



Zakład Agrometeorologii, Wydział Agrobioinżynierii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Polska

* e-mail: ewelina.flis-olszewska@up.lublin.pl

DOMINIKA SKIBA , EWELINA FLIS-OLSZEWSKA *

Reakcja słonecznika bulwiastego na zmieniające się warunki termiczno-opadowe na Lubelszczyźnie

The response of the Jerusalem artichoke to changing thermal and precipitation conditions in the Lublin region

Abstrakt. W obliczu trwających zmian klimatycznych i coraz częstszych susz identyfikacja gatunków uprawnych odpornych na stres wodny stała się krytycznym celem badań. Słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.) wykazuje wysoką tolerancję na niedobór wody, co czyni go obiecującym gatunkiem w warunkach ograniczonych opadów. Celem tego badania była ocena wpływu zmieniających się warunków termicznych i opadowych na plon zielonej biomasy dwóch odmian – Albik i Rubik. Eksperyment przeprowadzono we wschodniej Polsce w latach 2020–2022, stosując układ split-split-plot z trzema powtórzeniami. Stwierdzono, że warunki meteorologiczne znacząco wpływają na poziom plonów. Wysokie temperatury powietrza i podwyższony wskaźnik dni wegetacyjnych (GDD) negatywnie wpłynęły na produkcję biomasy w obu odmianach, podczas gdy chłodniejsze i suchsze lata skutkowały zauważalnie wyższymi plonami. Najwyższe plony odnotowano w 2022 r., który był najchłodniejszym i najsuchszym z trzech badanych lat. Wyniki potwierdzają wysoką odporność słonecznika bulwiastego na suszę i mogą pomóc w optymalizacji doboru odmiany i terminu sadzenia, a także w modelowaniu potencjału plonowania w rzeczywistych i zmieniających się warunkach klimatycznych.

Słowa kluczowe: słonecznik bulwiasty, masa nadziemna, czynniki meteorologiczne, zmiany klimatyczne

Cytowanie: Skiba D., Flis-Olszewska E., 2025. Reakcja słonecznika bulwiastego na zmieniające się warunki termiczno-opadowe na Lubelszczyźnie. *Agron. Sci.* 80(2), 57–72. <https://doi.org/10.24326/as.2025.5549>

WSTĘP

Słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.) to gatunek z rodziny astrowatych (*Asteraceae*) pochodzący z Ameryki Północnej, pierwotnie uprawiany przez plemiona rdzenne kontynentu, na długo przed przybyciem Europejczyków. Jest jednym z 66 gatunków rodzaju *Helianthus* L. [Stachurska-Swakoń i in. 2022]. To roślina jednoroczna należąca do roślin typu C₃. Jej wydajność fotochemiczna jest wyższa niż wielu gatunków C₃ a porównywalna do wydajności niektórych gatunków C₄ [Rossini i in. 2019]. Cykl rozwojowy odmian wczesnych trwa 18–20 tygodni (między połową kwietnia a połową października) a odmian późnych 26–28 tygodni (od połowy kwietnia do połowy listopada) [Skiba i in. 2016]. Poszczególne klony mogą różnić się między sobą: kolorem powierzchni bulw, łodygi i liści, brzegiem i długością ogonków liści, liczbą i wielkością bulw, a także średnicą i liczbą łodyg głównych oraz odgałęzień, plonem bulw, plonem szczytowego i całkowitego plonu biomasy, średnicą kwiatu bez płatków i liczbą płatków na kwiatach [Liu i in. 2011]. Łodygi stanowią 70%, liście 20%, a kwiatostany 10% biomasy [Bogucka i Dubis 2024]. Ze względu na swoją budowę rośliny są mało odporne na oddziaływanie czynników atmosferycznych, takich jak wiatr i silne opady, które mogą przyczynić się do połamania lub wylegania roślin. Natomiast uważa się, że słonecznik bulwiasty jest rośliną mało wymagającą pod względem klimatycznym, odporną na niskie temperatury (przymrozki) i okresy suszy (okresowy brak wody), a najbardziej sprzyjająca wzrostowi i rozwojowi tego gatunku jest ciepła i wilgotna pogoda [Rolbiecki i in. 2023]. Jednym z kluczowych czynników środowiskowych prowadzących do obniżenia produktywności rolniczej i poważnych strat ekonomicznych w skali globalnej jest niedostateczna ilość wody. Rosnąca intensywność suszy, będąca konsekwencją zmian klimatycznych, stanowi istotne zagrożenie dla zrównoważonej produkcji rolniczej oraz globalnego bezpieczeństwa żywnościowego. W porównaniu z innymi stresami abiotycznymi susza wywiera najbardziej destrukcyjny wpływ na wzrost i rozwój roślin, a tym samym na plonowanie upraw [Zhao i in. 2021, Puangbut i in. 2022]. Głównym źródłem wody w glebie są opady atmosferyczne. Często dla tych samych miejscowości czynnik ten jest skrajnie zróżnicowany w latach. Opad atmosferyczny kształtuje poziom uwilgotnienia gleby [Niemczyk i in. 2007]. Jest to również uzależnione od zdolności retencyjnych danej gleby. Jednym z istotnych czynników klimatycznych jest temperatura powietrza. W gorące dni występują duże różnice między aktualnym ciśnieniem pary wodnej w atmosferze oraz tuż nad powierzchnią liści lub gleby i parowanie przebiega bardzo szybko. Temperatura powietrza, wraz z opadami atmosferycznymi i usłonecznieniem, zaliczana jest do najważniejszych, meteorologicznych czynników plonotwórczych. Istotną cechą charakteryzującą elementy meteorologiczne, w tym i temperaturę powietrza, jest ich zmienność przestrzenna i czasowa. W ostatnich latach w wielu częściach Europy zaobserwowano negatywny wpływ zmian klimatu na przebieg wegetacji roślin, tj. znaczny wzrost średniej rocznej temperatury powietrza i zmniejszenie ilości opadów [Węgrzyn 2022, Affoh i in. 2023]. Najkorzystniejsza sytuacja pod względem zaspokojenia potrzeb opadowych roślin występuje w zbożach, nieco gorsza w roślinach okopowych, do których zalicza się słonecznik bulwiasty. Reakcje roślin na stres wodny są złożone, a w przypadku wystąpienia suszy przyjmują różne mechanizmy. Wiele z nich pojawia się głównie w celu przetrwania roślin, a nie w celu uzyskania wysokiej produktywności [Puangbut i in. 2022]. Dlatego też celem tego badania jest ocena wpływu czynników meteorologicznych, takich jak suma opadów i średnia

temperatura powietrza na plony topinamburu. Jednocześnie obserwuje się potrzebę uwzględnienia w przyszłości szerszego zakresu czynników meteorologicznych przy ocenie wpływu zmian klimatycznych na plony uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2020–2022 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczego, w Felinie (woj. lubelskie), na glebie wytworzonej z piasków gliniastych, kompleksu żyniego słabego, klasy bonitacyjnej IVb. Eksperyment założono metodą podwójnie rozszczepionych jednostek eksperymentalnych (split-split-plot) w trzech powtórzeniach. Materiałem badanym były dwie polskie odmiany: Albik i Rubik. W całym okresie badań każdorazowo przedplonem słonecznika bulwiastego był rzepak ozimy, po zbiorze którego wykonano podorywkę połączoną z bronowaniem, a przed zimą – orkę przedzimową, połączoną z przyoraniem obornika, który wniesiono w dawce $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wiosną wykonano kultywatorowanie i bronowanie oraz zastosowano nawożenie mineralne. Nawozy fosforowe aplikowano w formie superfosfatu potrójnego (48%) w ilości $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, potasowe – w formie soli potasowej 60% w ilości $150 \text{ K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$, nawożenie azotem – w formie mocznika (46%) w dawce $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Bulwy *Helianthus tuberosus* L. sadzono sadzarką do ziemniaków w rozstawie $62,5 \times 40 \text{ cm}$, a średnia masa sadzeniaków wynosiła 55 g. Po wysadzeniu bulw wykonywano zabieg obsypywania. Termin sadzenia uzależniony był od przebiegu pogody, a zwłaszcza temperatur powietrza, z tego względu sadzenie w 2020 r. odbyło się 6 kwietnia, w 2021 r. – 11 kwietnia, a w 2022 r. – 16 kwietnia. Po wschodach ponownie wykonywano obredlanie połączone z wałowaniem. Zbiór masy nadziemnej wykonywano w drugiej połowie października (2020 – 19 października; 2021 – 21 października, 2022 – 26 października). Statystyczne opracowanie wyników wykonano za pomocą programu Statistica, ze szczególnym uwzględnieniem współczynnika determinacji r^2 (istotność statystyczna na poziomie 0,05 i 0,01). Istotność różnic pomiędzy średnimi charakteryzującymi badane czynniki oszacowano za pomocą testu Tuckeya na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$. Dla cech wyrażonych w procentach a będących w pobliżu 0 lub 100 zastosowano transformacje normalizujące wg transformacji logarytmicznej, a po wykonaniu obliczeń retransformowane.

WARUNKI METEOROLOGICZNE

Lublin zlokalizowany jest w zasięgu klimatu umiarkowanego przejściowego, którego cechą charakterystyczną jest duża zmienność warunków pogodowych zarówno w ciągu doby, jak i z dnia na dzień [Bartoszek 2017]. Na terenie Lubelszczyzny wyróżniono osiem regionów klimatycznych; Lublin należy do regionu zachodniej części Wyżyny Lubelskiej (IV). Roczne usłonecznienie na tym obszarze wynosi średnio 1550 godzin [Kaszewski 2008], okres wegetacyjny zaś trwa średnio 215 dni [Niedźwiedz i Limanówka 1992].

Doświadczenie prowadzono w latach 2020–2022, które charakteryzowały się zróżnicowanymi warunkami pogodowymi. We wszystkich latach zanotowano wyższe niż średnia 30-letnia (1990–2019) wartości temperatury powietrza ($8,4^\circ\text{C}$) i roczne sumy opadów (588 mm). Najcieplejszy i najbardziej wilgotny był rok 2020 (średnia roczna temperatura

powyżej 10°C, roczna suma opadów przekraczająca 745 mm), a najchłodniejszy i najsuchszy – 2021 (8,5°C, 665 mm) (tab. 1). Rok 2021 wyróżniał się także największą roczną amplitudą temperatur (ponad 25°C) oraz silnym zróżnicowaniem miesięcznych sum opadów – od 231 mm w sierpniu do 4 mm w październiku. W pozostałych latach najwyższe opady rozłożyły się równomiernie: w 2020 r. w czerwcu i wrześniu (ok. 160 mm), a w 2022 r. w lipcu i wrześniu (ok. 112 mm).

Tabela 1. Liczba dni z opadem oraz liczba dni gorących i upalnych w latach 2020–2022 w Stacji Doświadczalnej w Felinie

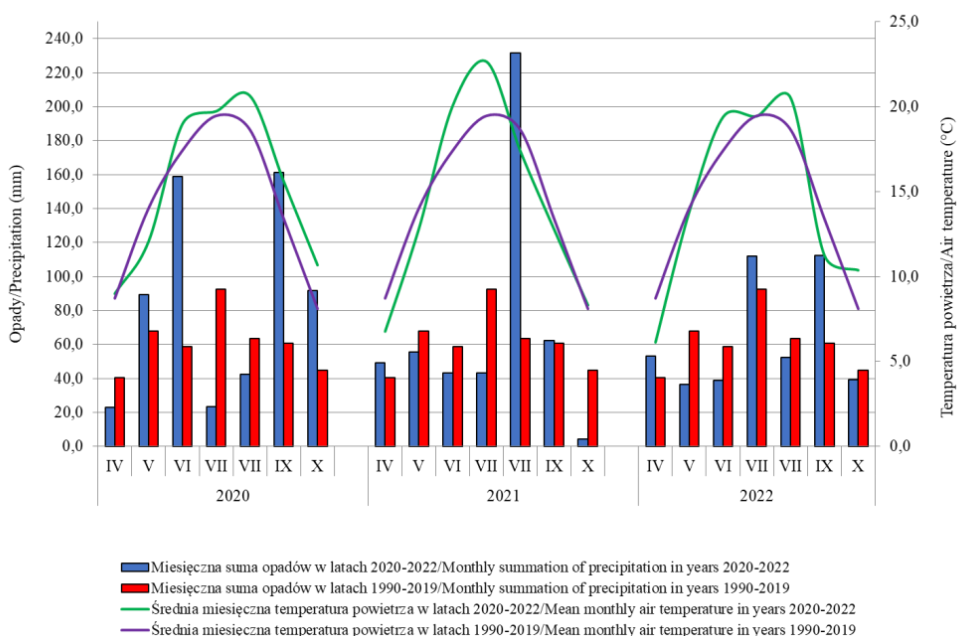
Table 1. Number of days with precipitation, days hot and extremely hot in 2020–2022 at the Experimental Station in Felin

Liczba dni z opadem Number of days with precipitation	Miesiąc/Month	2020	2021	2022
	I	10	17	18
	II	18	11	14
	III	8	7	3
	IV	1	13	13
	V	16	13	9
	VI	18	9	6
	VII	7	8	12
	VIII	10	17	4
	IX	12	9	14
	X	16	3	8
	XI	8	10	6
	XII	8	13	14
	rok/year	132	130	121
	IV–X	80	72	66
Liczba dni gorących/ Hot days number*		69	56	58
Liczba dni upalnych/ Extremely hot days number**		12	22	17
Średnia roczna temperatura powietrza Mean annual air temperature (°C)		10,1	8,5	9,0
Średnia roczna amplituda temperatury powietrza Mean annual air temperature amplitude (°C)		19,3	25,3	21,0
Roczna suma opadów Annual sum of precipitation (mm)		745,1	665,1	729,9

* Maksymalna temperatura dobową $\geq 25^{\circ}\text{C}$ / Daily maximum temperature $\geq 25^{\circ}\text{C}$

** Maksymalna temperatura dobową $\geq 30^{\circ}\text{C}$ / Daily maximum temperature $\geq 30^{\circ}\text{C}$

W przypadku uprawy topinamburu najistotniejsze są warunki meteorologiczne od momentu jego sadzenia (kwiecień) do zbioru (październik) (ryc. 1). W okresie od kwietnia do października średnia temperatura powietrza w trzech badanych latach była wyższa od średniej z tego samego okresu w latach 1990–2019; w 2020 r. temperatura była najwyższa ($15,2^{\circ}\text{C}$) i wykazywała największe odchylenie od średniej wieloletniej (o $0,9^{\circ}\text{C}$); w latach 2021 i 2022 średnia temperatura od kwietnia do października była zbliżona, tj. $14,4^{\circ}\text{C}$ (odchylenie od średniej $0,1^{\circ}\text{C}$). Najchłodniejszym miesiącem był we wszystkich trzech latach kwiecień, najcieplejszym zaś sierpień (w 2020 i 2022 r.) lub lipiec (2021 r.).



Ryc. 1. Średnia temperatura powietrza i suma opadów w okresie badawczym 2020–2022 oraz w wieloleciu 1990–2019 w Stacji Doświadczalnej w Felinie

Fig. 1. Average air temperature and rainfall in the study growing season 2020–2022 and in the multi-year period 1990–2019 at the Experimental Station in Felin

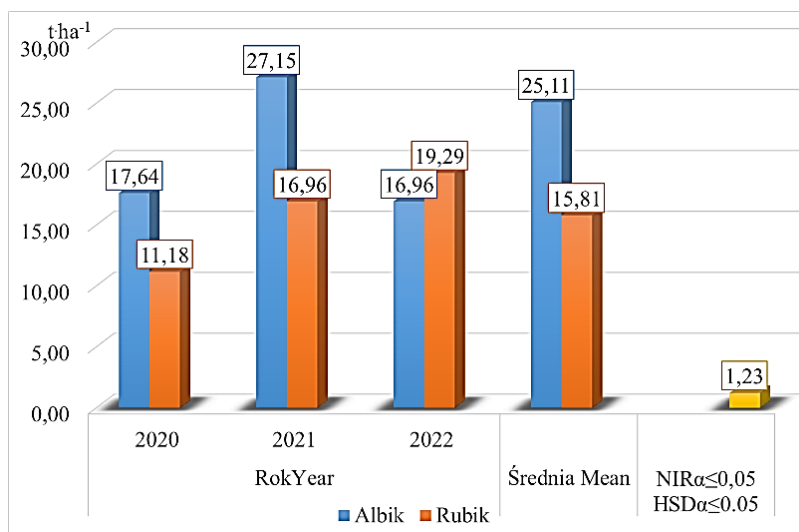
W celu oceny charakteru wilgotnościowego dla każdego z miesięcy wyznaczono kryterium suchości wg Radomskiego (tab. 2). We wszystkich trzech analizowanych latach suma opadów była wyższa niż w okresie referencyjnym 1990–2019 – największe wartości wystąpiły w 2020 r. (590 mm), zaś najmniejsze w 2022 r. (443 mm). Nierównomierny rozkład opadów w ciągu roku powodował występowanie warunków zarówno skrajnie wilgotnych (powyżej 200% normy), jak i skrajnie suchych (poniżej 25% normy). Najwięcej dni z opadami wystąpiło w 2020 r. (80 dni), najmniej w 2022 r. (66 dni). W każdym roku notowano dekady całkowicie bezopadowe.

Tabela 2. Kryterium suchości wg Radomskiego
Tabela 2. Radomski dryness criterion

Rok Year	Miesiąc Month	Suma opadów w miesiącu Total precipitation in a month (mm)	Miesięczna suma opadów Monthly precipitation (1990–2019)	% normy % of normal	Ocena miesiąca Monthly rating
2020	IV	23,0	40,6	56,7	suchy/dry
	V	89,4	67,7	132,1	wilgotny/humid
	VI	158,8	58,7	270,5	skrajnie wilgotny/ extremely humid
	VII	23,5	92,6	25,4	bardzo suchy/ very dry
	VIII	42,5	63,5	66,9	suchy/dry
	IX	161,2	60,8	265,0	skrajnie wilgotny/ extremely humid
	X	91,6	44,7	204,9	skrajnie wilgotny/ extremely humid
	Suma Sum	590,0	429	–	–
2021	IV	49,1	40,6	121,0	przeciętny/average
	V	55,7	67,7	82,3	przeciętny/average
	VI	43,2	58,7	73,6	suchy/dry
	VII	43,0	92,6	46,4	bardzo suchy/ very dry
	VIII	231,7	63,5	364,8	skrajnie wilgotny/ extremely humid
	IX	62,1	60,8	102,1	przeciętny/average
	X	4,3	44,7	9,6	skrajnie suchy/ extremely dry
	Suma Sum	489,1	429	–	–
2022	IV	53,2	40,6	131,1	wilgotny/humid
	V	36,3	67,7	53,6	suchy/dry
	VI	38,7	58,7	65,9	suchy/dry
	VII	111,8	92,6	120,8	przeciętny/average
	VIII	52,3	63,5	82,3	przeciętny/average
	IX	111,7	60,8	183,7	bardzo wilgotny/ very humid
	X	39,2	44,7	87,7	przeciętny/average
	Suma Sum	443,2	429	–	–

WYNIKI BADAŃ

Plon ogólny części nadziemnych *Helianthus tuberosus* wynosił przeciętnie 20,46 t·ha⁻¹ (tab. 3). Cechy genetyczne badanych odmian decydowały o wysokości plonu części nadziemnych. Zaobserwowano tworzenie istotnie większego plonu biomasy przez odmianę Albik. Odmiana Rubik jedynie w 2022 r. wykazywała istotnie wyższy plon niż Albik (ryc. 2).



Ryc. 2. Plon masy części nadziemnych *Helianthus tuberosus* w zależności od odmiany i lat uprawy

Fig. 2. Aboveground mass yield of *Helianthus tuberosus* by cultivar and year of cultivation

Tabela 3. Plon świeżej masy części nadziemnych *Helianthus tuberosus* (t·ha⁻¹)
Table 3. Fresh weight yield of aboveground biomass of *Helianthus tuberosus* (t·ha⁻¹)

Czynniki eksperymentu Experimental factors		Plon masy nadziemnej Aboveground mass yield
Odmiana Cultivar	Albik	25,11
	Rubik	15,81
	NIR _{0,05} /HSD _{0,05}	0,41
Lata Year	2020	14,41
	2021	22,05
	2022	24,92
	NIR _{0,05} /HSD _{0,05}	1,23
Średnia/Mean		20,46

Warunki atmosferyczne w latach badań determinowały istotnie wielkość plonu nadziemnej masy słonecznika bulwiastego. We wszystkich analizowanych latach odmiana Albik przynosiła niemal dwukrotnie wyższe plony części nadziemnej niż odmiana Rubik, jednak obydwie reagowały w podobny sposób na warunki meteorologiczne, do których możemy zaliczyć w szczególności charakterystyki termiczno-wilgotnościowe. Albik wykazywał we wszystkich przypadkach wyższe wartości współczynnika determinacji, to znaczy iż silniej reaguje na zmiany warunków meteorologicznych niż odmiana Rubik. Na wielkość plonów negatywnie wpływała m.in. wysoka średnia temperatura powietrza, zarówno średnia roczna, jak i średnia wyliczona dla okresu wzrostu topinamburu. Współczynnik determinacji między odmianami a średnią temperaturą powietrza wykazał istotne statystycznie wartości ($p < 0,05$) wynoszące 0,61 oraz 0,46, odpowiednio dla odmiany Albik i Rubik (tab. 4).

Tabela 4. Współczynnik determinacji r^2 pomiędzy odmianami topinamburu a poszczególnymi charakterystykami meteorologicznymi w latach 2020–2022

Table 4. Determination coefficient (r^2) between *Helianthus tuberosus* cultivars and individual meteorological characteristics in the years 2020–2022

Odmiana Cultivar	T_{sr} roczna T_{av} annual	T_{sr}^1 T_{av}	GDD ²	Suma opadów ¹ Total precipitation ¹	Średnia Mean T_{max}^2	Średnia Mean T_{min}^2
Albik	0,48*	0,61*	0,88°	0,66**	0,47*	0,59*
Rubik	0,34°	0,46*	0,87°	0,5*	0,35°	0,45*

¹ Wartości dla okresu kwiecień–październik; ² Wartości w okresie od sadzenia do zbioru (GDD – growing degree days); ° wynik nieistotny statystycznie; * wynik istotny statystycznie na poziomie $p < 0,05$; ** wynik istotny statystycznie na poziomie $p < 0,01$

¹ Values for April–October period; ² Values from planting to harvest (GDD – growing degree days); ° statistically non-significant result; * statistically significant result at $p < 0.05$; ** statistically significant result at $p < 0.01$

Najniższe plony zanotowano w 2020 r., który był rokiem najcieplejszym, ze średnią roczną temperaturą 10,1°C oraz średnią temperaturą powietrza w okresie kwiecień–październik wynoszącą 15,2°C. W dwóch kolejnych latach średnia temperatura powietrza w okresie kwiecień–październik była jednakowa – wynosiła 14,4°C – jednak mimo to wystąpiła różnica w wielkości zbiorów (tab. 3). W początkowym okresie rozwoju topinamburu (kwiecień–czerwiec) warunki termiczne w latach 2021 i 2022 były homologiczne względem siebie (różnice poniżej 1°C), jednak już od lipca zauważalne było ich znaczne zróżnicowanie. Lipiec w 2021 r. był o ponad 3°C cieplejszy niż lipiec w 2022 r., natomiast w sierpniu wystąpiła sytuacja odwrotna – to sierpień w 2022 r. był o ponad 3°C cieplejszy niż sierpień rok wcześniej. Warto zaznaczyć, iż w sierpniu 2021 r. odnotowano wyjątkowo niską średnią temperaturę powietrza (17,4°C). W 30-letnim okresie 1990–2019 tylko w nielicznych przypadkach sierpień był chłodniejszy. Co więcej, w ostatniej dekadzie tego okresu (2010–2019) nie wystąpił ani jeden sierpień chłodniejszy niż w 2021 r. Ponadto w tym samym roku (2021) wystąpiły największe wahania średnich miesięcznych

wartości temperatury powietrza w okresie kwiecień–październik. Być może były to jedne z czynników termicznych, które były powodem mniejszych plonów nadziemnej masy topinamburu w 2021 r. w stosunku do 2022 r.

Podobnie jak w przypadku średniej temperatury powietrza wysokie wartości sumy temperatur GDD w okresie od sadzenia do zbioru nie sprzyjały plonowaniu topinamburu – najwyższe GDD notowano w 2020 r. (3113°C), kiedy obie odmiany przyniosły najniższe plony. Najniższa suma temperatury wystąpiła w 2021 r. (2936°C), jednak to w kolejnym roku, o nieco wyższych wartościach GDD (2953°C), uzyskano najwyższe plony. Prawdopodobnie rok 2021 był dla analizowanych odmian zbyt chłodny (najniższa średnia roczna temperatura powietrza wynosząca 8,5°C) i ilość dostarczonego ciepła była zbyt mała do optymalnego plonowania. Współczynnik determinacji r^2 dla sumy temperatury w okresie kwiecień–październik był dosyć wysoki: 0,88 dla odmiany Albik oraz 0,87 dla odmiany Rubik (tab. 4), chociaż nie był istotny statycznie.

Analizie poddano również średnie wartości temperatury maksymalnej i minimalnej w okresie od sadzenia do zbioru w poszczególnych latach. Zaobserwowano, iż temperatura minimalna miała większy wpływ na plonowanie topinamburu niż temperatura maksymalna. Współczynnik determinacji w przypadku temperatury minimalnej był istotny statystycznie ($p < 0,05$) i wynosił 0,59 dla odmiany Albik oraz 0,45 dla odmiany Rubik. Wartości współczynnika determinacji dla temperatury maksymalnej były niższe i w przypadku odmiany Rubik nieistotne statystycznie (tab. 4). Topinambur jest tolerancyjny na spadki temperatury powietrza poniżej 0°C, gdyż rok o najwyższych plonach, tj. 2022, charakteryzował się najniższą średnią wartością temperatury minimalnej w okresie dojrzewania roślin (8,3°C), w przeciwieństwie do roku 2020 o najsłabszym plonowaniu, w którym temperatura minimalna była najwyższa spośród analizowanych lat (9,7°C). Dla badanych odmian Albik i Rubik wysoka temperatura maksymalna w 2020 r., a tym samym duża liczba dni gorących i upalnych, były czynnikami hamującymi rozwój topinamburu i zmniejszającymi wielkość plonów masy nadziemnej.

Oprócz czynników termicznych na rozwój roślin znaczący wpływ mają czynniki wilgotnościowe, takie jak suma opadów. Analizowane lata różniły się znacząco pod tym względem, zarówno na przestrzeni całego roku, jak i w samym okresie rozwoju topinamburu, tzn. od kwietnia do października (ryc. 1). W 2020 r. między kwietniem a październikiem zanotowano największą liczbę dni z opadem (80), a tym samym największe sumy opadów, wynoszące 590 mm oraz najwięcej miesięcy o charakterze skrajnie wilgotnym, jednak był to rok o najniższych plonach dla obu odmian topinamburu. Najwyższe plony masy nadziemnej wystąpiły w 2022 r., który był najbardziej suchy i o najmniejszej liczbie dni z opadem (66 dni) – suma opadów w okresie rozwoju rośliny wyniosła wówczas 444 mm, zaś większość miesięcy miała charakter przeciętny lub suchy (tab. 2). W 2021 r. wystąpiła umiarkowana ilość opadów w okresie dojrzewania roślin (489 mm), jednak były one bardzo nierównomiernie rozłożone – prawie połowa z tej sumy opadów wystąpiła tylko w jednym miesiącu, sierpniu (232 mm), stanowiąc ponad 360% normy. Pozostałe miesiące natomiast miały charakter od skrajnie suchego po przeciętny. Tak duże dysproporcje mogły przyczynić się do niższych plonów w 2021 r. w stosunku do 2022 r. Współczynnik determinacji w przypadku opadów dla odmiany Albik wynosi 0,66 (istotność statystyczna na poziomie $p < 0,01$), zaś dla odmiany Rubik 0,5 (istotność statystyczna na poziomie $p < 0,05$) (tab. 4).

DYSKUSJA

Słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.) to wszechstronna roślina, która może dostosować się do różnych warunków klimatycznych. Dobrze plonuje w zakresie temperatur 16,5–18,0°C (średnia roczna temperatura) i 29,4–31,6°C (maksymalna temperatura najcieplejszego miesiąca) oraz sezonowości opadów na poziomie 50-60% [Zhao i in. 2022]. Uprawa słonecznika bulwiastego na początku pory deszczowej, przy wysokich temperaturach i długich fotoperiodach, skutkuje większym plonem biomasy [Puangbut i in. 2015]. Gatunek ten jest stosunkowo odporny na suszę, a jego współczynnik wykorzystania wody wynosi 1,1–1,9 g suchej masy na 1 kg wody [Sawicka i in. 2021]. Można stwierdzić, że plon biomasy nadziemnej topinamburu zależy od kombinacji czynników genetycznych, agronomicznych i środowiskowych. Optymalne nawożenie, odpowiedni dobór odmiany i właściwe zarządzanie nawadnianiem są kluczowe dla maksymalizacji produkcji biomasy. Plon biomasy nadziemnej topinamburu waha się zazwyczaj od 13 do 17 t·ha⁻¹ przy różnych źródłach azotu, w tym nawozach syntetycznych i międzyplonach roślin strączkowych [Epie i in. 2018]. W niektórych badaniach odnotowano plony sięgające 22,7 t·ha⁻¹ [Matías i in. 2013]. W przeprowadzonym badaniu średni plon części nadziemnych *Helianthus tuberosus* kształtował się na poziomie 20,46 t·ha⁻¹. Odmiana Albik najwyższy plon uzyskała w 2021 r., zaś Rubik w 2022. Wskazuje to, iż odmiany istotnie odmiennie reagowały na warunki pogodowe w okresie wegetacji. Różne genotypy topinamburu wykazują różne poziomy tolerancji na suszę, co wpływa na ich biomasę nadziemną, a także na zwiększoną efektywność wykorzystania wody (WUE). Genotypy o wyższej WUE w warunkach suszy mają tendencję do utrzymywania większej biomasy nadziemnej [Puangbut i in. 2017, Puangbut i in. 2022].

Badania nad dwoma odmianami topinamburu prowadzono na obszarze Polski wschodniej w okresie kwiecień–październik w latach 2020–2022, w których średnia roczna temperatura powietrza wahała się od 8,5 do 10,1°C. Warunki termiczne mieściły się w optymalnym zakresie uprawy topinamburu, za jaki uznaje się średnią roczną temperaturę powietrza między 6°C a 26°C [Kays i Nottingham 2008]. Okres wegetacyjny roślin trwał 193 dni w 2020 r. oraz 190 dni w dwóch kolejnych latach, co pokrywa się z tempem rozwoju innych europejskich odmian topinamburu, które w zależności od grupy wczesności potrzebują od 18 do ponad 29 tygodni [Kokcis i in. 2007, Skiba i in. 2016]. W cieplejszych strefach klimatycznych, takich jak strefa tropikalna, topinambur od momentu sadzenia do stanu dojrzałości potrzebuje zazwyczaj 15–16 tygodni, chociaż niektóre badania pokazują mniejszą liczbę dni, np. 104–116 dni na obszarze Tajlandii [Puttha i in. 2011].

Warunki meteorologiczne odgrywają znaczną rolę w uprawie topinamburu [Sawicka i in. 2021], gdyż wpływają na tempo rozwoju rośliny oraz wielkość plonów zarówno części podziemnej w postaci bulw, jak i nadziemnej w formie zielonej lub suchej masy. Spośród trzech analizowanych lat rok 2020 charakteryzował się najwyższą średnią roczną temperaturą powietrza (10,1°C) oraz najwyższą temperaturą w okresie dojrzewania topinamburu (15,2°C), czego skutkiem były najniższe plony zarówno odmiany Albik, jak i Rubik. Negatywny wpływ wysokiej temperatury powietrza na plony nadziemnej masy topinamburu został zaobserwowany również w innych badaniach tych samych odmian – w latach 2016–2018 prowadzono prace we wschodniej [Skiba i in. 2023] i w północnej części Polski [Wierzbowska i in. 2021]. W obydwu przypadkach najwyższe plony części nadziemnej odmiany Rubik zostały zaobserwowane w 2018 r., który był rokiem

najchłodniejszym spośród trzech analizowanych; odmiana Albik plonowała na wschodzie podobnie jak odmiana Rubik, tj. najlepiej w roku 2018, jednak na północy kraju wyższe plony nadziemnej masy uzyskano w 2017 r., przy jednoczesnym niskim plonowaniu bulw tej odmiany.

W niniejszych badaniach obie odmiany topinamburu zostały posadzone w kwietniu we wszystkich latach, co jak wskazują Černiauskiene i in. [2018], jest optymalnym terminem sadzenia odmiany Rubik w klimacie umiarkowanym na przykładzie Litwy – w przypadku odmiany Albik plony z sadzenia marcowego były również wysokie, ale jeszcze bardziej korzystne zanotowano w wyniku sadzenia w listopadzie, w przeciwieństwie do rozpoczynania uprawy np. w kwietniu. Uprawa topinamburu jest możliwa również w klimatach gorących, np. tropikalnych, jednak zazwyczaj przynosi ona niższe plony [Kays i Nottingham 2008]. Negatywny wpływ wysokiej temperatury powietrza na uprawę topinamburu w cieplejszym klimacie zauważyli również Ibrahim [2017] oraz Abdel-Hamid i in. [2022] – badania na terenie Egiptu wykazały, iż topinambur posadzony w chłodniejszych miesiącach, np. w kwietniu, przynosi wyższe plony bulw, ma większą zawartość suchej masy, a rośliny są wyższe niż rośliny posadzone w maju lub czerwcu, kiedy temperatura powietrza w dzień sięga 35°C. W Tajlandii wysoka temperatura powietrza powodowała spadek wartości współczynnika plonowania HI (ang. harvest index) [Puttha 2011], a najwyższe plony topinamburu występowały na obszarze badawczym o najniższej temperaturze maksymalnej i minimalnej [Pimsaen i in. 2010]. We Włoszech zauważono dodatkowo, iż wysoka temperatura liści (przekraczająca 33°C) znacząco ogranicza fotosyntezę [Monti i in. 2005].

Temperatura powietrza ma znaczący wpływ na uprawę, jednak również istotna jest długość dnia, tzw. fotoperiod, oraz suma temperatur, nazywana GDD, powyżej 0°C [Ruttanaprasert i in. 2013]. Wysokie wartości sumy temperatury (3113°C) w okresie od sadzenia do zbioru topinamburu negatywnie wpłynęły na wielkość plonów w niniejszych badaniach. Odmiany Albik i Rubik wykazały najwyższe plony masy nadziemnej dla wartości GDD równej 2953°C, a nieznacznie niższe przy GDD równej 2936°C. Niektóre europejskie odmiany topinamburu wykazują podobne cechy i również lepiej plonują przy niższych wartościach GDD, np. wczesna odmiana Bianka, jednak inne przynoszą wyższe plony biomasy nadziemnej przy wysokiej sumie temperatur, np. odmiana Violet de Rennes [Kocsis i in. 2007]. We Włoszech najwyższe wartości suchej masy liści zaobserwowano przy jeszcze niższych wartościach GDD (w granicach 1300°C), w przeciwieństwie do najwyższych plonów bulw topinamburu, które do optymalnego wzrostu potrzebowały ponaddwukrotnie wyższej sumy temperatur [Monti 2005]. Wniosek ten potwierdziły również badania prowadzone w Austrii, które wykazały, iż bulwy topinamburu rozwijają się lepiej i przynoszą większe plony przy wysokich wartościach GDD, w większości przekraczających wartość 3500°C [Kocsis i in. 2007]. Odwrotne wyniki uzyskano w uprawach topinamburu w strefie tropikalnej, gdzie niskie wartości sumy temperatur wiązały się ze znacznym przyspieszeniem dojrzewania części podziemnej topinamburu i wzrostem wielkości jego plonów [Paungbut i in. 2015], zaś wysokie GDD powodowało wzrost liczby bulw, ale o mniejszej masie, tym samym obniżając zbiór [Ruttanaprasert i in. 2013].

Niektóre odmiany topinamburu wykazują stosunkowo wysoką tolerancję na suszę [Ruttanaprasert i in. 2014], podobnie jak analizowane odmiany Albik i Rubik, których najwyższe plony wystąpiły w roku najbardziej suchym, o sumie opadów w okresie rozwoju roślin równej 444 mm – rok najbardziej wilgotny (590 mm) charakteryzował się natomiast najmniej korzystnym zbiorem. Odmiana Rubik przyniosła najwyższe plony

suchej masy nadziemnej w roku najbardziej suchym również w ramach badań prowadzonych w latach 2010–2012 w Polsce Południowo-Wschodniej, jednak w przypadku odmiany Albik uzyskano wówczas odwrotne wyniki, gdyż plonowała ona najkorzystniej w roku o bardzo wysokiej sumie opadów [Szpunark-Krok i in. 2016]. W warunkach tropikalnych długotrwała susza prowadzi do zmniejszenia powierzchni liści i spadku produkcji biomasy [Puangbut i in. 2017], obniżając plony bulw od 47% do nawet 68% [Chaimala i in. 2023], ale jednocześnie powoduje wzrost współczynnika plonowania [Ruttanaprasert i in. 2025].

Bogucka i in. [2021] wykazali, iż dodatkowe nawadnianie upraw topinamburu na obszarze północno-wschodniej Polski zwiększyło plon świeżej masy naziemnej o 42% oraz plon bulw o niemal 60%. Wyraźny wpływ nawadniania na plony biomasy zarówno podziemnej, jak i nadziemnej zaobserwowano także podczas badań prowadzonych w Chinach [Kai i in. 2016]. Dodatkowa irygacja upraw topinamburu we Włoszech powodowała przyspieszenie wzrostu części nadziemnej wyłącznie w początkowym etapie rozwoju, zaś w późniejszych fazach silniej wpływała na rozwój bulw i zwiększenie ich masy [Monti i in. 2005]. Baldini i in. [2006] stwierdzili natomiast, iż nadmiar wody w postaci wysokich sum opadów oraz dodatkowe nawadnianie obniżają wielkość plonów bulw topinamburu. Pimsaen i in. [2010] do warunków niesprzyjających rozwojowi *Helianthus tuberosus* L., oprócz nadmiaru opadów, zaliczyli również ich niedobór. Podobne wnioski zaprezentowali Zorić i in. [2016], zaznaczając, iż nadmiar wody ma o wiele większy wpływ na spadek liczby bulw niż susza.

Uprawa zróżnicowanych odmian topinamburu możliwa jest zarówno w klimacie umiarkowanym, jak i tropikalnym z uwagi na jego dużą odporność na różnorodne warunki meteorologiczne, jednak tak samo jak w przypadku wszystkich pozostałych upraw dużym zagrożeniem dla rozwoju *Helianthus tuberosus* L. są postępujące zmiany klimatyczne. W Polsce widoczny jest wyraźny trend wzrostowy średniej rocznej temperatury powietrza. Przewiduje się, iż wraz z prognozowanym wzrostem temperatury powietrza, przy utrzymującej się ilości opadów, wzrośnie zapotrzebowanie topinamburu na wodę, średnio o 9% w przypadku Polski (region Kujawy) w latach 2021–2050 [Rolbiecki i in. 2023]. W obliczu takich zmian uprawa odmian topinamburu Albik i Rubik może być jednym z elementów adaptacji do nowych warunków klimatycznych ze względu na ich zdolność do osiągnięcia wysokich plonów w latach o małych opadach atmosferycznych.

PODSUMOWANIE

Na podstawie trzyletnich badań polowych nad słonecznikiem bulwiastym, można sformułować następujące wnioski.

1. Plon ogólny części nadziemnych topinamburu wynosił przeciętnie $20,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był on istotnie modyfikowany przez cechy genetyczne oraz warunki pogodowe.
2. Topinambur wykazuje dużą odporność na suszę i niskie sumy opadów w okresie wegetacyjnym, ale niekoniecznie dobrze plonuje przy wysokiej temperaturze powietrza:
3. Wysoka temperatura powietrza i wysokie wartości GDD (growing degree days) nie sprzyjały tworzeniu nadziemnej masy słonecznika bulwiastego.
4. Temperatura minimalna miała większy wpływ na kształtowanie się wielkości plonów niż temperatura maksymalna (wyższy współczynnik determinacji r^2).

5. Genotypy topinamburu różnią się pod względem odporności na zmieniające się warunki klimatyczne, zatem dobór odmian *Helianthus tuberosus* L. pod względem odporności na suszę jest istotnym zagadnieniem w kontekście zmian klimatycznych i rosnącej częstotliwości ekstremalnych warunków pogodowych.

6. Wysoka odporność na deficyt wody ma kluczowe znaczenie dla stabilności plonowania oraz efektywności wykorzystania zasobów wodnych w agroekosystemach.

7. Uzyskane wyniki mogą stanowić cenny wkład w dalsze badania, przyczyniając się do poprawy szacunków wpływu zmian klimatycznych na dobrobyt gospodarczy, a także mogą umożliwić prognozowanie plonów rolnych w czasie rzeczywistym.

PIŚMIENNICTWO

- Abdel-Hamid M.S., Hamouda R.A.F., Abd E-A. H., Badawy G.A., 2022. Distinctive application of the consortium of *Chlorella vulgaris* and *Anabaena oryzae* Toward different planting dates and climate change on Jerusalem artichoke yield. J. Plant. Growth Regul. 41, 479–493. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10309-2>
- Affoh R., Zheng H., Zhang X., Yu W., Qu C., 2023. Influences of meteorological factors on maize and sorghum yield in Togo, West Africa. Land 12(1), 123. <https://doi.org/10.3390/land12010123>
- Baldini M., Danuso F., Monti A., Amaducci M.T., Stevanato P., DeMastro G., 2006. Chicory and Jerusalem artichoke productivity in different areas of Italy, in relation to water availability and time of harvest. Ital. J. Agron. 2, 291–307. <https://doi.org/10.4081/ija.2006.291>
- Bartoszek K., 2017. Relacje między cyrkulacją atmosferyczną a sezonową temperaturą powietrza na obszarze Lubelszczyzny. Ann. UMCS, Sectio B 72 (1), 33–45. <https://doi.org/10.17951/b.2017.72.1.33>
- Bogucka B., Dubis B., 2024. The quality of Jerusalem artichoke biomass harvested twice during the growing season in North-Eastern Poland. Energies 17, 4008. <https://doi.org/10.3390/en17164008>
- Bogucka B., Pszczółkowska A., Okorski A., Jankowski K., 2021. The effects of potassium fertilization and irrigation on the yield and health status of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Agronomy 11, 234. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020234>
- Černiauskienė J., Kulaitienė J., Jarienė E., Danilčenko H., Žaldarienė S., Jeznach M., 2018. Relationship between harvesting time and carbohydrate content of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 17, 41–48. <https://doi.org/10.24326/asphc.2018.3.4>
- Chaimala A., Jogloy S., Vorasoot N., Holbrook C.C., Kvien C.K., 2023. The roles of net photosynthetic rate and transpiration efficiency on economic yield of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) genotypes under different drought durations during the terminal growth stages. Agronomy 13, 1882. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071882>
- Epie K.E., Santanen A., Mäkelä P.S., Stoddard F., 2018. Fertilizer and intercropped legumes as nitrogen source for Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tops for bioenergy. Agric. Food Sci. 27(3), 199–205. <https://doi.org/10.23986/afsci.70110>
- Ibrahim N., 2017. Influence of different planting dates in both summer and fall seasons on growth and yield on Jerusalem artichoke plants. Middle East J. Agric. Res. 6(2), 252–263. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2017/252-263.pdf>
- Kai G., Tie-Xia Z., Qi-Bing W., 2016. Nitrogen fertilization, irrigation, and harvest times affect biomass and energy value of *Helianthus tuberosus* L. J. Plant Nutr. 39, 1906–1914. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1189938>
- Kaszewski B.M., 2008. Warunki klimatyczne Lubelszczyzny. Wyd. UMCS, Lublin.

- Kays S.J., Nottingham S.F., 2008. Biology and chemistry of Jerusalem Artichoke *Helianthus tuberosus* L. CRC Press Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW.
- Kocsis L., Kaul H.-P., Praznik W., Liebhard P., 2007. Influence of harvest date on shoot and tuber yield of different Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars in the semiarid production area of Austria. *Pflanzenbauwissenschaften* 11 (2), 67–76.
- Liu Z.-X., Han L.-P., Yosef S., Xie G.H., 2011. Genetic variation and yield performance of Jerusalem artichoke germplasm collected in China. *Agr. Sci. China* 10(5), 668–678. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60049-7](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60049-7)
- Matías J., González J., Cabanillas J., Royano L., 2013. Influence of NPK fertilisation and harvest date on agronomic performance of Jerusalem artichoke crop in the Guadiana Basin (Southwestern Spain). *Ind. Crops Prod.* 48, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.010>
- Monti A., Amaducci M.T., Venturi G., 2005. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *Eur. J. Agron.* 23, 136–145 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.11.001>
- Niedźwiedz T., Limanówka D., 1992. Termiczne pory roku w Polsce. *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.* 90, 53–69.
- Niemczyk H., Kowalska B., Majewski G., 2007. Kształtowanie się aktualnej wilgotności gleby w zależności od ilości opadów atmosferycznych i temperatury powietrza. *Nauka Inż. Kszt. Środ.* 3(15), 11–18.
- Paungbut D., Jogloy S., Vorasoot N., Patanotha A., 2015. Growth and phenology of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Pak. J. Bot.* 47(6), 2207–2214.
- Pimsaen W., Jogloy S., Suriarn B., Kesmala T., Pensuk V., Patanothai A., 2010. Genotype by environment (G × E) interaction for yield components of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Asian J. Plant Sci.* 9, 11–19. <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.11.19>
- Puangbut D., Jogloy S., Vorasoot N., Holbrook C.C., Patanothai A., 2015. Responses of inulin content and inulin yield of Jerusalem artichoke to seasonal environments. *Int. J. Plant Prod.* 9(4), 599–608.
- Puangbut D., Jogloy S., Vorasoot N., Songsri P., 2022. Photosynthetic and physiological responses to drought of Jerusalem artichoke genotypes differing in drought resistance. *Agric. Water Manag.* 259, 107252, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107252>
- Puangbut D., Jogloy S., Vorasoot N., 2017. Association of photosynthetic traits with water use efficiency and SPAD chlorophyll meter reading of Jerusalem artichoke under drought conditions. *Agric. Water Manag.* 188, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.04.001>
- Puttha R., Jogloy S., Wangsomnuk P., Srijaranai S., Kesmala T., Patanothai A., 2011. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica* 183, 119–131. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-011-0520-0>
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Kuśmierk-Tomaszewska R., Żarski J., Jagosz B., Kasperska-Wołowicz W., Sadan H., Łangowski A., 2023. Influence of forecast climate changes on water needs of Jerusalem artichoke grown in the Kuyavia Region in Poland. *Energies* 16(1), 533. <https://doi.org/10.3390/en16010533>
- Rossini F., Provenzano M.E., Kuzmanović L., Ruggeri R., 2019. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): a versatile and sustainable crop for renewable energy production in Europe. *Agronomy* 9, 528. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090528>
- Ruttanapraser R., Banterng P., Jogloy S., Vorasoot N., Kesmala T., Kanwar R., Holbrook C., Patanothai A., 2014. Genotypic variability for tuber yield, biomass, and drought tolerance in Jerusalem artichoke germplasm. *Turk. J. Agric. For.* 38, 570–580. <https://doi.org/10.3906/TAR-1310-43>

- Ruttanaprasert R., Jogloy S., Vorasoot N., Kesmala T., Kanwar R.S., Holbrook C.C., Patanothai A., 2013. Photoperiod and growing degree days effect on dry matter partitioning in Jerusalem artichoke. *Int. J. Plant Prod.* 7, 393–416.
- Ruttanaprasert R., Jogloy S., Kaewkhieo-Ngam T., Janket A., Puttha R., Aninbon C., 2025. Impact of mid-season drought on tuber yield, biomass, harvest index, and water-use efficiency of Jerusalem artichoke in tropical regions. *Agronomy* 15, 395. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020395>
- Sawicka B., Danilčenko H., Jariene E., Skiba D., Rachoń L., Barbaś P., Pszczółkowski P., 2021. Nutritional value of Jerusalem Artichoke Tubers (*Helianthus tuberosus* L.) grown in organic system under Lithuanian and Polish conditions. *Agriculture* 11(5), 440. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050440>
- Skiba D., Sawicka B., Kiełtyka-Dadasiewicz A., 2016. Możliwość uprawy *Helianthus tuberosus* na cele energetyczne. W: Zdunek B., Olszówka M. (red.), *Alternatywne źródła energii – wybrane zagadnienia*. Wyd. Nauk. Tygiel, Lublin, 112–123, ISBN 978-83-65598-11-0
- Skiba D., Jariene E., Barbaś P., Krochmal-Marczak B., Sawicka B., 2023. The effect of fertilization on the structure of the aboveground biomass of several cultivars of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Agronomy* 13, 314. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020314>
- Stachurska-Swakoń A., Rakowska R., Klich S., 2022. Weed communities of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivation. *Ann. Univ. Paedagog. Cracov. Studia Nat.* 7, 23–39. <https://doi.org/10.24917/25438832.7.2>
- Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Grochowska S., Buczek J., 2016. Yield of the aboveground parts and tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) depending on plant density. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 15(3), 69–78.
- Węgrzyn A., Klimek-Kopyra A., Dacewicz E., Skowera B., Grygierzec W., Kulig B., Flis-Olszewska E., 2022. Effect of Selected Meteorological Factors on the Growth Rate and Seed Yield of Winter Wheat. A Case Study. *Agronomy* 12(12), 2924. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122924>
- Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Bogucka B., 2021. The effect of nitrogen fertilization on yield and macronutrient concentrations in three cultivars of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Agronomy* 11, 2161. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112161>
- Zhao D., Yin F., Ashraf T., Yuan Z., Ye L., 2022. Evaluation of marginal land potential and analysis of environmental variables of Jerusalem artichoke in Shaanxi Province, China. *Front. Environ. Sci.* 10, 837947. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.837947>
- Zhao M., Ren Y., Wei W., Yang J., Zhong Q., Li Z., 2021. Metabolite analysis of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) seedlings in response to polyethylene glycol-simulated drought stress. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 3294. <https://doi.org/10.3390/ijms22073294>
- Zorić M., Terzić S., Sikora V., Brdar-Jokanovic M., Vassilev D., 2016. Effect of environmental variables on performance of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars in a long term trial: a statistical approach. *Euphytica* 213, 23. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1819-7>

Abstract. In the face of ongoing climate change and the increasing frequency of droughts, the identification of crop species tolerant to water stress has become a critical research focus. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) exhibits a high tolerance to water deficiency, making it a promising species under limited precipitation conditions. The objective of this study was to assess the impact of variable thermal and precipitation conditions on the yield of green biomass of two cultivars

– Albik and Rubik. The experiment was conducted in eastern Poland between 2020 and 2022 using a split-split-plot design with three replications. Meteorological conditions were found to significantly affect yield levels. High air temperatures and elevated growing degree days (GDD) negatively influenced biomass production in both cultivars, whereas cooler and drier years resulted in notably higher yields. The highest yields were recorded in 2022, which was the coolest and driest of the three years studied. The results confirm the strong drought tolerance of Jerusalem artichoke and may support the optimization of cultivar selection and planting dates, as well as the modeling of yield potential under real and changing climatic conditions.

Keywords: Jerusalem artichoke, green biomass, meteorological conditions, climate change

Otrzymano/Received: 23.05.2025
Zaakceptowano/Accepted: 5.07.2025
Opublikowano/Published: 8.09.2025