lubelszczyzny

Do naturalnych czynników decydujących o wielkości produkcji roślinnej, poza glebą, należy pogoda. Szczególnie o wielkości i jakości uzyskiwanych plonów decyduje temperatura powietrza i opady atmosferyczne. Obserwowane w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat zmiany klimatu charakteryzujące się wzrostem wartości temperatury powietrza i spadkiem sum opadów atmosferycznych prowadzą do pogłębiania się posuchy i stepowienia wielu obszarów na terenie Polski. Do określenia wielkości wystąpienia tego zjawiska na terenie południowo-wschodniej części Lubelszczyzny wykorzystano dane meteorologiczne ze stacji funkcjonujących na terenie Zamościa w okresie od 1976 do 2022 r. Na podstawie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych obliczono wartość współczynnika Sielianinowa w okresie wegetacyjnym (kwiecień–październik) i określono efektywność opadów w poszczególnych miesiącach. Uzyskane wyniki wykazały, że na badanym obszarze w analizowanym okresie następował wzrost wartości temperatury powietrza i spadek sumy opadów atmosferycznych, co stanowi poważne zagrożenie pojawienia się procesu przesuszenia gleb i stepowienia na tym obszarze.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, temperatura powietrza, opady atmosferyczne, współczynnik Sielianinowa, produkcja roślinna, Lubelszczyzna

The Impact of Climate Change on the Occurrence of Drought in the South-Eastern Lublin Region

Abstract: Apart from the soil, weather is among the natural factors that determine the volume of plant production. The size and quality of the crops obtained are particularly determined by air temperature and precipitation. Climate changes observed over the last several decades, characterized by an increase in air temperature and a decrease in precipitation totals, lead to deepening drought and steppe-formation of many areas in Poland. To determine the magnitude of this phenomenon in the south-eastern part of the Lublin region, meteorological data from stations operating in Zamość in the period from 1976 to 2022 were used. On the basis of average monthly values of air temperature and total precipitation, the value of the Sielianinow coefficient was calculated in the growing season (April–October) and the effectiveness of rainfall in individual months was determined. The obtained results showed that in the studied area there was an increase in air temperature and a decrease in the amount of atmospheric precipitation during the analyzed period, which constitutes a serious threat of the occurrence of soil drying and steppe-formation in this area.

Keywords: climate change, air temperature, precipitation, Sielianinow coefficient, plant production, Lublin region

Wstęp

Pogoda jest jednym z najważniejszych naturalnych czynników decydujących o wielkości i jakości produkcji roślinnej. Obserwowane od szeregu lat zmiany klimatu stają się w ostatnim okresie poważnym wyzwaniem z uwagi na konieczność ograniczenia negatywnego wpływu gospodarki rolnej na środowisko naturalne. W bieżącym stuleciu zmiany klimatyczne sprowadzają się do: postępującego ocieplenia oraz wywołanej tym ociepleniem intensyfikacji obiegu wody i spowodowanego tą intensyfikacją pojawienia się wyraźnej tendencji zmiany przestrzennego rozmieszczenia zasobów wody na Ziemi¹.

Zielona transformacja, która jest realizowana w ramach Europejskiego Zielonego Ładu, na którą przeznaczono 40% wydatków przewidzianych na wspólną politykę rolną w latach 202–2027, ma za zadanie m.in. ograniczyć czy wręcz zahamować obserwowane zmiany klimatu, a ponadto zatrzymać postępujący spadek bioróżnorodności i ograniczyć powierzchnię gruntów rolnych wypadających z produkcji roślinnej.

¹ R. Madany, *Ważniejsze zagadnienia z zakresu zmian klimatu i ich konsekwencji w środowisku*, [w:] *Podstawy klimatologii stosowanej. Działy wybrane*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1999, s. 179–185.

Pogoda decyduje nie tylko o rozwoju roślin, ale także o zagrożeniach wynikających z pojawiania się szkodników i chorób w rolnictwie². Obserwowany od końca ubiegłego wieku wzrost temperatury powietrza będzie miał wpływ na zmiany temperatury gleby³, które – podobnie jak zmiana charakteru opadów atmosferycznych i częstsze niż dotychczas występowanie zjawisk o charakterze ekstremalnym, takich jak burze, susze, porywiste huraganowe wiatry itp. – stanowią poważne zagrożenie obniżenia produkcji rolnej na terenach uważanych za spichlerz Europy.

Tak poważne problemy powodujące zagrożenia w uprawach roślin sprawiają, że tematyka dotycząca możliwości podniesienia wydajności i jakości produkcji rolniczej jest czynnikiem motywującym i dopingującym do prowadzenia intensywnych badań mających na celu zwiększenie wielkości i jakości zbieranych plonów⁴. Duże znaczenie mają badania opisujące zjawiska i procesy przyrodnicze zachodzące w ekosystemach lądowych, w których wykorzystuje się modele matematyczne⁵. Zagadnienia te są w centrum zainteresowań agrometeorologów, którzy m.in. badają wpływ pogody na długość okresu wegetacji oraz na wzrost, rozwój i plonowanie roślin⁶, zwłaszcza że region zamojski na tle kraju charakteryzuje się dobrymi warunkami glebowymi do uprawy najbardziej wymagających roślin przemysłowych: buraków cukrowych, konopi, chmielu, rzepaku, tytoniu ciemnego i typu Burley⁷.

Problem braku wody dostępnej dla roślin dotyczy znacznej powierzchni Polski. Według Baca i Rojka⁸ największe wartości parowania w półroczu letnim występują w okolicach Poznania, na Kujawach i obszarze między Łodzią i Warszawą, co w zestawieniu z małą sumą opadów sprawia, że na terenie Wielkopolski i Mazowsza wartości klimatycznych bilansów wodnych są znacznie niższe niż na terenie południowo-wschodniej części Lubelszczyzny.

Materiały i metodyka prowadzonych badań

W niniejszej pracy wykorzystano wyniki wieloletnich obserwacji prowadzonych na stacjach meteorologicznych funkcjonujących w Zamościu w różnych okresach. Były to:

² A.S. Samborski, Agrometeorologiczne uwarunkowania pojawiania się chorób grzybowych na częściach nadziemnych pszenicy ozimej na Zamojszczyźnie w latach 1976–1995. „Rozprawy naukowe AR w Lublinie” 2003, z. 267.

³ A. Górniak, *Recent and future soil temperature regime in the coldest part of Poland*, „Journal of Agrometeorology” 2023, nr 25(1), s. 158–163.

⁴ T. Górski, *Modele statystyczno-empiryczne*. [w:] *Analiza stosowalności zagranicznych metod prognozowania plonów w warunkach Polski*, IUNG, Puławy 1996, s. 17–41.

⁵ J. Markowska, L. Nowak, *Modelowanie procesów gleba-roślina-atmosfera*, „Zeszyty Naukowe AR Wrocław” 1997, nr 313, s. 139–152.

⁶ A.S. Samborski, *Analysis of length of wheat growing period in southeast part of the Lublin region of Poland*, „Journal of Agrometeorology” 2015, nr 17(2), s. 244–246.

⁷ C. Szewczuk, D. Sugier, P. Sugier, *Możliwość uprawy roślin przemysłowych w regionie zamojskim z uwzględnieniem warunków siedliskowych*, „Acta Agrophysica” 2006, nr 8(2), s. 489–499.

⁸ S. Bac, M. Rojek, *Meteorologia i klimatologia*, PWN Warszawa 1981, s. 56–86.

- Stacja Synoptyczna IMGW na Osiedlu Zamczysko (okres: 1966–1999),
- Stacja przy ul. Szczepreskiej 102, należąca do Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (1982–2013),
- Stacja Uczelni Państwowej im. Szymona Szymonowica w Zamościu zlokalizowana przy ul. J. Zamoyskiego 64 – obecnie Akademia Zamojska (2011–2015),
- Stacja przy ul. I. Mościckiego 17 (2009–2022).

W pierwszym etapie pracy zweryfikowano wyniki obserwacji pod kątem jednorodności zebranego materiału, dokonano jego rekonstrukcji i homogenizacji, a następnie obliczono średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych. Pomiarzy prowadzone w Zamościu mogą być uważane za reprezentatywne dla południowo-wschodniej części Lubelszczyzny, ponieważ odzwierciedlają warunki klimatyczne panujące na tym terenie.

Zarówno wartości temperatury, jak i sumy opadów atmosferycznych pozwoliły obliczyć wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianałowa w okresie wegetacji (kwiecień–październik). Wartość tego współczynnika (k) opisuje równanie:

$$k = 10P/\Sigma t,$$

gdzie: k – współczynnik Sielianałowa,

P – miesięczna suma opadów,

Σt – miesięczna suma dobowych wartości temperatury powietrza.

Współczynnik ten jest miarą efektywności opadów, a uzyskane wyniki dają podstawy do wyznaczenia okresów (miesiący) od skrajnie suchych do skrajnie wilgotnych według następującej klasyfikacji⁹:

- Skrajnie suchy (ss) $k \leq 0,4$
- Bardzo suchy (bs) $0,4 < k \leq 0,7$
- Suchy (s) $0,7 < k \leq 1,0$
- Dość suchy (ds) $1,0 < k \leq 1,3$
- Optymalny (o) $1,3 < k \leq 1,6$
- Dość wilgotny (dw) $1,6 < k \leq 2,0$
- Wilgotny (w) $2,0 < k \leq 2,5$
- Bardzo wilgotny (bw) $2,5 < k \leq 3,0$
- Skrajnie wilgotny (sw) $k > 3,0$

Wyniki badań

Średnia roczna temperatura powietrza w Zamościu w latach 1976–2022 wynosiła 8,4°C. Najcieplejszym miesiącem był lipiec z temperaturą powietrza wynoszącą 19,0°C, a najchłodniejszym styczeń -2,5°C. Mimo że średnia miesięczna temperatura powietrza w sierpniu była o 0,9°C niższa od temperatury powietrza

⁹ B. Skowera, J. Puła, *Skrajne warunki pluwiometryczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000*, „Acta Agrophysica” 2004, nr 3(1), s. 171–177.

w lipcu, to w sierpniu maksymalne temperatury powietrza były o 0,5°C wyższe od lipcowych. O wyższej średniej miesięcznej temperaturze w lipcu zdecydowały temperatury minimalne, które w lipcu były o 1,4°C wyższe od minimalnych wartości w sierpniu (tabela 1).

Największe wartości średniej miesięcznej amplitudy temperatury powietrza notowano na wiosnę – w kwietniu i w maju 19,0°C, a najmniejsze w grudniu – 12,9°C.

Tabela 1. Średnie wartości temperatury powietrza w Zamościu

Temperatura	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia miesięczna	-2,5	-1,6	2,5	8,5	14,0	17,5	19,0	18,2	13,4	8,5	3,4	-0,6	8,4
Odchylenie standardowe	3,3	3,7	2,6	1,9	1,8	1,9	2,0	1,8	1,7	1,7	2,4	2,5	1,3
Maksymalna	4,5	6,5	11,8	18,8	23,2	26,4	27,3	27,8	22,4	18,1	10,7	5,4	16,9
Minimalna	-10,7	-9,1	-5,3	-0,2	4,2	8,3	10,5	9,1	5,4	0,5	-4,1	-7,5	0,1
Amplituda	15,2	15,6	17,1	19,0	19,0	18,1	16,8	18,7	17,0	17,6	14,8	12,9	16,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Średnio w roku w Zamościu notowano 572,8 mm opadów (odchylenie standardowe $S = 105,6$ mm). Największe sumy opadów występowały w miesiącach letnich głównie w czerwcu i lipcu, a najmniejsze w okresie zimowym, głównie w styczniu i lutym (tabela 2).

W ekstremalnie mokrym w Zamościu 1996 r. największe sumy opadów notowano w sierpniu – 182 mm, a najmniejsze w marcu – 15,0 mm. Również w marcu stwierdzono najmniej opadów w najsuchszym 1982 r. W tym roku najwięcej opadów wystąpiło w grudniu – 54,0 mm. Roczna różnica sumy opadów zmierzonych w roku suchym i mokrym zbliżyła się do średniej wieloletniej sumy opadów w Zamościu i wynosiła 545,0 mm (tabela 2).

Tabela 2. Sumy opadów atmosferycznych w Zamościu

Opady	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia opadów	23,9	24,2	32,1	43,3	64,4	75,6	86,3	60,0	58,8	41,6	34,3	28,4	572,8
Odchylenie standardowe	13,9	12,7	17,8	24,4	28,1	32,6	48,1	37,7	36,5	31,0	21,0	14,8	105,6

Mokry 1996	50,0	76,0	15,0	19,0	123,0	17,0	120,0	182,0	94,0	39,0	67,0	44,0	846,0
Suchy 1982	18,4	22,8	5,3	36,9	42,1	35,9	16,0	22,4	14,5	22,1	10,6	54,0	301,0
Różnica	31,6	53,2	9,7	-17,9	80,9	-18,9	104,0	159,6	79,5	16,9	56,4	-10,0	545,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Jednym ze wskaźników opisujących w obiektywny sposób warunki termiczno-wilgotnościowe jest współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (k). Wartości tego współczynnika wykorzystuje się do wyznaczenia okresu wystąpienia posuchy.

Za warunki ekstremalne przyjmuje się wartości współczynnika k , które mieszczą się w przedziałach niższych od 0,7, są to warunki skrajnie suche i bardzo suche, oraz wartości powyżej 2,5, czyli warunki bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne.

Obliczone na podstawie danych ze stacji w Zamościu średnie wieloletnie wartości współczynnika Sielianinowa wskazują, że w Zamościu w większości okresu wegetacyjnego (kwiecień–październik) występują optymalne warunki wilgotnościowe i tylko sierpień może być zaliczony do okresu dość suchego $k = 1,0$, a październik do dość wilgotnego $k = 1,7$ (tabela 3).

Tabela 3. Średnie wieloletnie wartości współczynnika Sielianinowa (k) w Zamościu w okresie wegetacji (IV–X)

Stacja/miesiąc	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Zamość	1,6	1,5	1,4	1,4	1,0	1,4	1,7

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Wyznaczone na podstawie dotychczas prowadzonych badań trend zmian wartości temperatury powietrza w kolejnych miesiącach okresu wegetacyjnego oraz zmiany wielkości i charakteru opadów atmosferycznych wskazują, że ta w miarę dobra sytuacja termiczno-wilgotnościowa obserwowana w okolicach Zamościa może ulec niekorzystnym zmianom.

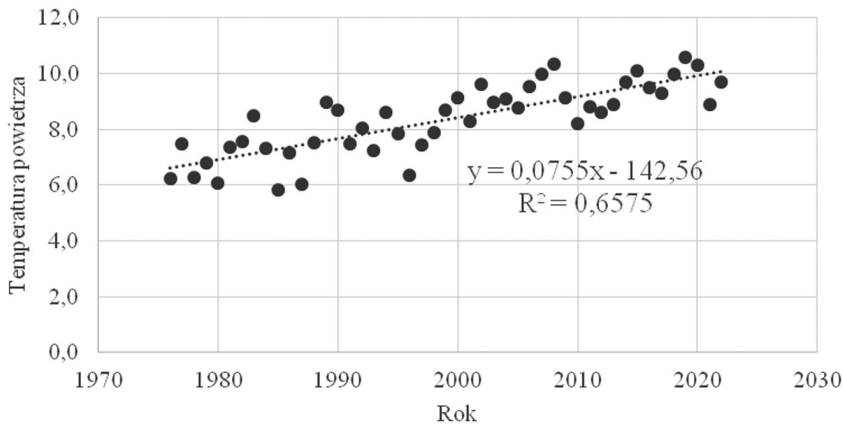
Od 1976 r. w Zamościu obserwujemy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza, który można opisać równaniem:

$$Y = 0,077x - 144,85, \text{ gdzie:}$$

y – temperatura powietrza

x – rok obserwacji.

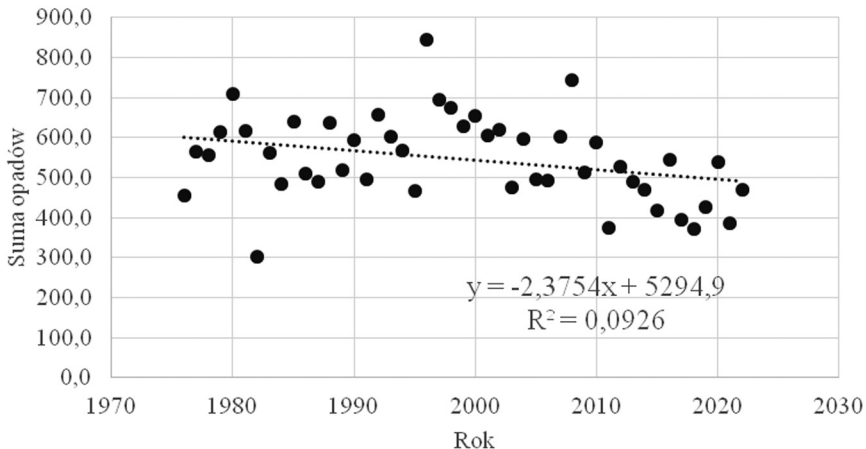
Współczynnik determinacji tego równania $R^2 = 0,66$ oznacza, że wyznaczony trend jest statystycznie istotny (współczynnik korelacji zmiennych $r = 0,82$). Równanie opisujące trend wskazuje na wzrost temperatury w każdym kolejnym roku obserwacji średnio o $0,07^\circ\text{C}$ (rys. 1).



Rysunek 1. Średnia roczna temperatura powietrza w Zamościu w latach 1976–2022

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Tak istotnego statystycznie trendu nie można wyznaczyć w przypadku opadów atmosferycznych, mimo że w ostatnich latach obserwujemy wyraźny spadek rocznej sumy opadów. W Zamościu od 2010 r. każdego roku suma opadów była poniżej 550 mm, a więc poniżej średniej wieloletniej, która wynosi 572,8 mm (rys. 2).

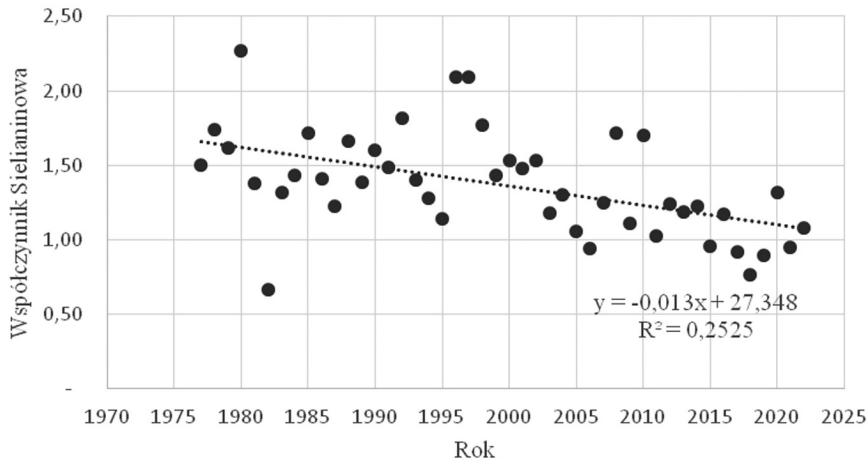


Rysunek 2. Roczna suma opadów atmosferycznych w Zamościu w latach 1976–2022

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Wzrost temperatury powietrza i spadek sum opadów atmosferycznych decyduje o coraz trudniejszych warunkach termiczno-wilgotnościowych na tym terenie w okresie wegetacji roślin. Warunki te niewątpliwie mają istotny wpływ na wielkość i jakość uzyskiwanych plonów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w analizowanym okresie wartości współczynnika Sielianinowa maleją, co można opisać równaniem: $y = -0,013x + 27,35$ (rys. 3).



Rysunek 3. Wartość współczynnika Sielianinowa w okresie wegetacji w latach 1976–2022

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznych funkcjonujących na terenie Zamościa w latach 1976–2022.

Od 2010 r., z wyjątkiem 2020 r. (którego okres wegetacyjny można określić jako optymalny z $k = 1,32$), były to sezony dość suche, a w latach 2015, 2017, 2018, 2019 i 2021 suche ($0,7 < k < 1,0$).

Podsumowanie

W związku ze stale obserwowanym na terenie południowo-wschodniej części Lubelszczyzny wzrostem wartości temperatury powietrza oraz zmianą charakteru i spadkiem sum opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym występują poważne obawy, że już w niedalekiej przyszłości może nastąpić przesuszenie gleb i stepowanie tego obszaru. Problem posuchy dotyczy nie tylko Lubelszczyzny, ale także obszarów leżących w pasie Nizin Środkowopolskich, ciągnących się od granicy zachodniej do wschodniej, dla których deficyt wody (opad – paro-

wanie) Schmuck¹⁰ oceniał na poziomie: Poznań -354mm (-354 l/m²) i Warszawa -325 mm (-325 l/m²).

Niewątpliwie taka sytuacja wpływa negatywnie na wielkość i jakość uzyskiwanych plonów roślin. Aby ją poprawić, niezbędne są różnorodne działania, których celem powinno być m.in:

- a) przeciwdziałanie zmianom klimatu,
- b) budowa obiektów retencjonujących wody opadowe,
- c) ograniczanie powierzchni nieprzepuszczalnych,
- d) racjonalne, oszczędne gospodarowanie zasobami wody,
- e) wprowadzanie do uprawy nowych, odpornych na suszę gatunków i odmian roślin.

BIBLIOGRAFIA

- Bac S., Rojek M., *Meteorologia i klimatologia*, PWN Warszawa 1981.
- Górniak A., *Recent and future soil temperature regime in the coldest part of Poland*, „Journal of Agrometeorology” 2023, nr 25(1).
- Górski T., *Modele statystyczno-empiryczne*, [w:] *Analiza stosowalności zagranicznych metod prognozowania plonów w warunkach Polski*, IUNG, Puławy 1996.
- Madany R., *Ważniejsze zagadnienia z zakresu zmian klimatu i ich konsekwencji w środowisku*, [w:] *Podstawy klimatologii stosowanej. Działy wybrane*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1999.
- Markowska J., Nowak L., *Modelowanie procesów gleba-roślina-atmosfera*, „Zeszyty Naukowe AR Wrocław” 1997, nr 313.
- Samborski A.S., *Analysis of length of wheat growing period in southeast part of the Lublin region of Poland*, „Journal of Agrometeorology” 2015, nr 17(2).
- Samborski A.S., *Agrometeorologiczne uwarunkowania pojawiania się chorób grzybowych na częściach nadziemnych pszenicy ozimej na Zamojszczyźnie w latach 1976–1995*, „Rozprawy naukowe AR w Lublinie” 2003, z. 267.
- Schmuck A., *Zarys klimatologii Polski*, PWN, Warszawa 1959.
- Skowera B., Puła J., *Skrajne warunki pluwiometryczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000*, „Acta Agrophysica” 2004, nr 3(1).
- Szewczuk C., Sugier D., Sugier P., *Możliwość uprawy roślin przemysłowych w regionie zamojskim z uwzględnieniem warunków siedliskowych*, „Acta Agrophysica” 2006, nr 8(2).

¹⁰ A. Schmuck, *Zarys klimatologii Polski*, PWN, Warszawa 1959, s. 86–90.