



UNIwersytet  
PRZYRODniczy  
WE WROcŁAWIU

WYDZIAŁ  
PRZYRODniczo-TECHNOLOGICZNY

**mgr inż. Beata Kaliska**

**Możliwości uprawy soi (*Glycine max* (L.) Merrill) w warunkach  
siedliskowych północnej Polski  
Possibilities of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivation  
in the environmental conditions of Northern Poland**

**Praca doktorska**

**wykonana pod kierunkiem promotorów:**

**dr hab. Bernarda Gałki, prof. UP**

**prof. dr hab. dr h.c. mult. Andrzeja Koteckiego**

Wrocław 2022

## *Podziękowania*

*Składam serdeczne podziękowania i wyrazy uznania Promotorowi  
Panu Prof. dr hab. dr h.c. mult. Andrzejowi Koteckiemu  
za pracę włożoną w kształt niniejszej rozprawy doktorskiej.*

*Szanowny Panie Profesorze, jestem głęboko wdzięczna  
za okazaną na każdym etapie pisania pracy cierpliwość, ogromną życzliwość  
i nieocenioną pomoc.*

*Serdeczne podziękowania składam  
Panu dr hab. Bernardowi Galce, prof. UP  
za merytoryczną pomoc oraz życzliwość  
i wszelkie gesty sympatii podczas realizacji niniejszej pracy.*

*W sposób szczególny pragnę wyrazić swoją wdzięczność  
Panu prof. dr hab. Edwardowi S. Gackowi  
za zmotywowanie mnie do zgłębienia tematyki roślin bobowatych, a zwłaszcza soi,  
za zaangażowanie i wszelką pomoc podczas narodzin mojej pracy doktorskiej,  
za słowa otuchy oraz wsparcie udzielone podczas realizacji niniejszej rozprawy.*

*Serdecznie podziękowania kieruję do  
Pana Prof. dr hab. Henryka Bujaka, Dyrektora COBORU,  
za wyrażenie zgody na napisanie niniejszej pracy, za ogromną życzliwość,  
za wszystkie cenne uwagi oraz wszelką pomoc.*

*Członkom Rodziny i Przyjaciółom,  
których nie wymieniam z imienia i nazwiska, a którzy w jakikolwiek sposób  
pomogli mi w pisaniu rozprawy doktorskiej składam serdeczne podziękowania.*

*Dziękuję za cenne rozmowy, kibicowanie, słowa otuchy  
oraz nigdy niegasnącą wiarę we mnie.*

*Beata Kaliska*

## SPIS TREŚCI

### ABSTRACT

I. WSTĘP.....	9
II. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA.....	13
III. CEL I ZAKRES BADAŃ.....	30
IV. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ.....	31
V. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ.....	41
V.1. Warunki fizjograficzne i glebowe.....	41
1.1. Białogard.....	41
1.2. Chrzastowo.....	44
1.3. Głębokie.....	47
1.4. Karzniczka.....	49
1.5. Krzyżewo.....	51
1.6. Marianowo.....	53
1.7. Nowa Wieś Ujska.....	55
1.8. Radostowo.....	57
1.9. Świebodzin.....	60
1.10. Wróćkowo.....	62
1.11. Syntetyczna analiza środowisk glebowych.....	64
V. 2. Warunki pogodowe.....	80
2.1. Białogard.....	80
2.2. Chrzastowo.....	83
2.3. Głębokie.....	86
2.4. Karzniczka.....	89
2.5. Krzyżewo.....	92
2.6. Marianowo.....	95
2.7. Nowa Wieś Ujska.....	98
2.8. Radostowo.....	101
2.9. Świebodzin.....	104
2.10. Wróćkowo.....	107
2.11. Warunki wilgotnościowo-termiczne w północnej Polsce w latach badań.....	110

VI. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ODMIAN SOL.....	112
VII. AGROTECHNIKA .....	116
VIII. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA.....	119
1. Przebieg wzrostu i rozwoju roślin.....	119
2. Zmienność badanych cech.....	142
3. Wysokość roślin.....	147
4. Wysokość osadzenia 1.go strąka .....	157
5. Masa 1000 nasion.....	166
6. Plon nasion.....	175
7. Zawartość białka.....	185
8. Zawartość tłuszczu.....	193
9. Wydajność białka.....	201
10. Grupowanie odmian.....	211
IX. WNIOSKI.....	215
X. PIŚMIENNICTWO.....	218

Possibilities of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivation  
in the environmental conditions of Northern Poland

### ABSTRACT

In the years 2017 – 2019, field experiments with 13 commercial soybean varieties, representing different maturity groups were carried out at 10 locations, to test their performance in the growing conditions of Northern Poland. The trials were done in the testing sites belonging to the Polish Variety Office (COBORU, namely: Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin and Wrócikowo. The tested soybean varieties Abelina, Aligator, Erica, GL Melanie and Petrina were listed in the Polish National Variety List, whereas the varieties Brunensis, Kofu, Merlin, Moravians, Naya, SG Anser, Sirelia and Sultana came from the EU Common Catalogue of Varieties of Agricultural Plant Species (CCA). Strict single-factorial field experiments with all soybean varieties in a complete randomized block design with four replicates (2017) and with three replicates in 2018 and 2019 growing seasons, were performed. The experiments were carried out in accordance with COBORU soybean variety testing protocols on the plots of 16,5 m<sup>2</sup>, in size, with the exception of Radostowo, where the plots were 15 m<sup>2</sup>, in size.

During the vegetation period, the duration (in days) of most important soybean plant development stages were determined:

- from sowing date to full plant emergence,
- from full plant emergence to the beginning of flowering,
- from sowing date to the beginning of plant flowering,
- from the beginning to the end of plant flowering,
- from the end of flowering to the technical plant maturity,
- from the beginning of plant flowering to the technical maturity (generative development stage),
- from sowing date to the technical maturity time (days to maturity).

From each experimental plot, samples of 10 plants from each variety were taken randomly, from inner rows for the measurements of the plant height (cm.) and first-pod height (cm) and other analysis of morphological features of soybean varieties.

After harvesting of the plants from experimental plots, the following plant characters were determined:

- seed yield per plot (converted to a constant moisture of 15%)
- 1000 seeds weight (converted to a constant moisture of 15%)

Chemical analyses were carried out on seed samples of the varieties grown in three environments in 2017 (Białogard, Głębokie and Radostowo) and in 4-four environments in the years 2018 – 2019 (Białogard, Głębokie, Radostowo, Krzyżewo).

Chemical analyses of the harvested seeds included the determination of:

- dry matter content - using the dryer-weighing method at a temperature of  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$  for 5 hours,
- nitrogen content (total protein content) - with the modified Kjeldahl method, and total nitrogen content was determined in seeds and then converted into total protein content using the factor 6,25,
- crude fat content determined by the extraction with anhydrous ethyl ether in a Soxhlet apparatus, for about 7-8 hours.

Based on chemical analyses of protein content in seeds, the total protein yield per ha was calculated.

In 2019, with the help of soil pits, a detailed analysis of the soil environment was carried out, determining, among others, following features in the soil profiles:

- ✓ genetic levels and their thickness,
- ✓ granulometric composition of genetic levels,
- ✓ content of available P, K and Mg in genetic levels,
- ✓ pH for each genetic level in 1 M KCl and determining from these the results of the need for liming.

Based on the above mentioned soil analyses the following parameters were determined:

- ✓ soil class
- ✓ soil agricultural use complex
- ✓ soil species

- ✓ soil type
- ✓ soil quality and agricultural stability

For experiments carried out in the years 2017 – 2018, according to available soil maps, the described soil types were updated to the current systematics without changing the soil class, soil agricultural suitability complex, soil type and soil quality and agricultural suitability.

The Additive Main-effects and Multiplicative Interaction (AMMI) analysis was carried out for every tested feature based upon table with mean values of replications, representing a two-way classification of the form variety x environment. Environment was defined as combination locality x year of vegetation, which determines the natural conditions for plant cultivation resulting from the agricultural ecosystem (mainly soil fertility, water relations, agrophages pressure and physiographic conditions), and weather patterns during the growing season.

For each analysed trait, using the corrected mean in the double classification in the form of variety x environment with the application of the AMMI model, broken graphs were made of the adaptive response function of the analysed cultivars to the natural (agro-ecosystem) and weather conditions occurring in the area of northern Poland. On the basis of the averages corrected by the AMMI method in the double classification of the form variety x environment, three indices were calculated for each variety and trait: a measure of stability of the  $i$ -th variety - WAAS, (Wide Area Augmentation System) as well as two measures of adaptability of the  $i$ -th variety – selection index of the  $i$ -th variety – GSI (Gridpoint Statistical Interpolation) <sub>$i$</sub>  and the adaptive superiority index of the  $i$ -th variety:  $W_i$  TOP X.

To group varieties, based on varietal averages for all studied traits, cluster analysis using Ward's method with Euclidean squared distance was applied, which allowed the evaluation of multi-characteristic (multidimensional) similarity of the studied soybean genotypes, grown under conditions of northern Poland.

There were 13 soybean varieties, 10 localities (environments) and 3 years in the analysed dataset. In 2017, the experiments with soybean varieties were conducted in five localities (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin, Wrócikowo), whereas in the years 2018 - 2019 in ten sites (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo,

Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostwo, Świebodzin, Wrócikowo), which gives a total of 25 environments.

The dataset consisted of soybean cultivar averages calculated from replications for the following traits: plant height and height of setting of the first pod (25 environments), 1000 seed weight, seed yield (23 environments, as in 2017 in Wrócikowo, none of the tested cultivars reached harvest maturity and in 2018 the experiment conducted in Nowa Wieś Ujska was disqualified due to too high statistical error), protein and fat content, protein yield (11 environments; 2017 - Białogard, Głębokie and Radostowo; 2018 and 2019 - Białogard, Głębokie, Radostowo and Krzyżewo).

Different habitat conditions occurring in particular environments of northern Poland showed that the basic determinant that limits the possibilities of soybean cultivation is the length of the vegetation period, which in northern Poland from sowing date to the technical soybean maturity should not exceed 140 days, and plants should reach harvest maturity by the end of September.

In the Chrzastowo, Głębokie and Świebodzin environments, all 13 tested cultivars proved to be useful for soybean cultivation. In the remaining localities, the number of varieties suitable for soybean cultivation gradually decreased, namely in Radostowo environment, suitable for cultivation were the following nine cultivars: Abelina, Aligator, Brunensis, Erica, GL Melanie, Merlin, Moravians, SG Anser and Sirelia); in Krzyżewo, eight cultivars: Abelina, Aligator, Erica, GL Melanie, Merlin, SG Anser, Sirelia and Sultana); in Wrócikowo, four cultivars: Abelina, Erica, Merlin and SG Anser); in Karzniczka, three cultivars: Abelina, Erica and SG Anser); in Marianowo, three cultivars: Abelina, Erica and Merlin; in Nowa Wieś Ujska, two cultivars: Erica and GL Melanie; and in Białogard growing conditions only one cultivar: Erica.

The weather pattern, which varied over the years affected plant height, first - pod height, seed yield, protein and fat content, and protein yield to a greater extent than the varietal factor. It was observed that the height of the first pod set was positively correlated with plant height.

The accumulation of higher protein content in soybean seeds is favoured by lower temperatures and higher rainfall during vegetation, while fat synthesis is favoured by higher temperatures and low-medium rainfall.



It was found that the increase in temperature by an average of 1°C during the vegetation periods in 2018 – 2019, compared to 2017, resulted in the increase in fat content in the seeds by an average of 20,2 g kg<sup>-1</sup>.

Soybean varieties grown on soil of better quality and agricultural suitability achieved 80 points in comparison to that grown on soils of 70 points, had a tendency to higher set up of the first-pod height, by 16,1% and a higher weight of 1000 seeds, by 10,7% and higher seed yield, by 8,8%, in spite of the fact that the total precipitation during the vegetation period in these environments was lower by 20%. It was because of the fact, that the soils with a rating of 70 points, were made up of sandy soils and soils rating 80 points, were obtained from soils made up of loamy soils.

The below listed soybean varieties had the lowest measure of stability in relation to the following traits:

- plant height - Sirelia, GL Melanie and Moravians,
- first - pod height - Abelina, Petrina and Erica;
- 1000 seed weight - Sirelia, Petrina and Kofu;
- seed yield - Petrina, Moravians and Sirelia;
- seed protein content - Petrina, Aligator and Sultana;
- seed fat content - Petrina, Brunensis and Sirelia,
- protein yield per ha - Moravians, Sirelia and Petrina,

which means that the genotypes listed above were the most stable in terms of the trait studied.

The following soybean varieties had the lowest selection index value in relation to:

- plant height - Moravians, Brunensis, GL Melanie and Sirelia,
- first-pod height - Abelina, Petrina and Moravians,
- 1000 seed weight - Sirelia, Aligator and SG Anser,
- seed yield - Kofu, Sirelia and Petrina,
- seed protein content - Sultana, Moravians and Naya,
- seed fat content - Petrina, Sirelia and Merlin,
- protein yield per ha - Moravians, Sirelia and Kofu,

which means that the above-mentioned genotypes had on average the highest value of the trait and at the same time were the most stable in terms of the trait under study.

Taking into account the length of the vegetation period, and narrow and wide adaptation of the tested cultivars in terms of yield level in the conditions of northern Poland, the following soybean cultivars should be recommended for growing in the below listed individual environments:

- Chrzastowo, Głębokie and Świebodzin - Kofu, Sirelia and Petrina;
- Radostowo and Krzyzewo - Abelina, SG Anser and Sirelia;
- Wrócićkowo - Abelina, Merlin and SG Anser;
- Karzniczka - Abelina, Erica and SG Anser;
- Marianowo - Abelina, Erica and Merlin;
- Nowa Wieś Ujska - Erica and GL Melanie;
- Białogard - Erica.

The results of this study showed that the soil type, environmental conditions, and selection of suitable varieties were the most important criteria for soybean growing in Northern Poland. Furthermore, it was found that the main determinant limiting the possibility of soya growing is the durability of vegetation period, which should be not longer than 140 days from sowing date to the harvesting maturity, before the end of the September.

These studies have shown, that in the Northern parts of Poland it is possible to cultivate soybean, provided that an effective system of checking the suitability of its varieties for cultivation is introduced, together with their recommendation into agricultural practice. However, such varieties should have an appropriate yield potential and should represent appropriate soybean maturity groups, ensuring their timely maturation and harvesting dates in that part of the country.

Soybean varieties available on the domestic seed market are regularly tested within the existing nationwide Post-Registration Variety Testing (PDO) system. Every year, more than 50 field experiments with soybean varieties are carried out. Based on their results, Lists of recommended soybean varieties (LOZ) are produced for different growing conditions in the country.

## I. WSTĘP

Począwszy od 2013 roku, w założeniach Wspólnej Polityki Rolnej, jak i w programach rozwoju rolnictwa państw członkowskich UE, kładzie się duży nacisk na wzrost areału uprawy roślin bobowatych, w tym także soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Znaczenie tej grupy roślin wynika z ich walorów agronomicznych oraz środowiskowych i związane jest z biologicznym wiązaniem azotu oraz roli jaką pełnią w zwiększaniu bioróżnorodności. Niestety, od połowy ub. wieku, udział roślin bobowatych w strukturze zasiewów szybko się zmniejszał, z 10% w ówczesnych płodozmianach, do zaledwie 4% w obecnych, co ma negatywne skutki dla współczesnej produkcji rolniczej.

Rośliny bobowate odznaczają się najwyższą wśród roślin uprawnych zawartością białka w nasionach, wahającą się od 20 (groch) do 45% (łubin żółty), a niektóre gatunki (soja, łubin biały i andyjski) zawierają także dużo tłuszczu. Ich białko charakteryzuje się też wysokimi wartościami odżywczymi. Soja posiada także pożądane w diecie człowieka i zwierząt cenne sole mineralne i witaminy.

Obecnie, soja (*Glycine max* (L.) Merrill) uważana jest za podstawową roślinę białkową na świecie i uprawiana jest w prawie 100 krajach, na łącznej powierzchni ponad 120,5 mln ha, co pod względem powierzchni daje jej miano czwartej rośliny uprawnej świata [FAOSTAT 2021]. Nasiona soi są kluczowym elementem globalnego łańcucha żywnościowego, a w szczególności jako źródło białka do produkcji zwierzęcej.

W ciągu ostatnich dwóch dekad, światowa produkcja soi wzrosła o ponad 100%, ze 175 mln ton w 2000 r. do 365 mln ton w 2020 r. [Maluleke 2021]. Uprawa soi na świecie jest skoncentrowana w pięciu krajach (Brazylia, USA, Argentyna, Chiny i Indie), a ich udział w światowej produkcji wynosi 95,6% [Maluleke 2021].

W Europie soja uprawiana jest na powierzchni ok. 5 mln ha, przy czym 2/3 globalnej produkcji nasion tego gatunku ma miejsce w krajach spoza UE, a mianowicie: w Ukrainie (1,7 mln ha) i w europejskiej części Rosji (1,3 mln ha).

W państwach członkowskich UE największe powierzchnie uprawy soi występują we Włoszech (340 tys. ha), Serbii (230 tys. ha), Rumunii (172 tys. ha) i Francji (154 tys. ha) [Eurostat 2015-2019, OECD FAO 2016, IDH and IUCN NL 2019].

Ponad 95% wszystkich produktów pochodzenia sojowego stosowanych w Europie opiera się na imporcie soi. Tillie i Rodriguez-Cerezo [2015] podali, że zaledwie 10% importowanej do Europy soi pochodzi z odmian niezmodyfikowanych genetycznie.

W 2017 roku łączny import nasion i śruty sojowej przez wszystkie państwa członkowskie UE oraz Norwegię i Szwajcarię (UE+) wynosił około 34,4 mln ton, co oznacza, że Europa jest drugim co do wielkości na świecie, po Chinach, importerem soi [IDH and IUCN NL 2019].

Prognozuje się, że w najbliższych latach będzie można zmniejszyć obecny import soi w Europie maksymalnie o 20%. Ma to nastąpić dzięki zwiększeniu areалу uprawy tego gatunku, z obecnych 5 do 7,4 mln ha, co przy średnim plonie  $2,7 \text{ t ha}^{-1}$  pozwoli na wzrost europejskiej produkcji soi niezmodyfikowanej genetycznie o prawie 50% [OECD FAO 2016, Berschneider 2016].

W Polsce areal uprawy soi jest niewielki i wynosił w 2021 roku ok. 26 tys. ha [ARiMR 2022]. Nie mniej jednak, podobnie jak w całej Europie obserwowane jest rosnące zainteresowanie uprawą tej rośliny, o czym świadczy między innymi, 10-krotny wzrost liczby odmian soi zarejestrowanych w Krajowym rejestrze odmian (KR). W 2021 roku w KR były wpisane 32 odmiany tego gatunku, podczas gdy w 2014 roku były zarejestrowane tylko trzy odmiany [Lista odmian roślin rolniczych COBORU 2021].

Polska, podobnie jak Unia Europejska, ma duży deficyt białka paszowego i nie ma zapewnionego „bezpieczeństwa białkowego”. Produkcja pasz dla drobiu, trzody chlewnej i innych zwierząt uzależniona jest od importu głównego surowca białkowego - poekstrakcyjnej śruty sojowej, pochodzącej głównie z odmian GMO. Dlatego dużym wyzwaniem jest rozszerzanie uprawy tego gatunku i innych gatunków roślin bobowatych, zarówno w celu poprawy bilansu białka paszowego, jak i ze względu na ich walory agronomiczne i środowiskowe.

Soja i inne rośliny bobowate korzystnie oddziałują na biologiczne i fizykochemiczne właściwości środowiska glebowego. Z punktu widzenia agronomicznego soja jest bardzo pożądana w zmianowaniu roślin uprawnych, ze względu na korzystne oddziaływanie na glebę. W dobie dominacji uproszczonych płodozmianów (zboża, rzepak, kukurydza), soja może być doskonałym przedplonem dla pszenicy i kukurydzy. Jej mocno rozbudowany, palowy system korzeniowy działa strukturotwórczo na glebę i powoduje jej rozluźnianie, a resztki poźniwne zawierają duże ilości cennej masy organicznej o dużej zawartości makro- i mikroelementów o wysokiej wartości nawozowej dla roślin następczych.

Jak każda roślina bobowata, soja współżyje z bakteriami brodawkowymi *Bradyrhizobium japonicum* [Krichner 1896, Jordan 1984], co daje jej możliwość

wiązania wolnego azotu z powietrza. Soja szczepiona wysokoaktywnymi szczepami bakterii może wiązać od 50 do 100 kg N·ha<sup>-1</sup>, a w warunkach sprzyjających symbiozie wiąże ponad 300 kg N·ha<sup>-1</sup> [Bezdiczek i in. 1978, Strzelec 1989]. Dzięki temu można ograniczyć lub wyeliminować nawożenie azotem [Jarecki i Bobrecka-Jamro 2015], co ma duże znaczenie dla ochrony środowiska przyrodniczego. Ta wyjątkowa zdolność wykorzystywania azotu atmosferycznego przez soję i inne gatunki roślin bobowatych pozwala znacząco ograniczyć nawożenie azotem. Ma to szczególne znaczenie w dobie dużego wzrostu cen energii i gazu, co skutkuje wzrostem cen nawozów azotowych. Azot związany biologicznie jest dostępny nawet w warunkach okresowych niedoborów opadów, jest on również bezpieczny dla środowiska i może być wykorzystywany w uprawach ekologicznych. Uprawiając soję możemy zmniejszyć negatywne oddziaływanie współczesnych upraw na środowisko i istotnie ograniczyć koszty produkcji oraz poprawić bilans paszowy i wyniki finansowe gospodarstw.

W ostatnich latach zintensyfikowano prace badawcze oraz hodowlę nowych, klimatycznie zaadaptowanych odmian soi, głównie w Austrii, Francji, Niemczech oraz w innych krajach Europy [IDH and IUCN NL 2019].

Badania nad możliwością uprawy soi w warunkach Polski prowadzone są od dawna, a w latach 2016-2020 między innymi w ramach Programu Wieloletniego pt. „Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju”. Celem wieloletniego programu było zwiększanie bezpieczeństwa białkowego kraju poprzez uprawę roślin bobowatych, w tym soi, z wykorzystaniem postępu biologicznego i nowych technologii uprawy [Kotecki i Lewandowska 2020].

W 2017 roku Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) w Słupi Wielkiej, mając na uwadze potrzebę zwiększania powierzchni uprawy roślin bobowatych grubonasiennych, a zwłaszcza soi, wystąpił z propozycją znacznego rozszerzenia zakresu prac doświadczalnych z odmianami tych gatunków na terenie całego kraju. Propozycja ta, pod nazwą „Inicjatywa białkowa COBORU” została zaakceptowana na posiedzeniu kierownictwa Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, w dniu 21 marca 2017 roku. Zakres prac w ramach tej inicjatywy, obejmuje m.in. podwojenie liczby doświadczeń odmianowych z poszczególnymi gatunkami roślin bobowatych grubonasiennych. W przypadku soi rokrocznie prowadzi się ponad 50 doświadczeń z kilkudziesięcioma odmianami tego gatunku, znajdującymi się w obrocie na krajowym

rynku nasiennym. Wyniki powyższych doświadczeń są powszechnie dostępne dla użytkowników odmian. Ponadto tworzone są Listy odmian zalecanych do uprawy (LOZ) roślin bobowatych dla poszczególnych rejonów kraju [COBORU].

Wraz z tworzeniem i rejestracją coraz większej liczby nowych odmian soi w państwach członkowskich UE, ważnym zagadnieniem jest testowanie i rekomendacja odmian do uprawy w poszczególnych środowiskach glebowo-klimatycznych i opracowanie zaleceń agrotechnicznych do ich uprawy.

Aktualnie, we Wspólnotowym katalogu odmian roślin rolniczych w UE (CCA) znajduje się ponad 540 odmian soi z różnych grup wczesności, spośród których część trafia na krajowy rynek nasienny. Dlatego ważnym zagadnieniem, przed wprowadzeniem do uprawy Polsce odmian soi z CCA, niezbędna jest uprzednia weryfikacja ich przydatności do krajowych warunków glebowo-klimatycznych.

Właściwy dobór rejonów glebowo-klimatycznych i odmian do uprawy soi ma pierwszorzędne znaczenie dla producentów rolnych. Dotychczasowe badania wykazały, że w uprawie tego gatunku kluczową rolę odgrywają warunki klimatyczne, rodzaj gleby i odmiany dostosowane do określonych rejonów uprawy [Haegele i Below 2013, Assefa i in. 2018].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analiz adaptacyjności wybranych odmian soi i ich przydatności do uprawy w północnych rejonach Polski.

## II. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) jest rośliną dnia krótkiego, której kwitnienie zależy od długości dnia oraz sumy efektywnych temperatur. Jej odmiany różnią się między sobą wymaganiami dotyczącymi długości okresu fotoperiodycznego a rejony uprawy tego gatunku są ograniczone geograficznie [Paschal i in. 2000].

Aby poznać potencjalne możliwości uprawy współczesnych odmian soi w poszczególnych rejonach glebowo-klimatycznych kraju należy wziąć pod uwagę kilka czynników mających wpływ na wzrost i rozwój oraz plonowanie tego gatunku. Najważniejszymi czynnikami warunkującymi prowadzenie ekonomicznie opłacalnej uprawy soi są: temperatura, suma opadów, warunki glebowe i długość okresu fotoperiodycznego [Palle i Licht 2014, Kotecki i Lewandowska 2020]. Soja zaliczana do grupy roślin dnia krótkiego. Im bardziej na północ są zlokalizowane rejony uprawy, tym długość dnia jest większa. Oznacza to, że w północnych rejonach geograficznych należy spodziewać się opóźnionych terminów dojrzewania, co ma negatywny wpływ na powodzenie uprawy soi [Podolsky 2015].

Biorąc pod uwagę walory gospodarcze soi i postęp w zakresie hodowli nowych odmian soi uważa się, że istnieją potencjalnie duże możliwości zwiększania areалу uprawy tego gatunku w Europie [Kruppa 2015, 2016, Palle i Licht 2014]. Podkreślić należy, że soja nie jest nowym gatunkiem uprawnym w Europie. Włochy które są największym producentem soi w Unii Europejskiej uprawiają ją od 1597 roku [Shurtleff i Aoyagi 2015 a], Francja od 1665 [Shurtleff i Aoyagi 2015 b], a Austria od 1781 [Shurtleff i Aoyagi 2015 c]. W ostatnich latach, wzrost uprawy soi obserwowany jest w takich krajach, jak: Serbia (230 tys. ha), Rumunia (172 tys. ha), Chorwacja (83 tys. ha), Węgry (60 tys. ha), Słowacja (46 tys. ha) i Niemcy (32 tys. ha) [Donau Soya Statistics Report 2019].

Uprawa soi w Europie jest możliwa w regionach, w których okres wegetacji wynosi ok. 105-140 dni, co odpowiada głównie odmianom wczesnie lub średniowczesnie dojrzewającym. Oznacza to, że sumy temperatur wynoszą tam od 1500 do 1800 stopniodni, w odniesieniu do wartości 6°C. Powszechnie uważa się, że warunki do uprawy soi są zbliżone do warunków środowiskowych uprawy kukurydzy na ziarno [Miladinović i in. 2011, Palle i Licht 2014, iGrow 2015]. Oprócz odpowiedniej długości

dnia, wymagane są zarówno cieplejsze, jak i wilgotniejsze gleby. Temperatura gleby do kiełkowania nasion soi powinna wynosić co najmniej 10-12°C [Hayland 1996].

Wszystko to sprawia, że kraje takie jak Rumunia, Bułgaria, Węgry i Chorwacja (UE), a także Mołdawia, Ukraina i Serbia (spoza UE) mają szczególnie wysoki potencjał w zakresie rozszerzania uprawy soi [Dima 2015].

Ważnym wyzwaniem z którym powinna zmierzyć się hodowla jest potrzeba zintensyfikowania prac hodowlanych w kierunku adaptacji odmian soi do istniejących warunków środowiskowych w Europie Środkowej [Hahn 2015, Donau Soya Annual Report 2019]. Pomimo poczynionego już postępu hodowlanego, wymagane są dalsze prace hodowlane oraz precyzyjny dobór i rekomendacja odmian soi przystosowanych do uprawy w tej części kontynentu. Najważniejszymi celami prowadzonych obecnie w UE programów hodowlanych soi są prace nad: potencjałem plonowania odmian, terminem dojrzewania odmian, odpornością na stropy biotyczne i abiotyczne oraz zawartością białka i tłuszczu w nasionach [Hahn 2015]. W aspekcie terminu dojrzewania, prace hodowlane koncentrują się na odmianach zaliczanych do średniowczesnych i średniopóźnych grup wczesności, dostosowanych do wyższych szerokości geograficznych, ponieważ odmiany wczesne, ze zbyt krótkim okresem wegetacji, gorzej plonują w takich środowiskach [Palle i Licht 2014].

Najbardziej znanym systemem klasyfikacji dojrzałości (grup wczesności) odmian soi jest system stosowany w USA, Ameryce Południowej i w innych częściach świata. W tym systemie wyodrębniono 13 grup dojrzałości odmian soi, nadających się do uprawy w różnych strefach klimatycznych. Wyróżnia się następujące, podstawowe grupy wczesności soi: 000, 00, 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX i X [Zhang i in. 2007, iGrow 2015].

Odmiany soi uprawiane w południowych szerokościach geograficznych USA z reguły bardziej reagują na krótsze dni niż genotypy rekomendowane dla regionu północnego. Z tego powodu odmiany z południa wchodzi w fazę kwitnienia zbyt późno na północy, natomiast odmiany z północy kwitną zbyt wcześnie na południu [Heatherly i Elmore 2004, Scott i Aldrich 1970, Zhang i in. 2007]. Badania Egli [1993] wykazały, że późno dojrzewające odmiany o wydłużonym okresie wegetacji nie odznaczały się większym potencjałem plonotwórczym od odmian wcześniej dojrzewających, o krótszym okresie wegetacji, pomimo zbliżonych warunków siedliskowych.



Porównując warunki panujące w amerykańskich regionach uprawy soi (USA, Brazylia) z warunkami występującymi w Europie, widoczne są następujące różnice na niekorzyść uprawy soi na naszym kontynencie:

- a) z uwagi na warunki klimatyczne panujące w Europie, wymuszona jest uprawa obecnych wczesnych odmian soi (prawie 70% to odmiany z grup 000/00/0), ale sytuacja ta powinna ulegać zmianie w miarę postępu prac hodowlanych nad tym gatunkiem prowadzonych w warunkach europejskich,
- b) USA i Brazylia mają korzystniejsze położenie pod względem szerokości geograficznej dla uprawy soi, co wynika z wyższych sum temperatur i mniejszej długości dnia, w związku z tym można tam uprawiać odmiany później dojrzewające, które z reguły wyżej plonują,
- c) w Europie w okresach siewu i zbioru soi często występują niekorzystne warunki, ze względu na zimną i wilgotną pogodę wiosną i jesienią.

Podsumowując, wyższe plony nasion soi uzyskiwane w Stanach Zjednoczonych i Brazylii wynikają z dłuższego sezonu wegetacyjnego.

Dzieje uprawy soi w Polsce od XIX wieku do połowy lat pięćdziesiątych XX wieku opisał Mackiewicz [1955]. Pierwszą próbę uprawy soi w Polsce podjął Sempołowski w 1878 roku w Wyższej Szkole Rolniczej im. Haliny w Żabikowie koło Poznania. Wyszano wówczas 19 chińskich odmian soi pochodzących z kolekcji prof. Haberlanda z Austrii, które w warunkach Wielkopolski nie dojrzały.

Według Mackiewicza [1955], pierwsze odmiany soi dostosowane do warunków przyrodniczych w Polsce wyhodował, z genotypów pochodzących z Azji, w 1893 r. Jan Owiński – Podolska Wczesna Czarna i Podolska Wczesna Brunatna, które poza Podolem nie dojrzwały.

W 1899 roku Owiński wydał pierwszą w języku polskim, liczącą cztery strony, broszurę o uprawie soi „Soja wczesna (*Soja hispida praecox*)”.

W okresie międzywojennym pierwszą odmianą soi, której uprawę propagowano szerzej była Wileńska Brunatna wyselekcjonowana w 1925 r. w Wilnie przez Wacława Strażewicza z nasion soi otrzymanych z ogrodu botanicznego w Bazylei. W 1928 roku ukazała się praca Strażewicza „Wczesna odmiana brunatna soi szorstkiej (*Soja hispida var. tangora*) aklimatyzowanej w Ogrodzie Roślin Lekarskich w Wilnie”, która przyczyniła się do zainteresowania rolników uprawą tego gatunku. Wyhodowana w Ogrodzie Roślin Lekarskich w Wilnie odmiana soi Wileńska Brunatna dojrzewała

z powodzeniem w warunkach przyrodniczych północno-wschodniej Polski i była uprawiana na znacznym areale we Francji. Sukces odmiany soi Wileńska Brunatna spowodował, że wzrosło zainteresowanie uprawą tego gatunku w Polsce.

W latach 1928–1938 próbowano, z różnym skutkiem, uprawiać w Polsce następujące odmiany soi: Wileńska Brunatna, Puławska Wczesna Żółta, Kisielnicka Czarna, Brunatna Wołyńska, Brunatna Dublańska, Brunatna Szletnicka, Brunatna Mandzurska, Żółta CSS, Żółta Podolska, Czarna z Dublan, Czarna Podolska, Czarna Granum 4011, Czarna B. 5777, Żółta z Montrealu, Żółta Kanadyjska z Quebec, Żółta Kwetlinsberska. W latach 30-tych w Puławach odmianę Puławską Wczesną Żółtą wyhodował Bohdan Dzikowski. W rezultacie tych działań w 1933 r. w Polsce uprawiano 1503 ha soi.

Przeciętne plony nasion soi w Polsce w latach trzydziestych XX wieku wynosiły 11 – 13 dt ha<sup>-1</sup> [Mackiewicz 1955].

W dwudziestoleciu międzywojennym prace nad uprawą soi prowadzono między innymi na Uniwersytecie Poznańskim (od 1921 r.), w Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach (odmiana Puławska Wczesna), w Zakładzie Doświadczalno-Rolniczym w Kisielnicy (odmiana Kisielnicka Czarna).

Muszyński i Strażewicz [1933] opisali zagadnienia związane z uprawą soi oraz naświetlili jej wymagania klimatyczne stwierdzając, że północną granicę uprawy soi wyznacza izoterma lipca 18,5°C.

Błędem w uprawie soi w przedwojennej Polsce był zbyt rzadki siew, gdyż zalecano stosowanie siewu gniazdowego 60 x 60 cm, 45 x 45 cm po 6-10 nasion w gnieździe lub rzędowego i punktowego 50 x 20 cm, 40 x 20 cm, 35 x 10 – 15 cm, 70 x 10 cm przy wysiewie na 1 m<sup>2</sup> od 10 do 29 nasion [Dzikowski 1937, Mackiewicz 1955, Szyrmer 1968].

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku wprowadzono w Polsce do uprawy następujące odmiany soi: Bydgoska 052, Żłotka Młochowska, Warszawska i Mazowiecka. Nowe odmiany soi wykorzystywane były w przemyśle olejarskim [Dembiński i in. 1962]. W latach siedemdziesiątych, ub. wieku wyhodowano odmiany soi: Ajma i Progres, które były lepiej przystosowane do warunków przyrodniczych Polski. Odmiana Progres [Szyrmer i Federowska 1975] ma wiele cech użytkowych zbliżonych do ideotypu soi dla warunków przyrodniczych Polski [Szyrmer i Federowska 1975], gdyż w porównaniu z innymi polskimi odmianami, posiadała najkrótszy okres

wegetacji (120 dni), dzięki temu dojrzewała w południowych rejonach kraju pod koniec sierpnia, a w centralnej Polsce w pierwszej dekadzie września.

W 1992 roku do Krajowego rejestru została wpisana odmiana Aldana wyhodowana w Zakładzie Metodyki Hodowli IHAR Radzików [Lista odmian roślin rolniczych COBORU 1992], która posiada najkrótszy okres wegetacji z dotychczas wyhodowanych w Polsce odmian i zaliczana jest do grupy odmian bardzo wczesnych „000”.

W 2002 roku wpisano do Krajowego Rejestru Odmian, wyhodowaną w Katedrze Genetyki i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, drobnonasienną odmianę Augusta [Lista odmian roślin rolniczych COBORU 2002].

W 2017 roku do Krajowego Rejestru Odmian została wpisana Erica z Hodowli Roślin DANKO, która jest odmianą wczesną o plonie nasion powyżej średniej dla tej grupy wczesności [Lista odmian roślin rolniczych COBORU 2017].

Według Szyrmera i Federowskiej [1975] do dalszego postępu w pracach hodowlanych niezbędne jest znalezienie genotypów, które dobrze znoszą niekorzystne warunki pogodowe. Hodowla soi powinna podążać w kierunku polepszenia takich cech jak: wysokość i jakość plonu nasion, wysokość osadzenia 1.go strąka, odporność roślin na wyleganie, pęknięcie strąków czy osypywanie się nasion.

Na terenie Polski można uprawiać odmiany wpisane zarówno do Krajowego rejestru, jak i do Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych (CCA). Dojrzałość żniwna u najwcześniejszych odmian (Aldana i Augusta) przypada na koniec sierpnia, a najpóźniejszych na koniec września. W miarę wydłużania okresu wegetacji, plony wzrastają średnio  $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na dzień [COBORU 2019]. Należy jednak zaznaczyć, że w północnej Polsce istnieje duże ryzyko nieosiągnięcia dojrzałości żniwnej przez odmiany późne i bardzo późne.

Soja charakteryzuje się dużą zmiennością cech morfologicznych i fizjologicznych, które są determinowane warunkami siedliska [Jaranowski i in. 1983].

Ryzykowne jest wprowadzanie do uprawy na terenie Polski genotypów soi pochodzących z innych stref klimatycznych [Nawracała i Konieczny 1997]. Jest to związane długością faz rozwojowych dotyczących kwitnienia i zawiązywania strąków [Jaranowski i in. 1984].

Postęp biologiczny u soi przejawia się głównie:

- zmniejszoną reakcją na fotoperiodyzm,

- zwiększonym wigorem, który przekłada się na większą liczbę uzyskiwanych nasion z 1 m<sup>2</sup>,
- wydłużaniu okresu utrzymywania zielonych liści, co ma bezpośredni wpływ na zawartość suchej masy w nasionach,
- zwiększeniu odporności na patogeny.

Zasięg uprawy soi w wyższych szerokościach geograficznych świata ogranicza reakcja roślin na długość dnia oraz wymagania cieplne. Na ogół długość dnia powyżej 16 godzin na początku kwitnienia, powoduje opóźnienie kolejnych faz rozwojowych, co skutkuje wydłużeniem okresu wegetacji do jesiennych przymrozków. Występują jednak formy soi obojętne fotoperiodycznie, które mogą zakwitnąć przy długości dnia wynoszącej nawet 24 godz. [Criswell i Hume 1972, Polson 1972, Runge i Odell 1960, Shanmu-Gasundaram i Tsou 1978]. Przy wysokiej temperaturze i wydłużającym się dniem, większość odmian soi reaguje jak rośliny dnia krótkiego, a przy krótkim dniu i niskiej temperaturze jak rośliny dnia długiego [Schuster i Jobehdar-Hanarnejad 1976, Upadhyay i in. 1994, Wallace i Yan 1998]. Wykazano, że wzrost i rozwój soi jest kontrolowany przez współdziałanie ze sobą fotoperiodu i temperatury [Cober i Voldeng 2001, Heatherly i Elmore 2004, Major i in. 1975, Summerfield i in. 1993]. Fotoperiodyzm ma znacznie większe znaczenie u soi, niż u innych gatunków roślin [Hartwig 1970, 1973].

W Polsce najlepsze warunki klimatyczne do uprawy rodzimych genotypów soi powstałych w latach 60.tych i 70.tych ubiegłego wieku występowały w rejonie Kotliny Sandomierskiej i na Dolnym Śląsku [Łykowski 1984]. W miarę postępu prac hodowlanych, uprawa soi zalecana była także w południowo-wschodniej części kraju, gdzie najbardziej odczuwalny jest wpływ klimatu kontynentalnego oraz w południowo-zachodniej części kraju, gdzie występuje najdłuższy okres wegetacji soi [Jasińska i Kotecki 1993]. Ponieważ obszar najkorzystniejszych rejonów do uprawy soi w Polsce jest mały, dlatego należy mieć na uwadze znaczne zróżnicowanie przestrzenne plonu nasion w danym roku wskutek oddziaływania klimatu lokalnego. Można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że soja jest rośliną rejonizującą się, a rejonizacja nie wynika tylko z odpowiedniej jakości gleby, sposobu uprawy czy struktury agrarnej, lecz w dużym stopniu wiąże się z warunkami klimatycznymi i doбором odmian do uprawy.

Większość odmian soi uprawianych w Polsce to odmiany dnia krótkiego, o dużych wymaganiach cieplnych i długim okresie wegetacji, co powoduje, że uprawa w mniej korzystnych pod względem klimatycznym rejonach kraju jest utrudniona

---

[Borkowski 1930, Dzikowski 1937, Herse i Szyrmer 1968, Holmberg 1973, Lityński 1967, Mackiewicz 1954 a, Szyrmer 1968, 1969 a, 1977].

Odmiany soi korzystnie reagują na wyższą temperaturę w ciągu całego okresu wegetacji. Wartością graniczną tolerancji soi na wysokie temperatury jest 32-38°C. Podczas wegetacji soi można wyróżnić dwa okresy krytyczne o zwiększonych wymaganiach termicznych.

Pierwszy obejmuje okres od siewu do pełni wschodów. Soja jest dość odporna na niskie temperatury w początkowych fazach rozwoju, znosi przymrozki nawet do -5°C, jednak nie zaleca się zbyt wczesnego siewu w nieogrzaną glebę, ponieważ w momencie spadku temperatury do 5°C następuje zahamowanie wegetacji i w efekcie rośliny dojrzewają prawie dokładnie w tym samym terminie jak te, które zostały wysiane później w bardziej korzystnych warunkach termicznych. W południowych i środkowych rejonach naszego kraju optymalnym terminem wysiewu soi jest przełom kwietnia i maja, gdy temperatura gleby na głębokości 5 cm wynosi 12-14°C [Kozmiński 1981, Szyrmer i Szczepańska 1982].

Drugim okresem krytycznym jest faza kwitnienia. Czynniki genetyczne determinuje reakcje soi na niskie temperatury w czasie wschodów [Alsajri i in. 2019]. Niskie temperatury w początkowej fazie kiełkowania przyczyniają się do zmniejszenia tempa wchłaniania wody przez nasiona, ograniczają zdolność wzrostu zarodka i oddychania mitochondrialnego [Duke i in. 1977, Vertucci i Leopold 1983]. W przypadku nasion nadmiernie przesuszonych dochodzi do uszkodzeń wskutek działania niskich temperatur [Vertucci i Leopold 1983]. Niskie temperatury w czasie siewu mogą być przyczyną wydłużenia faz rozwoju wegetatywnego, a także powodować wzrost liczby rozgałęzień [Skrudlik i Kościelniak 1996]. Ponadto kształtowanie powierzchni liści uzależnione jest od niskich temperatur. Mniejsze tempo dobowych przyrostów liści i suchej masy nadziemnych części roślin w wyniku działania niskich temperatur, kompensowane jest wydłużeniem okresu rozwoju wegetatywnego. Okres chłódów przypadający na fazę kwitnienia jest główną przyczyną słabszego zawiązywania strąków i nasion. Wydłużenie fazy wegetatywnej na skutek chłódów w fazie siewek często pozwala tego uniknąć.

Minimum termiczne dla soi podczas kwitnienia wynosi 17-18°C, a optymalna temperatura 22-25°C, przy czym między poszczególnymi genotypami występują różnice w reakcji na temperaturę [Holmberg 1973, Schmid i Keller 1980]. Spadek temperatury

w tym okresie poniżej 10°C powoduje, że rośliny nie wchodzą w fazę kwitnienia, a dłużej utrzymująca się temperatura poniżej 24°C opóźnia termin kwitnienia [Garner i Allard 1930, Mota 1978]. Wyższe temperatury występujące podczas rozwoju wegetatywnego soi sprzyjają wcześniejszemu kwitnieniu, jednak termin kwitnienia w głównej mierze jest zależny od fotoperiodyzmu uwarunkowanego genetycznie [Cooper 2003, Major i in. 1975, Upadhyay i in. 1994, Zhang i in. 2007].

W klimacie umiarkowanym niskie temperatury podczas kwitnienia, przede wszystkim, przyczyniają się do opadania kwiatów i zawiązków strąków. Horiguchi [1980] wykazał ujemną korelację między niską temperaturą, a uzyskiwanym plonem. Jak wykazuje wielu autorów, niższy plon nasion oraz zmniejszona liczba strąków są skutkiem niskich temperatur przed i w fazie kwitnienia [Hume i Jackson 1981, Michailov i in. 1989, Saito i in. 1970]. Niskie temperatury utrzymujące się przez 15 dni przed rozpoczęciem okresu kwitnienia wpływają niekorzystnie na żywotność pyłku [Goto i Yamamoto 1972]. Szyrmer i Janicka [1985] prowadząc badania nad liczbą zawiązaných kwiatów i strąków w latach chłodnych wykazali, że pewne genotypy soi są odporne na niskie temperatury. W czasie okresowego spadku temperatur wrażliwość odmian soi na chłód determinuje liczbę zawiązywanych strąków na roślinie, liczbę i masę wykształconych nasion w strąku [Kurosaki i Yumoto 2003]. Według Kurosaki i in. [2003] genotypy odporne na niskie temperatury, pomimo dwutygodniowej ekspozycji roślin na chłód, nie zmniejszyły znacząco liczby zawiązywanych strąków, natomiast stres wywołany chłodem można zmniejszyć stosując odpowiednie nawożenie soi N, P, K.

Schlenker i Roberts [2008, 2009] wykazali dodatnią korelację pomiędzy wzrostem temperatury do 29-30°C a przyrostem plonu soi, jednak nawet krótkotrwała zbyt wysoka temperatura, zwłaszcza w okresach krytycznych, negatywnie wpływa na wysokość uzyskiwanych plonów [Schlenker i Roberts 2008]. Wysoka temperatura podczas kwitnienia może przyczynić się do mniejszej liczby wykształconych nasion i tym samym do uzyskania niższego plonu [Wheeler i in. 2000]. Wysoka temperatura występująca podczas rozwoju generatywnego wpływa niekorzystnie na wykształcenie nasion i wysokość plonu [Egli i Wardlaw 1980, Gibson i Mullen 1996 a].

Wielu autorów dowodzi, że u soi największe zapotrzebowanie na wodę występuje w okresie kiełkowania, kwitnienia i wypełniania strąków [Brevedan i Egli 2003, Hinson i Hartwig 1982, Kocur 1972, Kucharik i Serbin 2008, Mota 1978, Nawracała 2001].

Do zainicjowania fazy kiełkowania nasion niezbędna jest optymalna wilgotność gleby, jednakże zbyt duże uwilgotnienie wpływa negatywnie na obsadę roślin po wschodach, co zazwyczaj skutkuje obniżeniem plonu. Okresem, w którym soja jest najbardziej wrażliwa na niedobór wody jest faza kwitnienia [Mackiewicz 1959, Szyrmer i Federowska 1975, Woodward i Begg 1976]. Dzięki temu, że kwitnienie może wydłużyć się nawet do ponad 30-stu dni, kilkunastodniowe niedobory wody nie mają negatywnego wpływu na wysokość plonu, ponieważ po uzupełnieniu niedoboru wody, kwitnienie znów zaczyna przebiegać normalnie.

Zdaniem niektórych autorów, niedostateczne i uwilgotnienie w fazie wypełniania strąków ma decydujący wpływ na wysokość plonów [Hinson i Hartwig 1982, Mota 1973]. Inaczej twierdzą Woodward i Begg [1976], którzy wykazali, że okresowe niedobory wody przed i po kwitnieniu nie mają wpływu na wysokość plonu nasion. Przyczyn różnic w poglądach należy upatrywać w reakcji odmian na niedobór wody. Genotypy soi pochodzące ze wschodniej części Syberii posiadają uwarunkowaną genetycznie wyższą odporność na niedobór wody i mniej reagują na długość dnia, natomiast odmiany z Kuryli i Hokkaido są lepiej przystosowane do okresów chłódów występujących podczas wegetacji.

Długi system korzeniowy (sięgający do 2 m), owłosienie zmniejszające transpirację oraz zjawisko heliotropizmu powodują, że rośliny soi dobrze radzą sobie z długotrwałymi niedoborami wody [Griebsch i in. 2019, Hinson i Hartwig 1982, Mota 1978, Schmid i Keller 1980, Szyrmer i Szczepańska 1982].

Według Popovic i in. [2013] istnieje dodatnia korelacja pomiędzy sumą opadów, a wysokością uzyskiwanych plonów, zawartością białka i tłuszczu w nasionach. Niekorzystny wpływ warunków klimatycznych na wysokość uzyskiwanych plonów można zmniejszyć dzięki pracom hodowlanym, zmierzającym do uzyskania odmian tolerancyjnych na okresowe niedobory wody oraz czynnikom agrotechnicznym (termin siewu) [Devi i in. 2014, Fletcher i in. 2007, Sinclair i in. 2008]. Mourtzinis i in. [2019] oraz Purcell i Specht [2004] twierdzą z kolei, że możliwości adaptacyjne roślin do zmian klimatu przez współdziałanie ze sobą czynników genetycznych i agrotechnicznych są ograniczone, a reakcja odmian na niekorzystne warunki pogodowe w dużym stopniu zależy od fazy rozwojowej. Niska temperatura oraz brak wody w fazie kwitnienia są przyczyną zasychania i opadania kwiatów, a także zawiązków nasion.

W wielu badaniach dowiedziono, że głównym czynnikiem kształtującym plon nasion soi jest układ warunków wilgotnościowo-termicznych podczas wegetacji [Bobrecka-Jamro i Pizło 1996, Bujak i Frant 2009, Bury i Nawracała 2004, Jasińska i in. 1996, Kołodziej i Pisulewska 2000, Lorenc-Kozik i Pisulewska 2003, Lozovaya i in. 2005, Michałek i Borowski 2006].

Podstawowym czynnikiem, który wpływa na wzrost i rozwój roślin soi w latach cieplejszych jest niewystarczająca suma opadów [Bury i Nawracała 2004]. Natomiast głównym czynnikiem agrotechnicznym kształtującym wysokość plonów, pokrój roślin, zawartość tłuszczu, białka i izoflawonów w nasionach, masę 1000 nasion jest termin siewu i właściwe zagęszczenie roślin [Bednarczyk 2020, Freeman i Philips 1959, Freiria i in. 2016, Green i in. 1965, Kotecki i Lewandowska 2020, Mackiewicz 1954 b, 1965, Osier i Cartter 1954, Szyrmer 1969 b].

Zwiększenie w nasionach soi zawartości białka jest jednym z najważniejszych kierunków hodowli jakościowej. Postęp w pracach hodowlanych w tym zakresie jest ograniczony z powodu ujemnej korelacji pomiędzy zawartością białka i tłuszczu oraz wysokością plonu [Burton 1987, Hymowitz i in. 1972, Patil i in. 2017, Rinker i in. 2014, Szyrmer 1969 a, 1971, Watanabe i Nagasawa 1990, Weber 1950, Wilcox i Cavins 1995]. Natomiast uzyskanie wysokoplennych odmian jest głównym celem prac hodowlanych, nie tylko w tym gatunku [Fox i in. 2015, Sebastian i in. 2010].

W składzie chemicznym nasion odmian soi uprawianych w USA znajduje się w przeliczeniu na suchą masę 380-420 g białka·kg<sup>-1</sup> i 190-230 g tłuszczu·kg<sup>-1</sup>. W 1 kg tłuszczu znajduje się 480-580 g kwasu linolowego, 120-130 g kwasu palmitynowego, 50-80 g kwasu linolenowego i 30-40 g kwasu oleinowego. W nasionach znajdują się także węglowodany: monosacharydy (glukoza i fruktoza), disacharydy (sacharoza) i oligosacharydy (rafinoza i stachioza) oraz makroelementy (P, K, Ca) i mikroelementy (Mn, Zn, Fe, B) [Bellaloui i in. 2015 b]. Jakość nasion zależy od zawartości w nich białka, tłuszczu, węglowodanów, składników mineralnych i kwasów tłuszczowych. Skład chemiczny nasion zależy od wielu czynników, wśród których wymienia się między innymi właściwości genetyczne odmiany, czynniki biotyczne i abiotyczne, długość okresu wegetacji oraz czynniki agrotechniczne [Chapman i in. 1976, Chy i Sheldon 1979, Harue i Hirokadzu 1971].

Na zawartość białka i tłuszczu w nasionach duży wpływ mają warunki termiczne podczas wykształcania i dojrzewania nasion. W warunkach kontrolowanej temperatury



Sato i Ikeda [1979] oraz Wolf i in. [1982] wykazali, że wraz ze zwiększającą się temperaturą następuje wzrost koncentracji tłuszczu w nasionach. Howell i Cartter [1958], Mourtzinis i in. [2017], Ren i in. [2009] wykazali, że w nasionach, które dojrzewały w warunkach wyższych temperatur, nastąpił wzrost zawartości tłuszczu surowego w nasionach, a Wolf i in. [1982] dodatkowo wykazali zwiększenie zawartości białka i kwasu oleinowego oraz zmniejszenie kwasu linolenowego i linolowego.

Istnieje dodatnia korelacja pomiędzy temperaturą, a zawartością tłuszczu w nasionach. Wzrost temperatury podczas wykształcania i dojrzewania strąków o 1°C skutkował przyrostem koncentracji tłuszczu od 5,2 do 8 g·kg<sup>-1</sup> [Kane i in. 1997, Keirstead 1952, Naeve i Huerd 2008, Serretti 1993], natomiast nie wykazano korelacji pomiędzy zawartością białka w nasionach a temperaturą [Kane i in. 1997, Serretti 1993].

Optymalna temperatura, do której następuje wzrost zawartości tłuszczu w nasionach wynosi 25-28°C. Powyżej temperatury optymalnej zawartość tłuszczu obniża się [Dornbos i Mullen 1992, Gibson i Mullen 1996], a białka nie ulega zmianie [Sato i Ikeda 1979, Wolf i in. 1982]. Gibson i Mullen [1996] wykazali, że w temperaturach powyżej 28°C zawartość białka wzrastała wraz z temperaturą liniowo. Nasiona soi zebrane z roślin, które dojrzewały w temperaturze 35°C i borykały się ze średnim niedoborem wody, miały więcej białka, ale mniejszą zawartość tłuszczu w porównaniu do tych, które dojrzewały w temperaturze 29°C [Dornbos i Mullen 1992].

Nie tylko temperatura wpływa na zawartość białka w nasionach soi. Cure i in. [1982] dowodzą, że skrócenie długości dnia może przyczynić się do przyrostu zawartości białka w nasionach soi wskutek zwiększenia tempa wzrostu nasion i translokacji azotu. Piper i Kenneth [1999] wykazali, że różnice w zawartości białka w nasionach soi mogą być wynikiem reakcji fotoperiodycznej, działania wysokich temperatur w czasie wykształcania nasion, a także stresem wodnym.

Kumar i in. [2006] wykazali dodatnią korelację pomiędzy temperaturą a koncentracją białka surowego i ujemną pomiędzy temperaturą, a zawartością tłuszczu surowego.

Na zawartość białka i tłuszczu w nasionach duży wpływ ma nawożenie azotem, które zwiększa w nasionach zawartość białka, a obniża tłuszczu [Ham i in. 1975, Nakasathien i in. 2000]. Jednak niektórzy autorzy [Boydak i in. 2002, Bellaloui i Mengistu 2008] twierdzą, że wpływ nawożenia N na zawartość białka w nasionach soi zależy od genotypu.

Wpływ deficytu wody na koncentrację białka w nasionach nie jest oczywisty. W badaniach Carrera i in. [2009], prowadzonych w warunkach niedoboru wody, zawartość białka w nasionach zmniejszyła się, a prace Kumara i in. [2006] wykazały wzrost tego składnika. Deficyt wody wpływa niekorzystnie na zawartość tłuszczu surowego w nasionach [Rotundo i Westgate 2009]. Korzystnie na zawartość białka ogółem wpływa późny siew soi [Bellaloui i in. 2015 a, Robinson i in. 2009].

Jak podaje Assefa i in. [2018] czynniki środowiskowe mają wpływ w 70% na plon soi i skład chemiczny nasion, a z czynników agrotechnicznych na produktywność tego gatunku wpływają:

- opóźniony termin siewu niekorzystnie wpływa na plon nasion i zawartość tłuszczu w północnych szerokościach geograficznych (40–45°);
- N w dawce 10–50 kg·ha<sup>-1</sup> działa korzystnie na ilość tłuszczu surowego i białka ogółem, ale zwiększenie plonu obserwuje się dopiero po zaaplikowaniu N powyżej 100 kg·ha<sup>-1</sup>;
- soja uprawiana w płodozmianie po kukurydzy plonuje wyżej niż uprawiana w monokulturze.

W południowo-wschodnich i środkowych rejonach Polski wykazano, iż przy niższej temperaturze i wyższej wilgotności powietrza zawartość tłuszczu w nasionach soi wzrastała [Szyrmer 1969 a, 1971]. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach oscyluje w granicach 182–197 g·kg<sup>-1</sup> [Pasternakiewicz i Dżugan 2009]. Jak podaje Kozak i in. [2008], przebieg pogody w decydującym stopniu wpływa na skład chemiczny nasion soi, a czynnik odmianowy ma w tym przypadku mniejsze znaczenie. Z tym stwierdzeniem zgadzają się Michałek i Borowski [2006], którzy dowodzą, że okresowa susza wpływa pozytywnie na zawartość białka w nasionach.

Uprawa soi w Europie Środkowej, w tym w Polsce, wymaga przede wszystkim odpowiedniego doboru odmian do poszczególnych rejonów geograficznych i warunków klimatycznych. W pracach hodowlanych nad soją w Polsce i Europie należy zmierzać do tworzenia odmian o krótkim okresie wegetacji [Kamp i in. 2010, Hahn 2015], wyżej osadzonym pierwszym strąku, zmienionym fenotypie i zwiększonej produktywności [Kusano i in. 2015, Mikel i in. 2010, Thompson i Nelson 1998].

Ze względu na dużą różnorodność geograficzną i klimatyczną Europy występują trudności w rozszerzaniu powierzchni uprawy soi. Przekłada się to między innymi na trudności w klasyfikacji odmian tego gatunku pod względem terminów dojrzałości.

Niestety, w Europie nie ma jednolitego systemu klasyfikacji odmian soi pod względem wczesności. Utrudnia to rozszerzanie się areału jej uprawy i prawidłowe funkcjonowanie europejskiego rynku hodowlano-nasiennego z powodu braku możliwości właściwego doboru i dystrybucji odmian do uprawy w poszczególnych regionach kontynentu [Heyland 1996, Miladinović i in. 2011, Dima 2015]. Opracowanie odpowiedniej klasyfikacji odmian pod względem terminów dojrzewania w różnych rejonach uprawy i opracowanie kryteriów kwalifikowania ich do określonych grup wczesności będzie ważnym etapem w rozwoju uprawy tego gatunku na kontynencie europejskim.

Trwające w Europie prace nad systemem klasyfikacji odmian soi opierają się na założeniach systemu amerykańskiego, który uwzględnia między innymi reakcję odmian na zróżnicowane warunki klimatyczne. Dotychczasowe prace nad tworzeniem grup wczesności odmian soi do uprawy na naszym kontynencie wykazały, że najpowszechniej uprawianymi są odmiany zaliczane do grup wczesności 000-00-0-I. Odmiany z tych grup nadają się do uprawy w europejskich szerokościach geograficznych 48-47 stopni. Dla przykładu, Austria jest typowym regionem europejskim do uprawy odmian z grup 000/00/0, Węgry 00/0, a Chorwacja I/II [Miladinović i in. 2011, Dima 2015, Hartman i in. 2015].

W ostatnich latach obserwuje się stopniowy wzrost areału uprawy soi niezmodyfikowanej genetycznie w różnych regionach Europy, co między innymi wynika z osiągniętego w ostatnich latach postępu hodowlanego. Światowym liderem w tworzeniu niezmodyfikowanych genetycznie odmian soi (non GMO) jest kanadyjska firma hodowlano-marketingowa Prograin International Inc, mająca swoje filie w prawie 20 krajach świata. W Europie prowadzi swoją działalność w zakresie hodowli i nasiennictwa soi w Austrii, Belgii, Czechach, Francji, Niemczech, Słowacji, Rosji i Ukrainie. W firmie tej wyhodowano łącznie ponad 100 odmian soi z grup wczesności od 000 do I, zaadaptowanych do warunków środowiskowych w różnych częściach świata.

W niniejszej pracy testowano przydatność do uprawy w północnych rejonach Polski cztery odmiany soi pochodzące z firmy Prograin International Inc, a mianowicie: Brunensis, Kofu, Moravians i Naya. Odmiany te zostały wpisane do Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych (CCA) przez czeski Oddział Prograin, znany po nazwą Prograin Zia, s.r.o. CZ.

Czołowymi firmami europejskimi zajmującymi się hodowlą soi są obecnie: Saatzucht Donau, Saatzbau Linz i Probsdorfer Saatzbau w Austrii; Norddruiche

Planzenzucht (NPZ) Hans Georg Lembke KG, Universität Hohenheim, PZO Pflanzenzucht Oberlimpurg, Petersen Saatzeit Lundsgaard GmGH i Saatzeit Bauer GmbH w Niemczech oraz Euralis Semences, Agroscope i RAGT we Francji.

Ponadto, dużymi osiągnięciami w zakresie hodowli odmian soi mogą poszczycić się też firmy z Ukrainy, a mianowicie: Naukowo-Badawcze Centrum Rozwoju Soi „AgeSoya” sp. z o.o, Naukowo-Hodowlana Firma Nasienna „Soyevij Vik” i Agroyoumis.

Przeważająca większość odmian soi zarejestrowanych w Krajowym rejestrze w Polsce pochodzi z wymienionych wyżej europejskich placówek hodowlanych [Lista odmian roślin rolniczych COBORU 2021].

W programach hodowlanych zmierza się przede wszystkim do tworzenia odmian o krótkim okresie wegetacji [Kamp i in. 2010], wyżej osadzonym pierwszym strąku, zmienionym fenotypie i zwiększonej produktywności [Kusano i in. 2015, Mikel i in. 2010, Thompson i Nelson 1998].

Wyniki przeprowadzonych dotychczas w Polsce doświadczeń odmianowych i odmianowo-agrotechnicznych z odmianami soi z różnych grup wczesności w różnych warunkach glebowo-klimatycznych kraju wykazały, że potencjał genetyczny i właściwości użytkowe współczesnych odmian tego gatunku potwierdzają ich przydatność do uprawy [Wyniki Porejestrowych doświadczeń odmianowych 2020]. Nie mniej jednak, przed wprowadzaniem odmian do uprawy wymagana jest bieżąca weryfikacja ich przydatności do uprawy w docelowych środowiskach glebowo-klimatycznych. Dotyczy to w szczególności odmian soi zaliczanych do grup późnych i bardzo późnych. Dotychczasowe badania wykazały, że bardzo wczesne, wczesne i średniowczesne odmiany soi dostępne na krajowym rynku nasiennym można bez większego ryzyka uprawiać we wszystkich rejonach Polski, natomiast odmiany z grupy późnych i bardzo późnych, nadają się do uprawy głównie w południowych i częściowo w centralnych rejonach kraju [Wyniki Porejestrowych doświadczeń odmianowych 2020].

Wyniki licznych prac doświadczalnych nad agrotechniką i dobrem odmian soi do uprawy w różnych rejonach kraju wskazywały na możliwość prowadzenia uprawy soi na skalę komercyjną [Kotecki i Lewandowska 2020].

Prace doświadczalne wykonywane przez COBORU mają na celu ocenę adaptacji odmian pod względem plonu i innych cech rolniczych w zmiennych warunkach środowiskowych na przestrzeni kilku lat [Derejko i Mądry 2012]. Obejmują one doświadczenia ze zróżnicowanym zestawem odmian w obrębie miejscowości i lat badań.

Zatem, wartość gospodarcza odmian jest sprawdzana pod względem powtarzalności reakcji adaptacyjnej w zróżnicowanych warunkach pogodowych i biotycznych [Annicchiarico 2002 a, b, De Vita i in. 2010].

Oddziaływanie warunków środowiskowych na cechy odmian jest złożone i trudne do interpretacji. Z licznych doniesień literaturowych wiadomo, że odmiany roślin uprawnych, w tym soi niejednakowo reagują pod względem plonu i innych cech rolniczych na zróżnicowane warunki środowiskowe w miejscowościach [Anderson 2010, Annicchiarico i in. 2010 a, Becker i Leon 1988, Ma i in. 2004, Pecetti i in. 2011]. Według Paderewskiego i Mądrego [2012] siedliska w przestrzeni rolniczej i czasie charakteryzują się zmiennością wielu czynników środowiskowych, które wpływają na wzrost i rozwój roślin uprawnych. Należą do nich czynniki abiotyczne, obejmujące warunki pogodowe (promieniowanie słoneczne, temperaturę, sumę opadów i inne) i glebowe oraz czynniki biotyczne, obejmujące natężenie chorób i szkodników, a także czynniki uprawowe. Wymienione czynniki tworzą zmienne warunki środowiskowe, które decydują o zróżnicowaniu plonu i innych cech ilościowych odmian roślin uprawnych. To zjawisko oddziaływania zmiennych warunków środowiskowych na cechy różnych genotypów jest skomplikowane i trudne do interpretacji. Przejawia się ono zwykle odmienną reakcją (funkcją reakcji) cech ilościowych genotypów na warunki środowiskowe, czyli interakcją genotypowo-środowiskową.

W celu scharakteryzowania reakcji cech ilościowych genotypów na zmienne warunki środowiskowe i określenia ich rolniczej użyteczności, wartość danej cechy genotypów opisuje się matematycznie, jako sumę efektów wywołanych czynnikami genetycznymi (G), efektów potencjału plonotwórczego środowisk (E) oraz efektów nieaddytywnych, związanych z każdą kombinacją genotypu i warunków środowiskowych, zwanych efektami interakcji genotypowo-środowiskowej [Paderewski i Mądry 2012].

Reakcja odmian na warunki środowiskowe to adaptacja odmian [Anniccharico i in. 2010 b]. Wyróżnia się adaptację wąską oraz szeroką [De Vita i in. 2010, Finlay i Wilkison 1963]. Odmiany plonujące średnio, względnie wysoko (w porównaniu z resztą ocenianych odmian) i stabilnie w obrębie danego rejonu uprawy (zakresu środowisk), wykazują szeroką zdolność adaptacyjną do tych środowisk [Basford i Cooper 1998, Iwańska i in. 2008]. Nazywane są one odmianami o szerokiej adaptacji, gdyż osiągają relatywnie wysoki plon we wszystkich środowiskach tego rejonu uprawy [De

Vita i in. 2010, Mohammadi i in. 2011]. Natomiast, odmiany plonujące średnio, względnie wysoko, w pewnego rodzaju lub kilku rodzajach środowisk, w obrębie rozpatrywanego rejonu uprawy, tj. podrejonu, wykazują wąską (lokalną lub specyficzną) adaptację [Anniccharico 2002 b, 2009, Anniccharico i in. 2010 b, Gauch i Zobel 1997].

Pojęcia wąskiej i szerokiej adaptacji odmian są używane także do oceny plonowania odmian w latach (sezonach wegetacyjnych) lub przy zróżnicowanych poziomach agrotechniki, a także jej głównych czynników, tj. nawożenia, nawodnienia, gęstości siewu [Anderson i in. 2011, Anniccharico i in. 2010 a]. Z punktu widzenia oceny wartości gospodarczej odmian, bardzo ważna jest właściwa ocena ich zdolności adaptacyjnej w zmiennych przestrzennie warunkach środowiskowych, a także w różnych warunkach agrotechnicznych [Anniccharico 2002 b, Anniccharico i in. 2010 b, Finlay i Wilkison 1963]. Taka ocena ma ogromne znaczenie w efektywnym wdrażaniu postępu odmianowego do praktyki rolniczej, uczestniczącym w coraz większym stopniu w postępie agronomicznym, decydującym o zwiększeniu produktywności roślin uprawnych teraz i w przyszłości [Anniccharico 2002 a, b, De Vita i in. 2010, Smith i in. 2005]. Dane z wielokrotnych serii jednorocznych doświadczeń odmianowych stanowią zazwyczaj niekompletną klasyfikację w postaci odmiana  $\times$  miejscowość. Niekompletność ta wynika z częściowo zróżnicowanego zestawu odmian badanych w różnych środowiskach.

Do oceny adaptacji odmian na przestrzeni kilku lat obserwacji stosuje się analizę AMMI (Additive Main-effects and Multiplicative Interaction), łączną analizę skupień i analizę GGE (Genotype plus Genotype-vs-Environment interaction model) [Gauch i in. 2008, Mohammadi i Amri 2009, Paderewski i in. 2011].

W 2017 roku Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) mając na względzie potrzebę poprawy bilansu białka paszowego w Polsce, w znacznym stopniu rozszerzył prace badawcze nad przydatnością do uprawy aktualnie dostępnego w kraju postępu odmianowego soi i pozostałych gatunków roślin bobowatych grubonasiennych. Powyższe prace doświadczalno-wdrożeniowe określono mianem Inicjatywy białkowej COBORU [Sprawozdania z działalności COBORU za 2017-2019]. Dzięki tej inicjatywie, rokrocznie prowadzi się po kilkadziesiąt doświadczeń odmianowych z soją i innymi gatunkami roślin bobowatych, we wszystkich rejonach glebowo-klimatycznych kraju. Doświadczenia te są zintegrowane z krajowym systemem



Porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) i rekomendacją odmian do uprawy w poszczególnych rejonach glebowo-klimatycznych Polski.

Wyniki tych prac wraz z Listami odmian zaleczanych do uprawy są powszechnie publikowane w sposób tradycyjny i na stronach internetowych jednostek doświadczalnych COBORU i w innych jednostkach wdrozeniowych i upowszechnieniowych w całym kraju.

### III. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem prowadzonych w latach 2017-2019 badań było poznanie przydatności warunków siedliskowych północnej Polski do uprawy soi. Określono wysokość i stabilność plonowania oraz adaptacyjność 13 odmian komercyjnych soi, zaliczanych do różnych grup wczesności, w 10 miejscowościach w północnej Polsce. Analizowane środowiska były zróżnicowane pod względem fizjograficznym, glebowym, klimatycznym, w tym także układem warunków wilgotnościowo-termicznych występujących w poszczególnych sezonach wegetacji soi.

W hipotezie roboczej założono, że spośród badanych genotypów możliwy będzie wybór odmian najlepiej dostosowanych do konkretnych warunków przyrodniczych i osiągających dojrzałość żniwną najpóźniej pod koniec września, po 150 dniach wegetacji.

Oprócz kryterium długości okresu wegetacji, przy doborze odmian soi do uprawy uwzględnione zostały również takie cechy jak:

- plon nasion,
- zawartość białka i tłuszczu w nasionach,
- wydajność białka.

Szczegółowymi celami badań było określenie u odmian soi wpływu zróżnicowanych warunków przyrodniczych, na:

1. długość okresu rozwoju wegetatywnego i generatywnego,
2. kształtowanie cech morfologicznych,
3. skład chemiczny nasion,
4. wysokość i stabilność plonowania,
5. wydajność białka.

Zakres badań obejmował:

- prowadzenie doświadczeń odmianowych w warunkach polowych,
- analizy składu chemicznego nasion soi,
- opracowanie statystyczne uzyskanych wyników.



#### IV. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

W latach 2017–2019 przeprowadzono doświadczenia polowe z 13 odmianami komercyjnymi soi, w 10 lokalizacjach, w warunkach siedliskowych północnej Polski. Badania prowadzono (tab. IV. 1.) w pięciu Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) oraz w pięciu Zakładach Doświadczalnych Oceny Odmian (ZDOO), wchodzących w skład bazy doświadczalnej Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). W doświadczeniach badano reakcje genotypowo-środowiskowe 13 odmian soi (tab. IV. 2.), pochodzących z Krajowego rejestru odmian (KR) i ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych (CCA). Ścisłe doświadczenia jednoczynnikowe założono w układzie losowanych bloków kompletnych z czterema powtórzeniami (w 2017 roku), bądź trzema powtórzeniami w latach 2018 i 2019).

Doświadczenia prowadzono zgodnie z metodyką COBORU [Metodyka badania wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych COBORU 1998] na poletkach o powierzchni 16,5 m<sup>2</sup>, a w ZDOO Radostowo na powierzchni 15 m<sup>2</sup>. Wykaz miejscowości, w których prowadzono badania zestawiono w tab. IV. 1, a ich lokalizacje przedstawiono na rys. IV. 1.



Rys. IV. 1. Mapa rozmieszczenia punktów doświadczalnych

**Tabela IV. 1.**

Wykaz miejscowości, w których prowadzono doświadczenia odmianowe z soją,  
w latach 2017-2019

Miejscowość	Lata			Współrzędne		Wysokość m n.p.m
	2017	2018	2019	Φ	Λ	
ZDOO Białogard* (B)	X <sup>1)</sup>	X	X	54°00′	16°00′	24
SDOO Chrzastowo (Ch)	-	X	X	53°11′	17°35′	85
ZDOO Głębokie* (Gl)	X	X	X	52°39′	18°26′	85
SDOO Karzniczka (Ka)	-	X	X	54°29′	17°14′	152
SDOO Krzyżewo* (Krz)	-	X	X	53°01′	22°45′	135
ZDOO Marianowo (Ma)	-	X <sup>4)</sup>	X <sup>4)</sup>	53°13′	22°07′	140
ZDOO Nowa Wieś Ujska (NWU)	-	X <sup>5)</sup>	X	53°02′	16°45′	105
ZDOO Radostowo* (Ra)	X <sup>2)</sup>	X	X	53°59′	18°45′	40
SDOO Świebodzin (Św)	X	X	X	52°14′	15°35′	90
SDOO Wrócićkowo (Wr)	X <sup>3)</sup>	X	X	53°49′	20°40′	142

\* środowiska, w których oznaczano zawartość białka i tłuszczu w nasionach

<sup>1)</sup> odmiana Naya nie osiągnęła dojrzałości technicznej

<sup>2)</sup> odmiana Petrina nie osiągnęła dojrzałości pełnej, w opracowaniu uwzględniono tylko obserwacje polowe rozwoju roślin

<sup>3)</sup> żadna odmiana nie osiągnęła dojrzałości pełnej, w opracowaniu uwzględniono tylko obserwacje polowe rozwoju roślin (tj. wysokość roślin i wysokość osadzenia 1.go strąka)

<sup>4)</sup> w rozwoju soi uwzględniono termin uzyskania przez rośliny fazy dojrzałości technicznej

<sup>5)</sup> doświadczenie zdyskwalifikowano, w opracowaniu uwzględniono obserwacje polowe rozwoju roślin, wysokość roślin i wysokość osadzenia 1.go strąka

**Tabela IV. 2.**

Lista badanych odmian soi wraz z krajem pochodzenia

Odmiana	Kraj pochodzenia
Abelina	AT
Aligator	FR
Brunensis	CA
Erica	PL
GL Melanie	AT
Kofu	CA
Merlin	AT
Moravians	CA
Naya	CA
Petrina	CA
SG Anser	AT
Sirelia	FR
Sultana	FR

Na podstawie obserwacji polowych określono (w dniach) długość trwania ważniejszych okresów rozwojowych badanych odmian soi:

- od daty siewu do pełni wschodów,
- od daty pełni wschodów – do początku kwitnienia odmian,
- od daty siewu do początku kwitnienia roślin (rozwój wegetatywny),
- od początku do końca kwitnienia,
- od końca kwitnienia do fazy dojrzałości technicznej nasion,
- od początku kwitnienia roślin do fazy dojrzałości technicznej nasion (rozwój generatywny),
- od daty siewu do fazy dojrzałości technicznej nasion (długość okresu wegetacji).

Na doświadczeniach, we wszystkich analizowanych środowiskach, przeprowadzono na 10 wybranych roślinach badanych odmian pomiary następujących cech morfologicznych:

- wysokość roślin (cm),
- wysokość osadzenia 1.go strąka (cm).

Po zbiorze doświadczeń określono:

- plon nasion z poletek skorygowany do wilgotności 15% i przeliczony na  $dt \cdot ha^{-1}$ ,
- masę 1000 nasion (g) na podstawie próby zbiorczej dla odmiany, skorygowaną do stałej wilgotności 15%.

Analizy składu chemicznego wykonano na próbach zbiorczych nasion dla odmian z czterech miejscowości (2017 rok) i trzech miejscowości (w latach 2018-2019) w środowiskach oznaczonych w tab. IV. 1. symbolem „\*”.

Analizy obejmowały oznaczenie:

- suchej masy – metodą suszarkowo-wagową w temperaturze  $105 \pm 2^{\circ}C$  w czasie 5 h,
- azotu ogólnego (białko ogółem) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla; w nasionach oznaczono azot ogólny, a następnie przeliczono na białko ogółem, stosując współczynnik 6,25,
- tłuszczu surowego poprzez ekstrakcje bezwodnym eterem etylowym w aparacie Soxhleta, przez około 7-8 godz.

Na podstawie analiz chemicznych wyliczono wydajność białka ogółem.

Za pomocą odkrywek glebowych, które wykonano w 2018 (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin i Wróćkowo) i 2019 roku (Chrzastowo, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo i Nowa Wieś Ujska) przeprowadzono szczegółową analizę środowiska glebowego, oznaczając między innymi w profilu glebowym:

- ✓ poziomy genetyczne i ich miąższość,
- ✓ skład granulometryczny poziomów genetycznych,
- ✓ zawartość dostępnego P, K i Mg w poziomach genetycznych,
- ✓ dla każdego poziomu genetycznego pH w 1 M KCl i określając na podstawie tych wyników potrzeby wapnowania.

Na podstawie tych analiz określono:

- ✓ klasę gleby,
- ✓ kompleks rolniczej przydatności gleby,
- ✓ gatunek gleby,
- ✓ typ gleby,
- ✓ jakość i przydatność rolniczą gleby.

Na podstawie tych badań, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 roku w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów Dz. U. poz. 1246, określono klasę bonitacyjną gleb.

W pozostałych latach badań, klasę bonitacyjną gleb na których prowadzono doświadczenia, określono na podstawie map glebowo – bonitacyjnych w skali 1 : 5000, które sporządzano w latach 1950 –1960, w ramach powszechnej klasyfikacji gruntów.

Opisy typu gleb zaktualizowano sprowadzając je do obowiązującej obecnie systematyki, nie zmieniając klasy gleby, kompleksu rolniczej przydatności gleby, rodzaju gleby oraz jakości i przydatności rolniczej gleby.

### **Analiza statystyczna**

Analizę AMMI (ang. Additive Main-effects and Multiplicative Interaction) [Gauch 1988, 1992] przeprowadzono dla wszystkich badanych cech na podstawie tablicy ze średnimi z powtórzeń, stanowiącej klasyfikację dwukierunkową o postaci odmiana x środowisko. Środowisko określono, jako kombinację miejscowość x rok wegetacji, co wyznacza przyrodnicze warunki uprawy roślin, wynikające z agroekosystemu (głównie

żywności gleby, stosunków wodnych, presji agrofagów i warunków fizjograficznych) oraz przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym.

Model AMMI służy do analizy danych sklasyfikowanych wg dwóch czynników, np. odmiany i środowiska. Metoda ta łączy analizę wariancji dla efektów głównych (ANOVA) z analizą składowych głównych dla efektów interakcji i stosuje się ją często do analizy danych z wielokrotnych i wieloletnich serii jednoczynnikowych (odmianowych) doświadczeń polowych.

Model AMMI można zapisać w postaci [Dias i Krzanowski 2003, Gauch 1988, 1992]

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{n=1}^N \lambda_n u_{in} v_{jn} + e_{ij}, \quad (1)$$

gdzie:  $y_{ij}$  jest średnią wartością z powtórzeń analizowanej cechy dla  $i$ -tej odmiany w  $j$ -tym środowisku,  $\mu$  jest średnią ogólną,  $\alpha_i$  jest efektem głównym  $i$ -tej odmiany,  $\beta_j$  jest efektem głównym  $j$ -tego środowiska,  $N$  jest liczbą składowych głównych,  $A_n$  ( $A_1 > \dots > A_N$ ) jest wartością osobliwą macierzy ocen efektów interakcyjnych odmiana  $\times$  środowisko dla  $n$ -tej składowej głównej ( $n = 1, \dots, N < \min\{(I - 1), (J - 1)\}$ ),  $u_{in}$  jest parametrem  $n$ -tej interakcyjnej składowej głównej dla  $i$ -tej odmiany,  $v_{jn}$  jest parametrem  $n$ -tej interakcyjnej składowej głównej dla  $j$ -tej miejscowości,  $e_{ij}$  jest zbiorczym błędem losowym, zawierającym zarówno szum AMMI, jak i błąd eksperymentalny średniej  $y_{ij}$ . W przypadku błędów losowych  $e_{ij}$  zakładamy, że mają rozkład normalny z jednakową wariancją średniej.

W tym modelu, w celu weryfikacji hipotezy o braku wpływu odmiany i środowiska przeprowadzana jest dwukierunkowa analiza wariancji, natomiast istotność kolejnych pierwszych interakcyjnych składowych głównych jest oceniana za pomocą testu  $F_R$  [Gollob 1968]. Zatem, najpierw dopasowuje się addytywne efekty główne dla odmian i środowisk, a następnie, przy pomocy analizy składowych głównych, na podstawie reszt z dwukierunkowej analizy wariancji (ANOVA), dopasowuje się efekty interakcji odmiana  $\times$  środowisko.

Dla każdej analizowanej cechy, korzystając z poprawionych średnich w klasyfikacji podwójnej o postaci odmiana  $\times$  środowisko z zastosowaniem modelu AMMI (takie średnie nazywane są średnimi poprawionymi metodą AMMI; ang. AMMI-adjusted means), sporządzono wykresy łamanej funkcji reakcji adaptacyjnej badanych odmian na warunki przyrodnicze (agroekosystemu) i przebiegu pogody występujące na obszarze

północnej Polski. Średnie poprawione metodą AMMI są dokładniejszymi estymatorami średnich „prawdziwych” w klasyfikacji odmiana x środowisko, niż zwykłe średnie BLUE (ang. Best Linear Unbiased Estimator) [Dias i Krzanowski 2003, Gauch 1988, 1992, Olivotto i in. 2019]. Wspomniane wykresy łamanej funkcji reakcji adaptacyjnej badanych odmian na rozpatrywane warunki przyrodnicze, wspomagane dodatkowo odpowiednimi parametrami stabilności i adaptacyjności odmian, które zostały podane niżej, pozwalają na wybór odmian o szerokiej i wąskiej adaptacyjności, pod względem każdej cechy, do warunków przyrodniczych i pogodowych. Na podstawie poprawionych metodą AMMI średnich w klasyfikacji podwójnej o postaci odmiana x środowisko, dla każdej odmiany i cechy obliczono trzy wskaźniki, czyli Miarę stabilności i-tej odmiany: WAAS<sub>i</sub> (Weighted Average of Absolute Score), a także dwie miary adaptacyjności i-tej odmiany, tj. Indeks selekcji i-tej odmiany: GSI<sub>i</sub> (Genotype Seletion Index) oraz Wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej i-tej odmiany: W<sub>i</sub> TOP X.

Na podstawie istotnych interakcyjnych składowych głównych oraz zmienności wyjaśnianej przez te składowe, dla każdej odmiany i cechy, została obliczona miara stabilności WAAS<sub>i</sub> [Olivotto i in. 2019], którą wyraża wzór:

$$WAAS_i = \frac{\sum_{k=1}^p |IPCA_{ik} EP_k|}{\sum_{k=1}^p EP_k} \quad (2)$$

gdzie IPCA<sub>ik</sub> (Interaction Principal Component Analysis) jest wartością k-tej interakcyjnej składowej głównej (IPCA) dla i-tej odmiany, EP<sub>k</sub> jest procentem zmienności wyjaśnianej przez k-tą interakcyjną zmienną składową główną (IPCA) (k = 1, 2, ..., p), a p jest liczbą istotnych składowych głównych.

Im mniejsza wartość miary stabilności, tym odmiana jest bardziej stabilna pod względem danej cechy w obrębie danego roku uprawy lub zbiorowości warunków przyrodniczo-klimatycznych rozpatrywanego rejonu Polski. W dalszej kolejności, dla każdej odmiany został obliczony Indeks selekcji odmiany (GSI), który obejmuje zarówno średnią odmianową dla danej cechy, jak i miarę stabilności WAAS<sub>i</sub> [Bocianowski i in. 2019]. Wartość tego indeksu dla i-tej odmiany wylicza się zgodnie ze wzorem:

$$GSI_i = RY_i + RWAAS_i \quad (3)$$

gdzie GSI<sub>i</sub> jest indeksem selekcji odmianowej wyznaczonym dla i-tej odmiany, RY<sub>i</sub> jest rangą średniej analizowanej cechy dla i-tej odmiany, a RWAAS<sub>i</sub> jest rangą indeksu WAAS dla i-tej odmiany. Im mniejsza wartość tego indeksu, tym odmiana ma średnio

najwyższą wartość cechy, a zarazem jest najbardziej stabilna pod względem badanej cechy.

Wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej  $i$ -tej odmiany  $W_i$  TOP X (gdzie  $X=1,2,3,4, \dots$ ) dla danej cechy jest częstością badanych środowisk, w których  $i$ -ta odmiana znalazła się w grupie X ( $X=1,2,3,4, \dots$ ) odmian o najbardziej preferowanych (zwykle najwyższych, np. dla plonu nasion, zawartości białka oraz wysokości osadzenia pierwszego strąka) średnich dla tej cechy, tzn. wskaźnik  $W_i$  jest równy:

$$W_i = (\text{liczba środowisk, w których } i\text{-ta odmiana znalazła się w grupie } W_i \text{ TOP X odmian o najbardziej preferowanych średnich dla danej cechy}) / \text{liczba badanych środowisk} \quad (4)$$

Im wyższa wartość wskaźnika  $W_i$ , tym odmiana wykazuje większy stopień szerokiej adaptacji pod względem danej cechy rolniczej do badanego spektrum warunków środowiska. Małe, niezerowe wartości wskaźnika  $W_i$  TOP X, informują o wąskiej adaptacyjności odmiany tylko do pewnych warunków środowiska.

Ponieważ procedura AMMI w programie Genstat podaje nazwy czterech odmian o najwyższej wartości średniej dla danej cechy w konkretnym środowisku, dlatego w pracy obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP 4, w obrębie zarówno wszystkich badanych środowisk, jak i w obrębie badanych miejscowości (agroekosystemów) w poszczególnych latach uprawy. W taki sposób można ocenić też powtarzalność adaptacyjności odmian w badanych latach o różnym przebiegu. Szczegółowa ocena wąskiej adaptacji odmian, wskazanych przez wskaźnik  $W_i$  TOP 4, jest możliwa na podstawie analizy przebiegu łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian na warunki środowiskowe, tj. na warunki przyrodnicze w latach badań.

Analiza skupień to zbiór metod wielowymiarowej analizy statystycznej, służących wyodrębnianiu jednorodnych podzbiorów obiektów badanej populacji. Metody analizy skupień są stosowane wówczas, gdy nie dysponujemy hipotezami *a priori*, a badania są w fazie wstępnej. Znajdowanie grup (skupień) obiektów odbywa się w oparciu o zmienne charakteryzujące analizowane obiekty, dlatego też istotnym elementem analizy skupień jest odpowiedni wybór zmiennych służących do wyodrębniania spójnych grup obiektów.

Ward [1963] do oszacowania odległości między obiektami wykorzystuje analizę wariancji. Metoda ta zmierza do minimalizacji sumy kwadratów odchyłeń wewnątrz



skupień. Miarą zróżnicowania skupienia względem wartości średnich jest ESS (Error Sum of Squares), zwany również błędem sumy kwadratów.

Do grupowania odmian, na podstawie średnich odmianowych dla wszystkich badanych cech, zastosowana została analiza skupień metodą Warda z kwadratową odległością euklidesową [Ward 1963], co pozwoliło ocenić podobieństwo wielocechowe (wielowymiarowe) badanych genotypów soi, uprawianej w warunkach przyrodniczych i rolniczych północnej Polski.

W analizowanym zbiorze danych było 13 odmian, 10 miejscowości i 3 lata, przy czym poszczególne miejscowości (środowiska) nie występowały we wszystkich latach. W 2017 roku doświadczenia z odmianami soi prowadzono w 5 miejscowościach (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin, Wróćkowo), a w latach 2018 – 2019 w 10 miejscowościach (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin, Wróćkowo), co razem daje 25 środowisk.

Analizowany zbiór danych składał się ze średnich dla odmian soi, obliczonych z powtórzeń dla następujących cech: wysokość roślin i wysokość osadzenia 1.go strąka (25 środowisk), masa tysiąca nasion, plon nasion (23 środowiska, gdyż w 2017 roku we Wróćkowie żadna z badanych odmian nie osiągnęła dojrzałości żniwnej, a w 2018 roku doświadczenie prowadzone w Nowej Wsi Ujskiej zostało zdyskwalifikowane z powodu zbyt dużego błędu statystycznego), zawartość białka i tłuszczu, wydajność białka (11 środowisk, tab. IV. 1. – miejscowości oznaczone symbolem \*).

Stopnie swobody w modelu AMMI są wyliczane na podstawie wzorów zawartych w pracy Gauch'a [1988]. Stopnie swobody dla odmian wynoszą G-1 (G to liczba badanych odmian), stopnie swobody dla środowisk E-1 (E to liczba środowisk w serii), dla interakcji (G-1) (E-1), dla i-tej składowej głównej G+E-1-2i, natomiast dla błędu (G-1) (E-1).

Dla analizowanego zbioru danych:

- liczba stopni swobody dla odmian  $G=13-1=12$ ,
- liczba stopni swobody dla środowiska  $E=23-1=22$ ,

dla cech: wysokość roślin oraz wysokość osadzenia 1.go strąka liczba stopni swobody dla interakcji wynosi  $G \times E = (13-1) \times (23-1) = 12 \times 22=264$ ,

natomiast dla cech: plon nasion, zawartość białka i tłuszczu, wydajność białka i tłuszczu liczba stopni swobody dla interakcji wynosi  $G \times E = (13-1) \times (23-1) -1=12 \times 22-1=263$ .

Wynika to z faktu, że dla tych cech brakowało jednej obserwacji (odmiana Petrina w 2017 roku w Radostowie) i dlatego od 264 odjęto 1.

Liczby stopni swobody dla składowych głównych były odpowiednio równe:

- stopnie swobody IPCA 1= $13+23-1-2 \times 1=36-3=33$ ,
- stopnie swobody IPCA 2= $13+23-1-2 \times 2=36-5=31$ ,
- stopnie swobody IPCA 3= $13+23-1-2 \times 3=36-7=29$ ,
- stopnie swobody IPCA 4= $13+23-1-2 \times 4=36-9=27$ .

Liczby stopni swobody dla błędu dla poszczególnych cech były równe:

- stopnie swobody dla błędu = $264-33-31-29-27=264-120=144$  dla wysokości roślin oraz wysokości osadzenia 1.go strąka,
- stopnie swobody dla błędu = $263-33-31-29-27=263-120=143$  dla plonu nasion.

## V. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

### V.1. Warunki fizjograficzne i glebowe

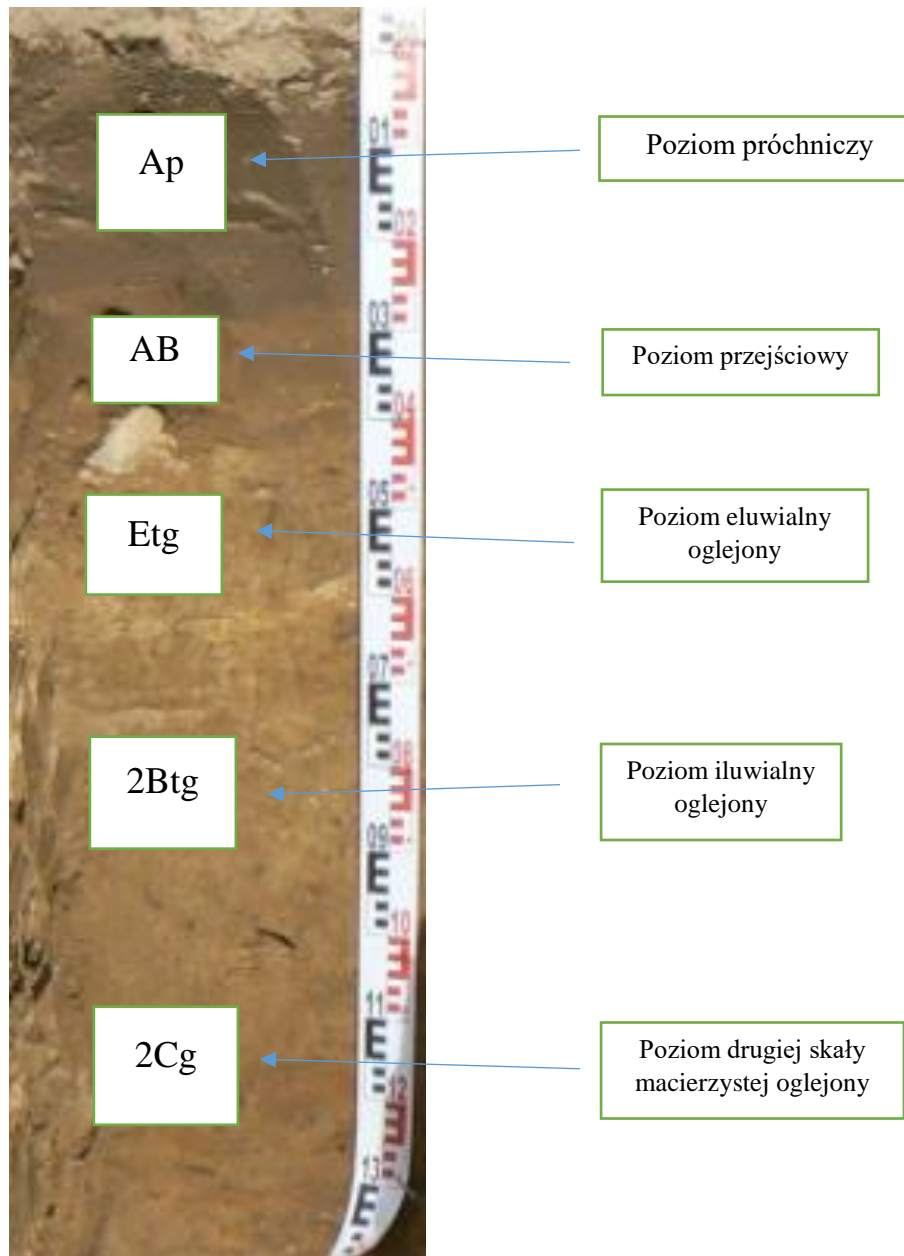
#### 1.1. Białogard ( $\Phi = 54^{\circ}00'$ , $\Lambda = 16^{\circ}00'$ )

Zakład Doświadczalny Oceny Odmian w Białogardzie położony jest w mezoregionie Równina Białogardzka, którą tworzy glacitektonicznie spiętrzona morena z porwakami piasków i ilów trzeciorzędowych, wsunięta klinem wzdłuż górnego biegu rzeki Parsęty w obrębie pojezierzy Drawskiego i Bytowskiego. Powierzchnię Równiny Białogardzkiej kształtuje lekko falista morena denna zbudowana z glin o zróżnicowanym uziarnieniu, często kamienistych, w wielu miejscach przykrytych warstwą piasków pokrywowych [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją założono na glebie płowej, reprezentatywnej dla gleb tego mezoregionu. Gleby płożozienne tworzą się w warunkach klimatu na tyle wilgotnego, przynajmniej okresowo, że nie cała woda opadowa zostaje odparowana lub pobrana przez rośliny, lecz jej część przesiąka w głąb profilu glebowego. Stopniowo wymywane są węglany i kationy zasadowe, a gdy obniżone stężenie kationów dwuwartościowych (głównie wapnia) umożliwi dyspersję ilu, następuje przemieszczenie koloidów ilastych, a z nimi żelaza i innych pierwiastków. Efekty procesów eluwacji i iluwacji mogą nakładać się na pierwotną nieciągłość litogeniczną w profilu glebowym (jak w przypadku piasków naglinowych), prowadząc do jeszcze silniejszego zubożenia i rozluźnienia warstw powierzchniowych oraz wzbogacenia i zwiększenia zwięzłości warstw podpowierzchniowych. Większa zwięzłość poziomu iluwialnego Bt wzmaga z kolei okresowe stagnowanie wody w profilu i ujawnianie się cech opadowego oglejenia.

Poziom próchniczny Ap jest barwy szaro-brunatnej, ma strukturę gruzelkową i układ pulchny, a jego miąższość (27-30 cm) i ostra dolna granica wyznaczone zostały głębokością orki. Odczyn poziomu ornego jest lekko kwaśny ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,7$ ) (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalne makroskładniki zróżnicowana: magnezu – bardzo niska, potasu – średnia, a fosforu – wysoka (tab. V. 3.). Bezpośrednio poniżej zalega poziom AB barwy brunatnej, o ostro zarysowanej dolnej granicy na głębokości ok. 40-42 cm, którego obecność wskazuje na wykonywanie w przeszłości głębokich orek.

Poziom eluwialny Etg barwy płowo-szarej, sięgający do głębokości 70 cm, ma układ słabo pulchny, uziarnienie piasku gliniastego (tab. V. 1.), kwaśny odczyn (tab. V. 4.) i niską lub bardzo niską zasobność w makroskładniki (tab. V. 3.). Zalegający na głębokości 70 – 100 cm poziom iluwialny 2Btg, o składzie granulometrycznym gliny ciężkiej (gliny zwykłej wg klasyfikacji PTG z 2008 roku) (tab. V. 1.), ma strukturę angularną i zwięzły układ. Wyraźnie słabsza przepuszczalność poziomu 2Btg skutkuje zatrzymaniem wody opadowej/roztopowej i dość wyraźnym oglejeniem opadowym (drobno-plamistym, żelazistym) występującym zarówno w poziomie iluwialnym 2Btg, jak i ponad nim, w poziomie Etg. Odczyn poziomu iluwialnego jest kwaśny, zasobność w fosfor – bardzo niska, w potas – średnia, a w magnez – bardzo wysoka (tab. V. 3.). Plamiste oglejenie opadowe obecne jest również poniżej głębokości 100 cm (w skale macierzystej o uziarnieniu gliny lekkiej) (tab.V. 2.), świadcząc o głębokim i długotrwałym nasyceniu profilu glebowego wodami opadowymi/roztopowymi. Ze względu na opisane wyżej cechy redox, zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6), glebę należy zaliczyć do gleb płowych opadowo-glejowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, dla gleby należy ustalić klasę bonitacyjną AB-2-IIIb-m.



Fot. V. 1. Gleba płowa opadowo – glejowa wytworzona z piasku gliniastego na glinie piaszczystej – ZDOO Białogard

## 1.2. Chrząstowo ( $\Phi = 53^{\circ}11'$ , $\Lambda = 17^{\circ}35'$ )

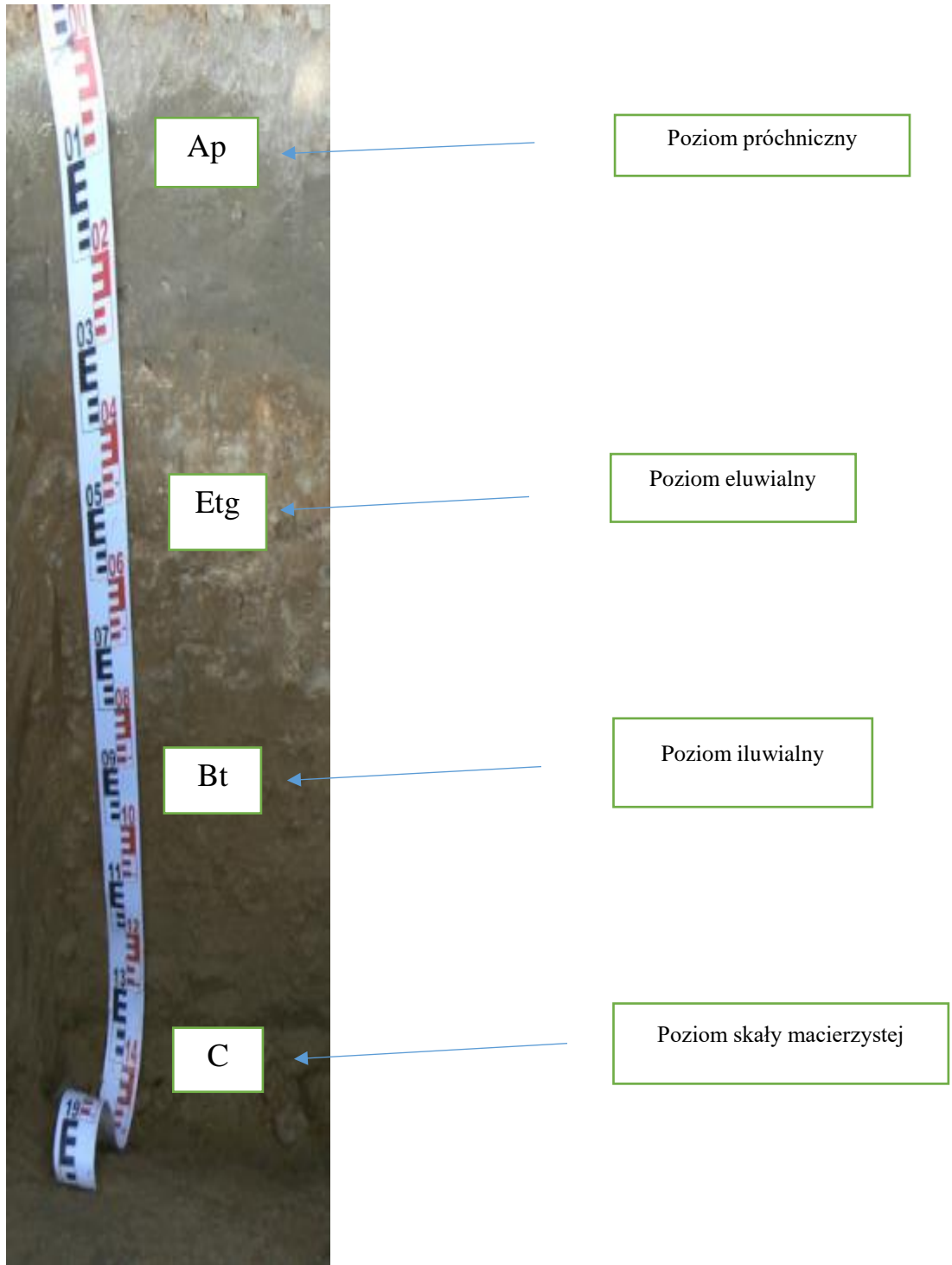
Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Chrząstowie położona jest w mezoregionie Pojezierza Wschodniopomorskiego, na pojezierzu Krajeńskim, które znajduje się między dolinami Gwdy, Brdy i Środkowej Noteci. Na wysoczyźnie Pojezierza Krajeńskiego zaznacza się tutaj kilka linii postoju czoła lodowca w recesyjnej subfazie krajeńskiej zlodowacenia wiślańskiego. Budują ją gliny morenowe z głazami. Lokalnie spiaszczone z przewarstwieniami piasku niewielkiej miąższości. Przeważają gleby płowe na glinach zwałowych lekkich i piaskach naglinowych [Kondracki 2009]. Gleby płowe tworzą się w warunkach klimatu na tyle wilgotnego, przynajmniej okresowo, że nie cała woda opadowa zostaje odparowana lub pobrana przez rośliny, lecz jej część przesiąka w głąb profilu glebowego. Stopniowo wymywane są węglany i kationy zasadowe, a gdy obniżone stężenie kationów dwuwartościowych (głównie wapnia) umożliwi dyspersję iłu, następuje przemieszczenie koloidów ilastych, a z nimi żelaza i innych pierwiastków. Efekty procesów eluwiacji i iluwiacji mogą nakładać się na pierwotną nieciągłość litogeniczną w profilu glebowym (jak w przypadku piasków naglinowych), prowadząc do jeszcze silniejszego zubożenia i rozluźnienia warstw powierzchniowych oraz wzbogacenia i zwiększenia zwięzłości warstw podpowierzchniowych.

Doświadczenia zakładano na glebie płowej wytworzonej z gliny lekkiej pylastej (według klasyfikacji uziarnienia gleb z 1956/1975 roku) (tab. V. 2.), albo z gliny lekkiej (według klasyfikacji uziarnienia z 2008 roku) (tab. V. 1.), co kwalifikuje glebę do kategorii agronomicznej gleb średnich. Poziom próchniczny Ap, jest barwy ciemno szarej, o strukturze gruzelkowej i układzie średnio zwięzłym. Odczyn gleby w poziomie ornym jest lekko kwaśny  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,1$  (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalny dla roślin magnez jest - średnia, a przyswajalny fosfor i potas – bardzo wysoka (tab. V. 3.). Dolna granica poziomu Ap jest wyraźna lub ostra, co świadczy, że miąższość poziomu jest ukształtowana w wyniku orki. Niżej leżący poziom eluwalny Etg ma do głębokości około 70 cm barwę płowo – brunatną (mozaikowatą od opadowego oglejenia) w układzie słabo zwięzłym. Odczyn tego poziomu jest lekko kwaśny (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny magnez – wysoka, fosfor – bardzo wysoka, a w przyswajalny potas – wysoka (tab. V. 3.). Głębiej występuje poziom iluwalny Bt do 100 cm o barwie brunatnej, strukturze angularnej i układzie średnio zwięzłym. Gleba w tym poziomie nadal odczyn lekko kwaśny (tab. V. 4.) i wysoką zasobność w przyswajalny magnez, wysoką w potas i, co jest zaskakujące - bardzo wysoką w przyswajalny fosfor

---

(tab. V. 3.). Poniżej 100 cm występuje skała macierzysta C, barwy brunatnej, o strukturze angularnej i układzie zwięzłym.

W poziomie skały macierzystej rośnie pH - odczyn obojętny (tab. V. 4.). Raptownie zmniejsza się zawartość potasu do poziomu bardzo niskiego, a fosforu do poziomu niskiego, a zawartość magnezu obniża się do zawartości średniej (tab. V. 3.). W myśl najnowszej Systematyki Gleb Polski PTG (SGP6 z 2019 roku) glebę należy zaliczyć do gleb pływanych opadowo-glejowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów glebę należy zaliczyć do A-3– IIIa–a.



Fot. V. 2. Gleba płowa opadowo-glejowa wytworzona z gliny lekkiej - SDOO  
Chrzastowo



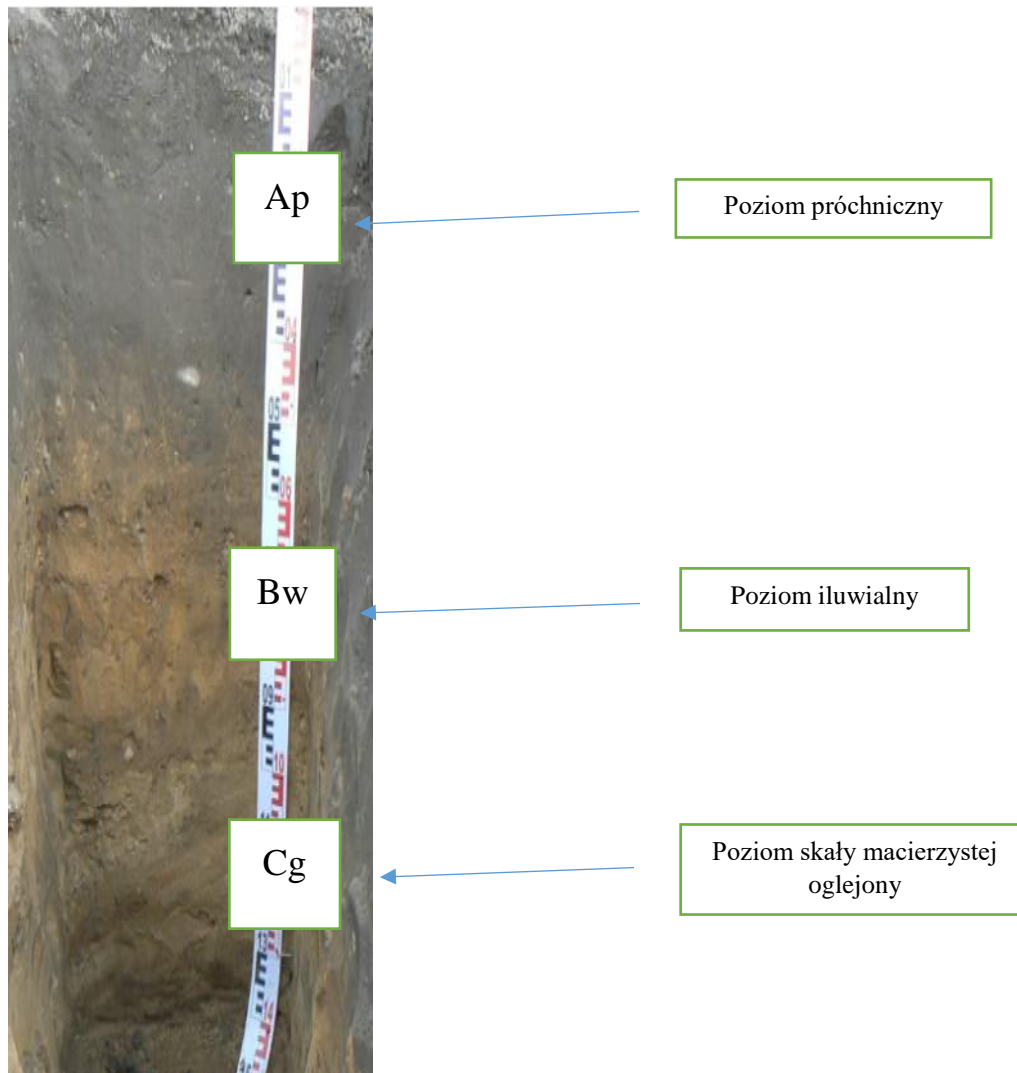
### 1.3. Głębokie ( $\Phi = 52^{\circ}39'$ , $\Lambda = 18^{\circ}26'$ )

Zakład Doświadczalny Oceny Odmian Głębokie położony jest w mezoregionie Równiny Inowrocławskiej, będącej płaską wysoczyzną morenową położoną z nielicznymi małymi jeziorami, głównie w północno-zachodniej części mezoregionu. Utwory polodowcowe budujące równinę morenową są przestrzennie zróżnicowane od glin średnich do piasków gliniastych, wśród których lokalnie występują fluwioglacjalne piaski słabogliniaste i luźne. Małe nachylenie powierzchni terenu i słaby drenaż naturalny były przyczyną nadmiernego uwilgotnienia gleby i powstania czarnych ziem z kilkudziesięciocentymetrową miąższością poziomu próchnicznego. Z zabarwieniem gleb wiąże się nazwa tej krainy – „Czarne Kujawy” [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją zakładano na odwodnionych, wyługowanych i zbrunatniałych czarnych ziemiach. Gleba ma w całym profilu uziarnienie gliny lekkiej (wg klasyfikacji sprzed 2008 roku) (tab. V. 2.) albo gliny piaszczystej (wg klasyfikacji uziarnienia z 2008 roku) (tab. V. 1.) i znajduje się na pograniczu kategorii agronomicznej gleb lekkich i średnich. Poziom próchniczny o miąższości około 45 cm ma barwę czarną, korzystną strukturę gruzełkową i układ pulchno - zwięzły. Odczyn gleby jest lekko kwaśny ( $\text{pH}_{\text{KCl } 5,9}$ ) (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalny dla roślin magnez jest średnia, a w przyswajalny fosfor i potas – bardzo wysoka (tab. V. 3.). Poziom A stopniowo przechodzi w poziom brunatnienia Bw o strukturze subangularnej i układzie słabozwięzłym, odczynie lekko kwaśnym (tab. V. 4.), średniej zasobności w przyswajalny fosfor i potas, a wysokiej – w magnez (tab. V. 3.). Do głębokości 70-80 cm nie występują lub są bardzo słabo zaznaczone cechy związane z oglejeniem. Poniżej zalegająca skała macierzysta Cg barwy żółto-szarej jest niejednorodna, zawiera soczewki utworów zwięzlejszych (gliniastych) i piaszczystych. Układ warstwy jest zwięzły, przez średnio zwięzły do pulchnego. Odczyn jest alkaliczny (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny potas – bardzo niska, w magnez – niska, a w przyswajalny fosfor – bardzo wysoka (tab. V. 3.). W dolnej części profilu, szczególnie poniżej głębokości 130 cm, silniej zaznaczają się plamy glejowe świadczące o okresowym nadmiarze wody i beztlenowych warunkach.

Zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6) gleba należy do czarnych ziem wyługowanych zbrunatniałych ze względu na brak (wyługowanie) węglanu wapnia w profilu gleby oraz obecność podpowierzchniowego poziomu brunatnienia. Zgodnie

z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów glebę należy zaliczyć do klasy D-IIIa-a.



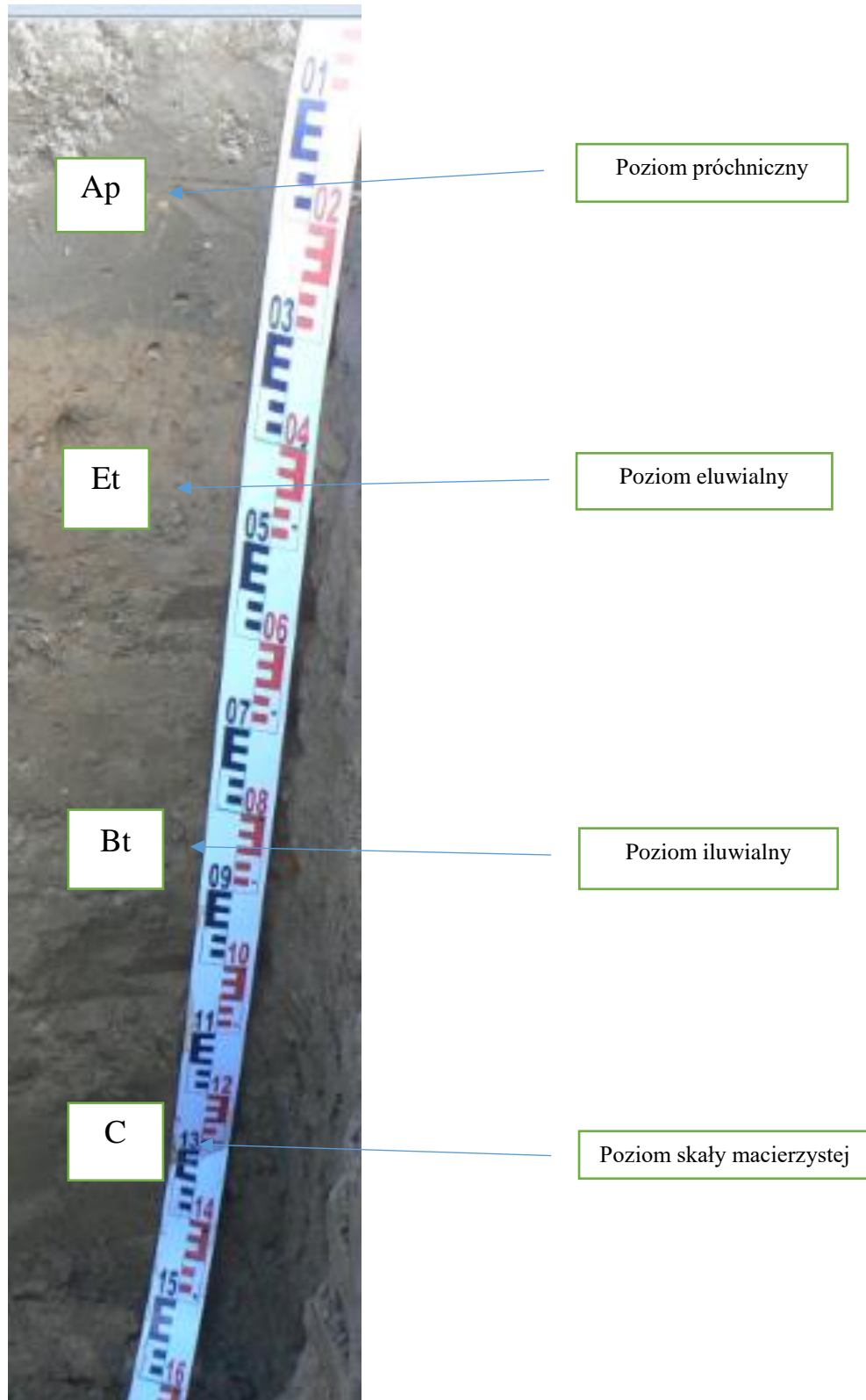
Fot. V. 3. Czarna ziemia odwodniona, wyługowana zbrunatniała wytworzona z gliny piaszczystej - ZDOO Głębokie

#### 1.4. Karzniczka ( $\Phi = 54^{\circ}29'$ , $\Lambda = 17^{\circ}14'$ )

Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Karzniczce położona jest w mezoregionie Pobrzeża Koszalińskiego. Wysoczyzna Damnicka znajduje się pomiędzy dolinami Słupi i Łeby wznosząc się 20-30 m wyżej niż przylegająca od zachodu Równina Sławińska, tj. do 60 – 80 m, a miejscami nawet do 100 m. Dzięki większemu wzniesieniu i stromym zboczom rozciągających dolin, wysoczyzna Damnicka wyraźnie się wyodrębnia z otaczających ją regionów. Na północy, na pograniczu Wybrzeża Sławińskiego przebiegają wzgórza morenowe fazy gardzieńskiej, którym towarzyszy od południa sandr [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją założono na glebie płowej typowej. Poziom próchniczny Ap jest barwy szaro-brunatnej, ma strukturę gruzełkową o układzie pulchnym, a jego miąższość 30 cm i ostra dolna granica wyznaczone została głębokością orki. Odczyn poziomu ornego jest lekko kwaśny  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,8$  (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalne makroskładniki zróżnicowana: magnezu i fosforu – niska, potasu – wysoka (tab. V. 3.). Poziom eluwalny Et barwy płowo-brunatnej, sięgający do głębokości 70 cm, ma układ słabo pulchny, uziarnienie piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), kwaśny odczyn i niską zawartość fosforu i potasu oraz średnią magnezu (tab. V. 3.). Zalegający na głębokości 70 – 100 cm poziom iluwalny Bt, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), ma strukturę angularną i zwięzły układ. Odczyn poziomu eluwalnego jest bardzo kwaśny (tab. V. 4.), zasobność w fosfor i potas – bardzo niska, a w magnez – niska (tab. V. 3.). Poniżej głębokości 100 cm, w skale macierzystej o uziarnieniu piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), odczyn jak i zasobność w mikroskładniki jest taka sama jak w poziomie iluwalnym.

Zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6), glebę pola doświadczalnego należy zaliczyć do gleb płowych typowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, dla gleby należy ustalić klasę bonitacyjną A-2-IIIa–c.



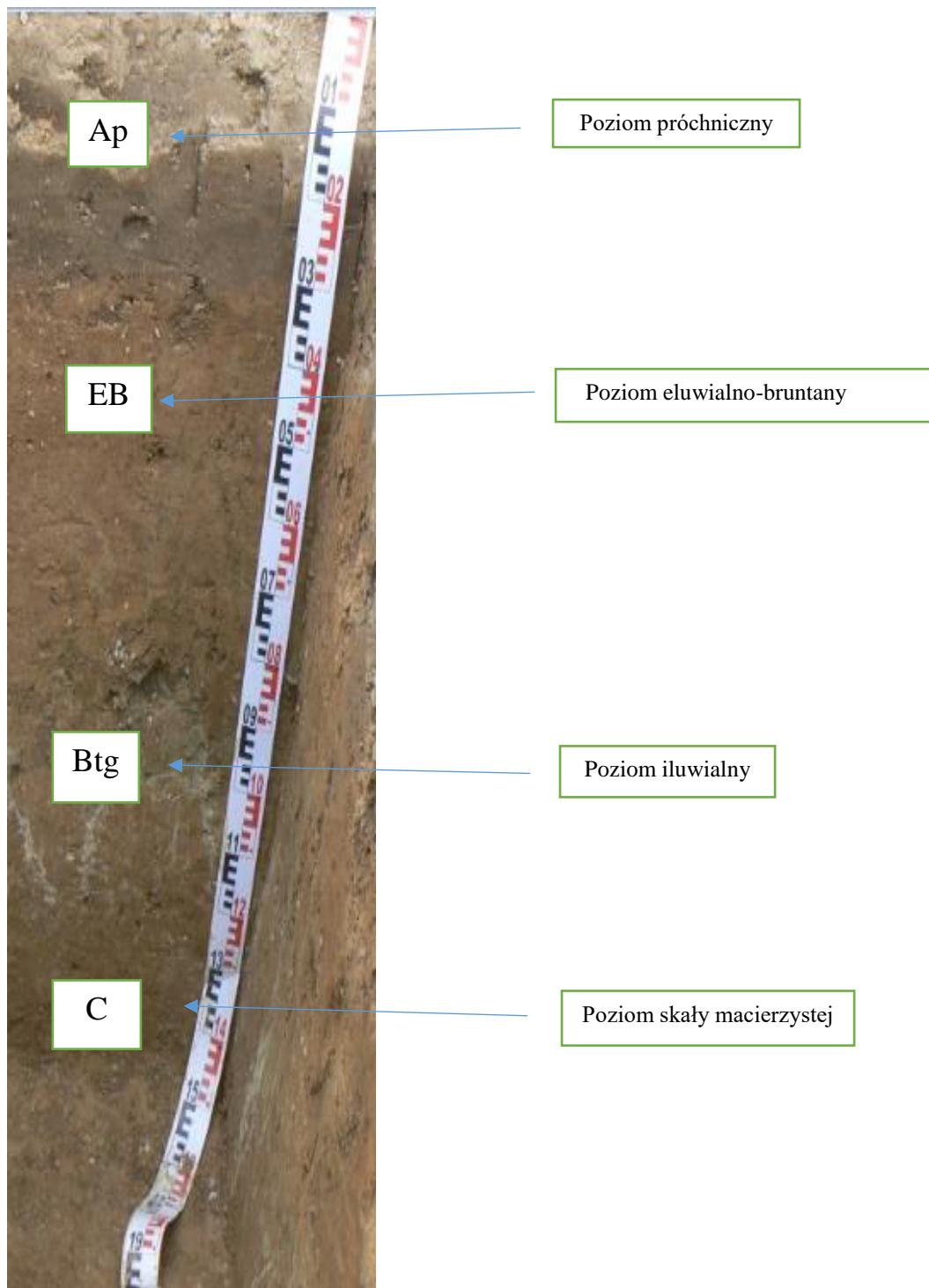
Fot. V. 4. Gleba płowa typowa wytworzona z gliny piaszczystej - SDOO Karzniczka

### 1.5. Krzyżewo ( $\Phi = 53^{\circ}01'$ , $\Lambda = 22^{\circ}45'$ )

Spacja Doświadczalna Oceny Odmian w Krzyżewie położona jest w mezoregionie Niziny Północno-Podlaskiej. W budowie geologicznej Wysoczyzny Wysokomazowieckiej zauważa się pewną strefowość. Wzdłuż południowej granicy dość zwartym pasem występują piaski i żwiry rzeczno - lodowcowe zlodowacenia środkowopolskiego. Na północ od nich pojawiają się gliny zwałowe, ich piaszczyste eluwia oraz piaski z głazami akumulacji lodowcowej, związane ze stadiąłem mazowiecko-podlaskim. Jeszcze dalej na północ, na obszarze obejmującym bez mała połowę regionu, występują takie same utwory, ale związane ze stadiąłem północno - mazowieckim. Spotyka się tu także nieco piasków i żwirów fluwioglacjalnych. Rzeźba terenu jest stosunkowo jednolita. Na południu regionu, wąską strefą występują zdenudowane równiny sandrowe. Pozostałą powierzchnię kształtują formy rzeźby związane z występowaniem zdenudowanej wysoczyzny morenowej oraz akumulacji rzeczno - lodowcowej, ukształtowanej w trakcie zlodowacenia środkowopolskiego. Dominującym typem gleb są gleby płowe, brunatne wyługowane i pseudoglejowe, wytworzone z piasków naglinowych i glin zwałowych lekkich [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją zakładano na glebie płowej zbrunatniałej. Poziom próchniczny (orny) Ap o miąższości 30 cm ma uziarnienie piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), barwy ciemno-szarej, gruzełkową strukturę i układ pulchno-zwięzły. Odczyn gleby w poziomie ornym jest lekko kwaśny  $pH_{KCl}$  6,3 (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny fosfor – bardzo wysoka, w magnez – wysoka a w potas - średnia (tab. V. 3.). Poziom Ap ma wyraźną i wyrównaną dolną granicę, ale pod nią widoczny poziom nieregularnego przenikania się poziomów A i EB, świadczący o spulchnianiu gleby zabiegami takimi jak głęboszowanie. Poniżej zalega poziom EB zastępujący poziom E i utworzony prawdopodobnie wskutek głębokich zabiegów uprawowych. Poziom ten ma uziarnienie piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), lekko kwaśny odczyn (tab. V. 4.) oraz bardzo niską zasobność w potas i bardzo wysoką, jak w poziomie Ap, zawartość w przyswajalny fosfor (tab. V. 3.). Zalegający poniżej 70 cm piasek gliniasty mocny pylasty (tab. V. 2.), który do 100 cm tworzy poziom iluwalny Btg, a poniżej 100 cm skałę macierzystą C, charakteryzuje się odczynem zasadowym (tab. V. 4.), bardzo niską zasobnością w przyswajalny potas i fosfor, a wysoką zawartością w przyswajalny magnez (tab. V. 3.).

W myśl Systematyki Gleb Polski PTG (SGP6), gleba pól doświadczalnych zalicza się do gleb płowych zbrunatniałych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, gleba powinna być zaliczona do klasy A-2-IIIa-c.



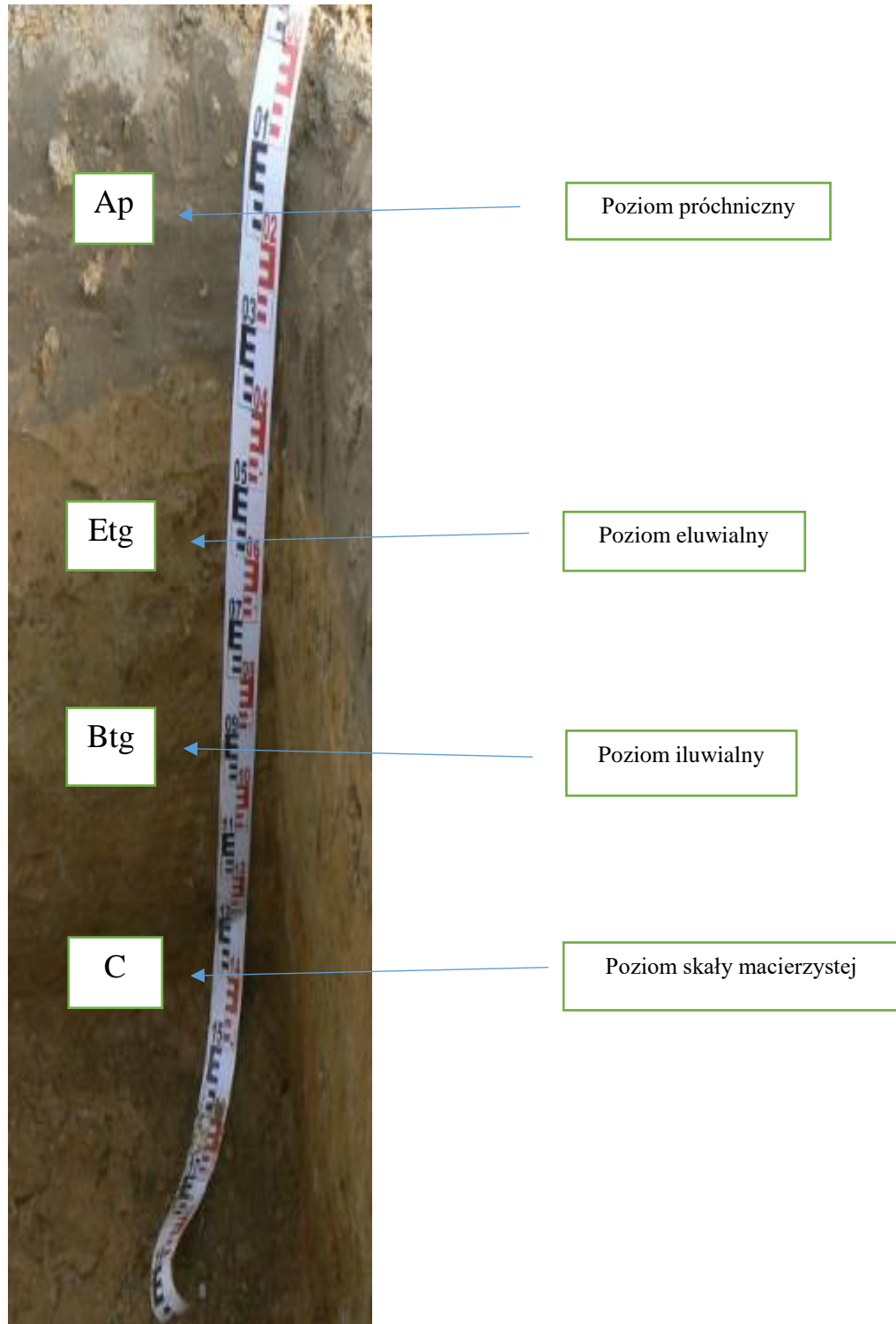
Fot. V. 5. Gleba płowa zbrunatniała wytworzona z gliny piaszczystej - SDOO Krzyżewo

### 1.6. Marianowo ( $\Phi = 53^{\circ}13'$ , $\Lambda = 22^{\circ}07'$ )

Zakład Doświadczalny Oceny Odmian w Marianowie położony jest w mezoregionie Niziny Północno – Podlaskiej na prawym zboczu doliny Narwi w jej zwężeniu pod Łomżą. Powierzchnia Wysoczyzny Kolneńskiej ukształtowana jest w wyniku stopniowego zaniku martwej pokrywy lodowcowej zlodowacenia, przy czym rzeźbę „przetainową” zmodyfikowały procesy peryglacjalne, których wynikiem są szerokie doliny o łagodnie nachylonych zboczach. Rzeźbę wysoczyzny ukształtowały osady fluwioglacjalne. Jest ona starsza od otaczających ją terenów, różni się też od nich swym ukształtowaniem. Często są też osady niewarstwowane, duże głazy i niekiedy pakiety gliny [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją zakładano na glebie płowej, o typowej budowie profilu glebowego. Poziom próchniczny Ap jest barwy ciemno-szarej, o składzie granulometrycznym pyłu zwykłego (gliny piaszczystej wg klasyfikacji PTG z 2008 roku). Jego miąższość 35 cm, wyznaczyła głębokość orki, na co wskazuje ostra dolna granica. Odczyn poziomu ornego jest obojętny  $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,9$  (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny fosfor i potas – bardzo wysoka, natomiast magnez - średnia (tab. V. 3.). Pod nim zalega poziom eluwalny Etg barwy płowo-brunatnej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), układzie słabo zwięzłym. Odczyn tego poziomu jest lekko kwaśny ( $\text{pH}$  niższe niż w poziomie ornym) (tab. V. 4.), a zasobność w makroskładniki – niska w fosfor i potas, a bardzo wysoka w magnez (tab. V. 3.). Między 70 – 100 cm położony jest poziom iluwalny Btg o uziarnieniu piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), mający strukturę angularną i układ zwięzły. Odczyn tego poziomu jest obojętny (tab. V. 4.), zasobność w magnez przyswajalny – bardzo wysoka, lecz zasobność w potas – bardzo niska (tab. V. 3.). Skała macierzysta ma uziarnienie piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), odczyn zasadowy oraz, podobnie jak w poziomie Btg, bardzo niską zawartość potasu przyswajalnego i bardzo wysoką zawartość magnezu przyswajalnego (tab. V. 3.).

Należy zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6) do gleb płowych typowych (słabo opadowo-glejowych). Dlatego, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, glebę tę należy zaliczyć do klasy bonitacyjnej A-2-IIIa-c.



Fot. V. 6. Gleba płowa typowa (słabo opadowo-glejowa) wytworzona z gliny piaszczystej - ZDOO Marianowo

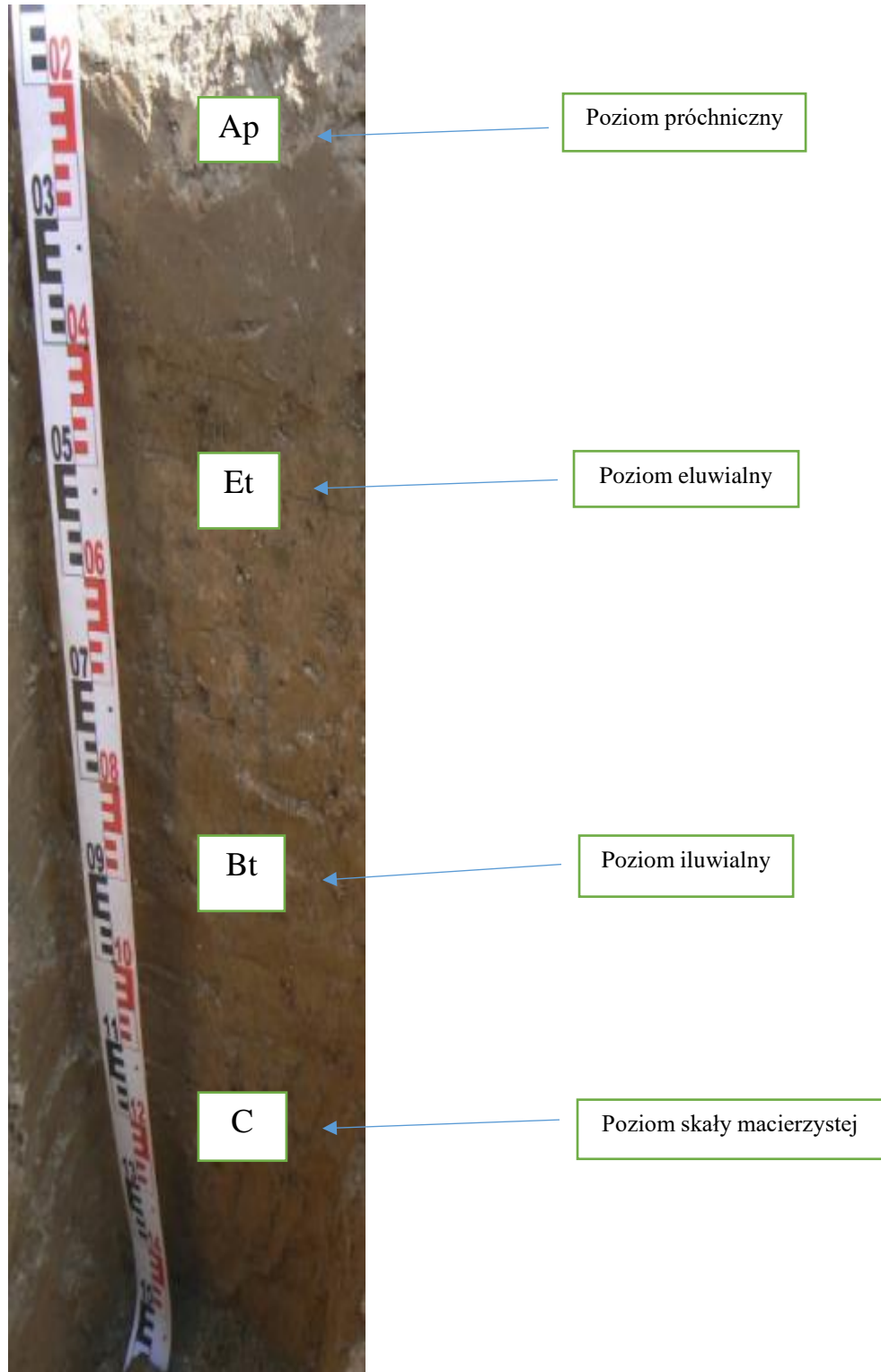


### 1.7. Nowa Wieś Ujska ( $\Phi = 53^{\circ}02'$ , $\Lambda = 16^{\circ}45'$ )

Zakład Doświadczalny Oceny Odmian w Nowej Wsi Ujskiej położony jest w mezoregionie Pojezierza Wielkopolskiego. Ukształtowanie powierzchni jest tu mniejsze niż na pojezierzach pomorskich i mazursko-litewskich, linie stagnowania czoła lodowca skandynawskiego są rozsunięte, dużą rolę odgrywało zanikanie na miejscu nieruchomego, martwego lodu lodowcowego. Pojezierze Chodzeńskie znajduje się pomiędzy Doliną Środkowej Noteci, a doliną Welny, prawego dopływu Warty, pełniącą funkcję doliny marginalnej podczas subfazy chodzeńskiej zlodowacenia wiślańskiego [Kondracki 2009].

Doświadczenie z soją założone zostało na glebie płowej typowej. Poziom próchniczny o miąższości około 40 cm ma barwę ciemno szarą, korzystną strukturę gruzełkową i układ pulchno-zwięzły. Odczyn gleby jest lekko kwaśny  $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,8$  (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalny dla roślin magnez i potas jest średnia, a w przyswajalny fosfor – bardzo wysoka (tab. V. 3.). Poziom A stopniowo przechodzi w poziom eluwalny Et o układzie słabo-zwięzłym, odczynie kwaśnym, średniej zasobności w przyswajalny potas, a bardzo wysokiej – w magnez i, co jest zaskakujące – niską zawartość fosforu (tab. V. 3.). Głębiej występuje poziom Bt (do 100 cm) o barwie brunatnej, strukturze angularnej i układzie średnio zwięzłym. Gleba w tym poziomie ma nadal odczyn kwaśny (tab. V. 4.) i bardzo wysoką zasobność w przyswajalny magnez, niską w fosfor i bardzo niską w potas (tab. V. 3.). Poniżej zalegająca skała macierzysta C barwy brunatnej ma układ zwięzły do średnio zwięzłego. Odczyn jest kwaśny (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny potas – bardzo niska, w przyswajalny fosfor – niska, a w magnez – bardzo wysoka (tab. V. 3.).

Zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6) gleba należy do gleb płowych typowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów glebę należy zaliczyć do klasy A-3-IIIa-a.



Fot. V. 7. Gleba płowa typowa wytworzona z gliny lekkiej - ZDOO Nowa Wieś Ujska

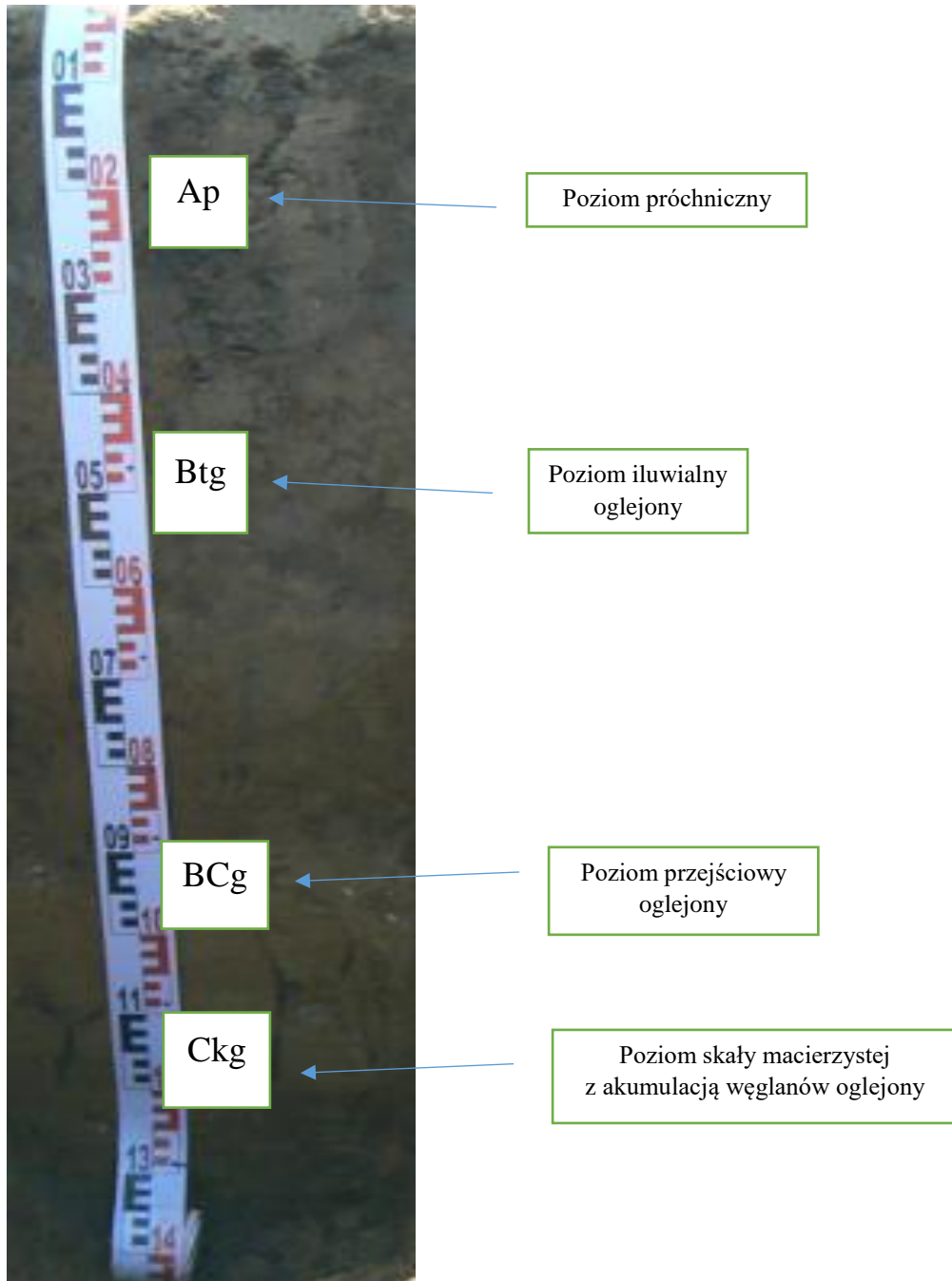
### 1.8. Radostowo ( $\Phi = 53^{\circ}59'$ , $\Lambda = 18^{\circ}45'$ )

Zakład Doświadczalny Oceny Odmian w Radostowie położony jest w mezo-regionie Pojezierza Starogardzkiego, tworzącego wschodnie rubieże Pojezierza Pomorskiego, stopniowo obniżające się ku Dolinie Dolnej Wisły. Powierzchnię terenu buduje falista równina morenowa z niewysokimi pagórkami morenowymi, rzadko przekraczającymi wysokość względną 15 m. Utwory powierzchniowe składają się przeważnie z glin zwałowych zlodowacenia Wisły (północnopolskiego), bardzo silnie zróżnicowanych litologicznie i przestrzennie, miejscami przechodzących w pyły ilaste lub piaski gliniaste. Młode gliny polodowcowe są wyługowane z węglanów tylko w warstwach powierzchniowych, natomiast w warstwach głębszych mogą występować nagromadzenia wtórnych węglanów [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją założono na odwodnionych czarnych ziemiach. Czarne ziemie charakteryzują się znaczną zawartością zhumifikowanej materii organicznej zakumulowanej w głębokim poziomie próchnicznym. Geneza czarnych ziem jest związana z występowaniem przynajmniej okresowej podmokłości gleby, jednak większość czarnych ziem poddano melioracjom odwadniającym, wskutek czego współcześnie gleby te mogą mieć słabo zaznaczone cechy oglejenia lub oglejenie występuje na znacznej głębokości. Czarne ziemie o uregulowanych stosunkach wodnych (zdrenowane) należą do najbardziej produktywnych gleb Polski, a pewien nadmiar wilgoci w profilach tych gleb może być cechą korzystną w latach posusznych, coraz częściej nawiedzających Polskę. Czarne ziemie charakteryzują się słabo kwaśnym lub obojętnym odczynem w warstwach powierzchniowych i słabo alkalicznym odczynem w warstwach podpowierzchniowych, a także wysokim wysyceniem kationami zasadowymi w całym profilu glebowym, co często wynika z obecności węglanu wapnia. Czarna ziemia w Radostowie wytworzona została z glin ciężkich pylastych przewarstwionych pyłem ilastym (według klasyfikacji uziarnienia gleb z 1956/1975 roku) (tab. V. 2.) albo z pyłu ilastego (według klasyfikacji uziarnienia z 2008 roku) (tab. V. 1.), co kwalifikuje glebę do kategorii agronomicznej gleb ciężkich. Gleba wyróżnia się głębokim na 35-45 cm poziomem próchnicznym Ap, czarnej barwy, o strukturze gruzełkowatej i układzie średnio zwięzłym. Odczyn gleby w poziomie ornym jest słabo kwaśny ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,3$ ) (tab. V. 4.), natomiast zasobność w przyswajalny dla roślin magnez jest średnia, a w przyswajalny fosfor i potas – bardzo wysoka (tab. V. 3.). Dolna granica poziomu Ap jest wyraźna lub ostra, co świadczy, że miąższość poziomu jest

ukształtowana w wyniku orki. Niżej leżący poziom Btg ma do głębokości około 70 cm barwę rdzawo-szarą z drobnymi plamkami słabego oglejenia opadowego, strukturę angularną (poliedryczną ostrokrawędzistą) i układ zwięzły. Odczyn tego poziomu jest lekko kwaśny (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny magnez – wysoka, fosfor – bardzo wysoka, a w przyswajalny potas – niska (tab. V. 3.). Głębiej występuje poziom przejściowy BCg (do 90-100 cm) o barwie żółtobrunatnej, strukturze angularnej i układzie średnio zwięzłym, ze słabymi cechami opadowego oglejenia. Gleba w tym poziomie ma odczyn zasadowy (tab. V. 4.) i wysoką zasobność w przyswajalny magnez, niską – w potas i, co jest zaskakujące – bardzo wysoką w przyswajalny fosfor (tab. V. 3.). Poniżej 90-100 cm występuje skała macierzysta Ckg, barwy brunatnej, o strukturze angularnej i układzie zwięzłym, w której obecne są konkracje wytrąconego (wtórnego) węglanu wapnia („laleczki węglanowe”) o wielkości orzechów włoskich. Utrzymuje się bardzo wysoka zawartość przyswajalnego magnezu i średnia potasu, ale raptownie zmniejsza się zawartość fosforu (do poziomu bardzo niskiego) (tab. V. 3.).

W myśl najnowszej Systematyki Gleb Polski PTG (SGP6 z 2019 roku) glebę należy zaliczyć do czarnych ziem iluwialnych kalcikowych, ze względu na obecność poziomu iluwialnego Btg oraz nagromadzenia wtórnych węglanów, tworzących poziom diagnostyczny kalcik. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów glebę należy zaliczyć do klasy D-IIIa-c.



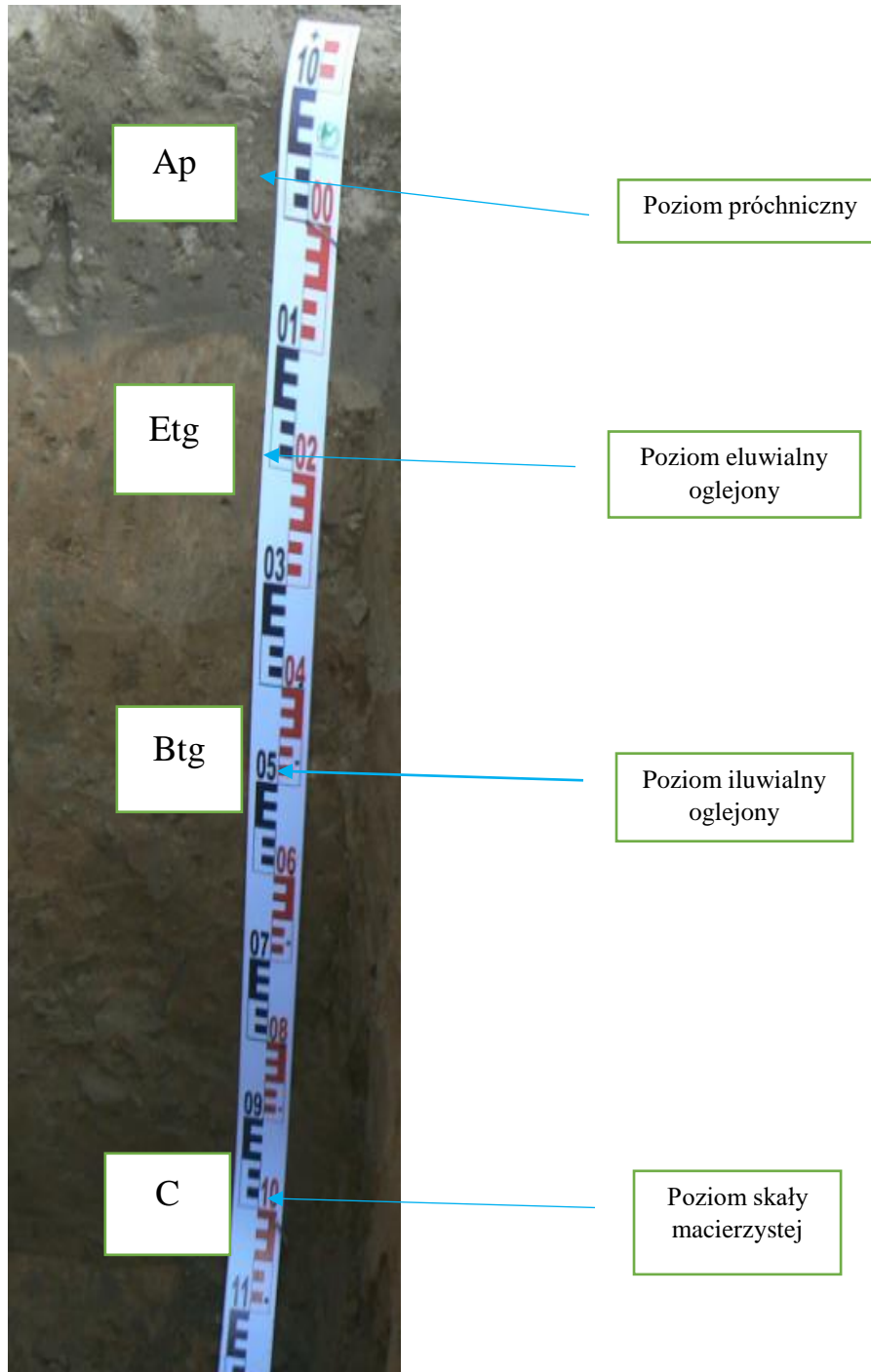
Fot. V. 8. Czarna ziemia kalcikowa wytworzona z pyłu ilastego - ZDOO Radostowo

### 1.9. Świebodzin ( $\Phi = 52^{\circ}14'$ , $\Lambda = 15^{\circ}35'$ )

Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Świebodzinie położona jest w mezoregionie Pojezierze Łagowskie, będącym marginalnym fragmentem rozległego Pojezierza Wielkopolskiego. Pagórkowate moreny Pojezierza Łagowskiego są przeważnie typu glacitektonicznego, tzn. powstały pod wpływem nacisku nasuwającego się lodowca na podłoże. W północnej części regionu przebiega granica zasięgu fazy poznańskiej zlodowacenia Wisły, natomiast na południowym wschodzie występują recesyjne moreny fazy leszczyńskiej tego zlodowacenia. Gleby Pojezierza Wielkopolskiego, podobnie jak na Pojezierzu Pomorskim, charakteryzują się ogromną różnorodnością litologiczną utworów polodowcowych, zarówno w układzie przestrzennym, jak i głębokościowym [Kondracki 2009].

Doświadczenia z soją zakładano na glebie płowej, o typowej budowie profilu glebowego. Poziom próchniczny Ap jest barwy ciemno-szarej, ma uziarnienie piasku gliniastego mocnego, strukturę gruzełkową i układ pulchny. Jego miąższość (26-30 cm) wyznaczyła głębokość orki, na co wskazuje ostra dolna granica. Odczyn poziomu ornego jest lekko kwaśny ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,1$ ) (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny fosfor – wysoka, natomiast w potas i magnez – średnia (tab. V. 3.). Pod nim zalega poziom eluwialny Etg barwy płowo-szarej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), układzie słabo związłym i z wyraźnym drobnoplamistym oglejeniem opadowym. Odczyn tego poziomu jest lekko kwaśny (tab. V. 4.) ( $\text{pH}$  niższe niż w poziomie ornym), a zasobność w makroskładniki – bardzo niska do średniej (tab. V. 3.). Między 60 – 90 cm położony jest poziom iluwialny Btg o uziarnieniu piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), mający strukturę angularną i układ związły oraz wyraźne drobnoplamiste oglejnie odgórne. Odczyn tego poziomu jest lekko kwaśny (tab. V. 4.), zasobność w magnez przyswajalny – wysoka, lecz zasobność w fosfor i potas – bardzo niska (tab. V. 3.). Skała macierzysta ma również uziarnienie piasku gliniastego mocnego pylastego (tab. V. 2.), odczyn lekko kwaśny (tab. V. 4.) oraz podobnie jak w poziomie Btg bardzo niską zawartość fosforu i potasu przyswajalnego (tab. V. 3.).

Podobnie jak w przypadku pól ZDOO Białogard, tak i gleba pola doświadczalnego w SDOO Świebodzin należy zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG (SGP6) do gleb płowych opadowo-glejowych. Dlatego, w oparciu o Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, glebę tę należy zaliczyć do klasy bonitacyjnej A-2-IIIa-c.



Fot. V. 9. Gleba płowa typowa opadowo – glejowa wytworzona z gliny piaszczystej - SDOO Świebodzin

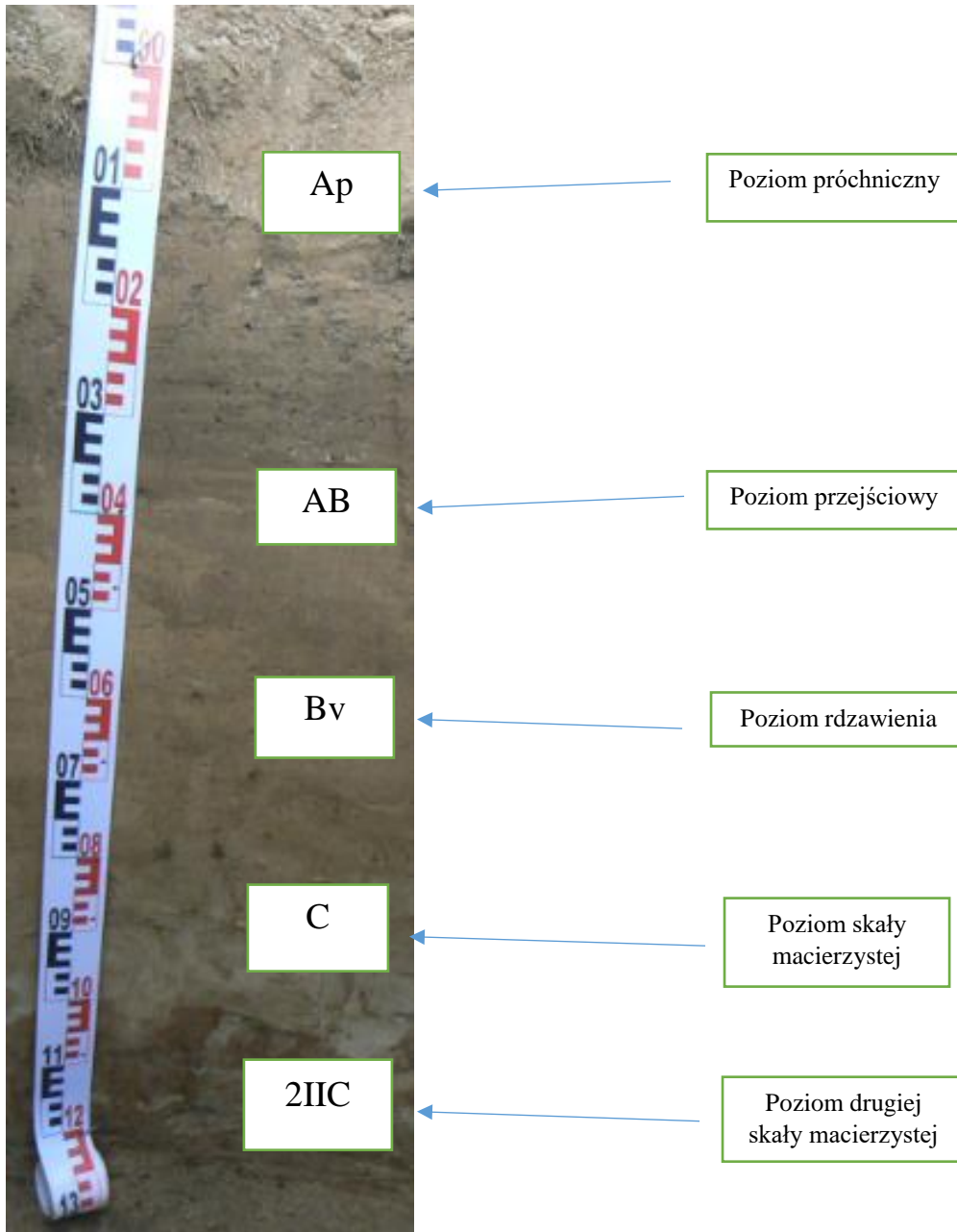
### 1.10. Wróćkowo ( $\Phi = 53^{\circ}49'$ , $\Lambda = 20^{\circ}40'$ )

Stacja Doświadczalna Oceny Odmian we Wróćkowie położona jest w mezoregionie Pojezierze Olsztyńskie, które tworzy zachodnią część Pojezierza Mazurskiego, ukształtowanego w fazie poznańskiej i pomorskiej zlodowacenia Wisły. Wielokrotne transgresje i regresje czoła lodowca doprowadziły do silnego zróżnicowania form morfologicznych oraz osadów polodowcowych, od piasków fluwioglacjalnych, poprzez gliny zwałowe do iłów zastoiskowych.

Doświadczenia z soją zakładano na glebie rdzawo-brunatnej podścielonej łąkami. Uziarnienie gleby kilkakrotnie zmienia się w obrębie profilu. Poziom próchniczny (orny) Ap o miąższości 35 cm ma uziarnienie gliny lekkiej pylastej (tab. V. 2.), ciemno-szarą barwę, gruzelkową strukturę i układ pulchno-zwięzły. Odczyn gleby w poziomie ornym jest obojętny ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,7$ ) (tab. V. 4.), zasobność w przyswajalny fosfor – bardzo wysoka, natomiast w potas i magnez – średnia (tab. V. 3.). Poziom Ap ma wyraźną i wyrównaną dolną granicę, ale pod nią widoczny poziom nieregularnego przenikania się poziomów A i B, świadczący o spulchnianiu gleby zabiegami takimi jak głęboszowanie. Poniżej zalega poziom rdzawienia Bv o uziarnieniu piasku słabogliniastego pylastego (tab. V. 2.), o strukturze subangularnej i w układzie niemal luźnym. Poziom ten ma kwaśny odczyn (tab. V. 4.) oraz niską zasobność we wszystkie makroelementy (tab. V. 3.). Na głębokości 80-100 cm występuje skała macierzysta - piasek słabogliniasty pylasty (tab. V. 2.) o nietypowym jasnym zabarwieniu i z rdzawymi przebarwieniami, świadczący o oglejeniu, spowodowanym przez okresowe stagnowanie wód gruntowych, którego przyczyną jest obecność utworów trudnoprzepuszczalnych w głębi profilu glebowego. Poniżej 100 cm występuje utwór ilasty (wg klasyfikacji PTG 2008: glina pylasto-ilasta), o układzie masywnym plastycznym i z wyraźnym oglejeniem plamistym.

W myśl Systematyki Gleb Polski PTG (SGP6), gleba pól doświadczalnych we Wróćkowie należy do gleb rdzawo-brunatnych próchnicznych, niecałkowitych. Bonitacja gleby na polu we Wróćkowie nie jest jednoznaczna ze względu na silne zróżnicowanie uziarnienia w jej profilu, jednakże wydaje się, że zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów, gleba powinna być zaliczona do klasy AB-2-IVa-s.





Fot. V. 10. Gleba rdzawo - brunatna próchniczna niecałkowita wytworzona z piasku słabogliniastego podścielona gliną pylastą - SDOO Wrócikowo

### 1.11. Syntetyczna analiza środowisk glebowych

W przeważającym stopniu, w analizowanych środowiskach, soję uprawiano na glebach płowych różnego pochodzenia (64%), a następnie kolejno w mniejszym stopniu na czarnych ziemiach (24%) i glebach brunatnych (12%), wytworzonych z materiału o zróżnicowanym składzie granulometrycznym. Najsłabsze gleby klasy IVb wytworzone były z piasku gliniastego lekkiego, a najlepsze II klasy z gliny lekkiej lub pyłu ilastego (tab. V. 5.).

W waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej gleba odgrywa kluczową rolę i jest wyceniana od 18 do 100 punktów. W badanych środowiskach, jakość i przydatność rolniczą gleby zwaloryzowano od 52 do 94 punktów, przy czym dominowały wartości od 70 do 80 (72% badanych gleb). Gleby zwaloryzowane na 70 punktów były wytworzone z utworów piaszczystych, a 80 punktów uzyskały gleby pochodzenia gliniastego.

Tabela V. 1.

Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 2008 roku [PTG, 2008]

Miejscowość	Poziom genetyczny	Miąższość w cm	Głębokość pobrania w cm	Szkielet	Piasek	Pył	łł	Skład granulometryczny
				>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Białogard	Ap	0 - 30	0 - 20	3	88	9	3	piasek gliniasty
	AB	30 - 42	30 - 42	3	79	20	1	piasek gliniasty
	Etg	42 - 70	50 - 60	3	80	17	3	piasek gliniasty
	2Btg	70 -100	80 - 90	1	40	43	17	glina zwykła
	2Cg	> 100	110 - 120	2	72	20	8	glina piaszczysta
Chrząstowo	Ap	0 - 30	0 - 30	3	73	20	7	glina piaszczysta
	Etg	30 - 70	40 - 50	2	58	20	22	glina piaszczysta – ilasta
	Bt	70 - 100	80 - 90	1	61	20	19	glina lekka
	C	>100	120 - 130	1	62	21	17	glina lekka
Głębokie	Ap	0 - 45	0 - 30	1	70	25	5	glina piaszczysta
	Bw	45 - 80	55 - 65	1	68	26	6	glina piaszczysta
	Cg	>80	90 -100	1	74	20	6	glina piaszczysta
Karzniczka	Ap	0 - 30	0 - 30	2	64	30	6	glina piaszczysta
	Et	30 - 70	45 - 55	5	63	32	5	glina piaszczysta
	B	70 - 100	80 - 90	1	62	33	5	glina piaszczysta
	C	>100	120 - 130	5	64	29	7	glina piaszczysta

Tabela V. 1. cd.

## Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 2008 roku [PTG, 2008]

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Krzyżewo	Ap	0 - 30	0 - 30	1	68	19	13	glina piaszczysta
	EB	30 - 70	40 - 50	1	66	26	8	glina piaszczysta
	Btg	70 - 100	80 - 90	1	68	22	10	glina piaszczysta
	C	>100	120 - 130	3	61	21	18	glina piaszczysta
Marianowo	Ap	0 - 35	0 - 30	0	59	37	4	glina piaszczysta
	Etg	35 - 70	50 - 60	1	63	31	6	glina piaszczysta
	Btg	70 - 100	80 - 90	3	65	18	17	glina piaszczysta
	C	>100	120 - 130	3	65	29	6	glina piaszczysta
Nowa Wieś Ujska	Ap	0 - 40	0 - 30	2	71	23	6	glina piaszczysta
	Et	40 - 80	55 - 65	1	67	18	15	glina piaszczysta
	B	80 - 100	85 - 95	2	64	18	18	glina lekka
	C	>100	120 - 130	2	52	30	18	glina lekka
Radostowo	Ap	0 - 50	0 - 30	2	27	53	20	pył ilasty
	Btg	50 - 90	70 - 80	0	23	52	25	pył ilasty
	BCg	90 - 100	90 - 100	0	24	59	17	pył ilasty
	Ckg	>100	120 - 130	0	22	65	13	pył ilasty

Tabela V. 1. cd.

## Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 2008 roku [PTG, 2008]

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Świebodzin	Ap	0 - 30	0 - 20	4	71	21	8	glina piaszczysta
	Etg	30 - 60	40 - 50	7	70	17	13	glina piaszczysta
	Btg	60 - 90	70 - 80	2	69	28	3	glina piaszczysta
	C	>90	130 - 140	2	67	27	6	glina piaszczysta
Wróćkowo	Ap	0 - 35	0 - 30	0	64	31	5	glina piaszczysta
	AB	35 - 45	35 - 45	0	66	29	5	glina piaszczysta
	BV	45 - 80	60 - 70	0	85	12	3	piasek gliniasty
	C	80 - 100	85 - 95	0	90	8	2	piasek słabogliniasty
	2C	>100	130 - 140	0	13	57	30	glina pylasta

Tabela V. 2.

## Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 1956/1975 roku

Miejscowość	Poziom genetyczny	Miąższość w cm	Głębokość pobrania w cm	Szkielet	Piasek	Pył	Części spławialne	Skład granulometryczny
				>1	1-0,1	0,1-0,02	<0,02	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Białogard	Ap	0 – 30	0 - 20	7	66	20	14	piasek gliniasty lekki
	AB	30 – 42	30 - 42	6	68	19	13	piasek gliniasty lekki
	Etg	42 – 70	50 - 60	8	67	19	14	piasek gliniasty lekki
	2Btg	70 -100	80 - 90	4	30	17	53	glina ciężka
	2Cg	> 100	110 - 120	5	63	16	21	glina lekka
Chrzastowo	Ap	0 – 30	0 - 30	4	52	30	18	piasek gliniasty mocny
	Etg	30 – 70	40 - 50	3	41	27	32	glina lekka pylasta
	Bt	70 – 100	80 - 90	2	44	26	30	glina lekka pylasta
	C	>100	120 - 130	2	44	25	31	glina lekka pylasta
Głębokie	Ap	0 – 45	0 - 30	2	56	23	21	glina lekka
	Bw	45 – 80	55 - 65	2	53	24	23	glina lekka
	Cg	>80	90 - 100	2	53	23	24	glina lekka
Karzniczka	Ap	0 – 30	0 - 30	4	48	35	17	piasek gliniasty mocny pylasty
	Et	30 – 70	45 - 55	7	49	35	16	piasek gliniasty mocny pylasty
	B	70 – 100	80 - 90	2	50	32	18	piasek gliniasty mocny pylasty
	C	>100	120 - 130	7	46	38	16	piasek gliniasty mocny pylasty

Tabela V. 2. cd.

## Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 1956/1975 roku

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Krzyżewo	Ap	0 – 30	0 - 30	1	50	34	16	piasek gliniasty mocny pylasty
	EB	30 – 70	40 - 50	1	51	33	16	piasek gliniasty mocny pylasty
	Btg	70 – 100	80 - 90	2	42	39	19	piasek gliniasty mocny pylasty
	C	>100	120 - 130	4	47	36	17	piasek gliniasty mocny pylasty
Marianowo	Ap	0 – 35	0 - 30	0	32	54	14	pył zwykły
	Etg	35 – 70	50 - 60	2	49	35	16	piasek gliniasty mocny pylasty
	Btg	70 – 100	80 - 90	4	45	37	18	piasek gliniasty mocny pylasty
	C	>100	120 - 130	5	52	32	16	piasek gliniasty mocny pylasty
Nowa Wieś Ujska	Ap	0 – 40	0 - 30	3	55	27	18	piasek gliniasty mocny pylasty
	Et	40 – 80	55 - 65	2	51	22	27	glina lekka
	B	80 – 100	85 - 95	3	49	18	33	glina lekka
	C	>100	120 - 130	2	38	20	42	glina lekka
Radostowo	Ap	0 – 50	0 - 30	2	11	35	54	glina ciężka pylasta
	Btg	50 – 90	70 - 80	0	11	24	65	glina ciężka
	BCg	90 – 100	90 - 100	0	12	32	56	glina ciężka pylasta
	Ckg	>100	120 -130	0	1	53	46	pył ilasty

Tabela V. 2. cd.

## Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 1956/1975 roku

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Świebodzin	Ap	0 – 30	0 - 20	7	62	20	18	piasek gliniasty mocny
	Etg	30 – 60	40 - 50	10	55	29	16	piasek gliniasty mocny pylasty
	Btg	60 – 90	70 - 80	3	48	34	18	piasek gliniasty mocny pylasty
	C	>90	130 - 140	3	53	32	15	piasek gliniasty mocny pylasty
Wróćkowo	Ap	0 – 35	0 - 30	0	47	29	24	glina lekka pylasta
	AB	35 – 45	35 - 45	0	51	27	22	glina lekka pylasta
	BV	45 – 80	60 - 70	0	53	39	8	piasek słabo gliniasty pylasty
	C	80 – 100	85 - 95	0	63	32	5	piasek słabo gliniasty pylasty
	2C	>100	130 -140	0	4	16	80	ił właściwy



Tabela V. 3.

Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w glebie [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]

Miejscowość	Poziom genetyczny	Mięszczość w cm	Głębokość pobrania w cm	P	Ocena	K	Ocena	Mg	Ocena
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Białogard	Ap	0 - 30	0 - 20	83	wysoka	163	średnia	26	bardzo niska
	AB	30 - 42	30 - 42	81	wysoka	144	średnia	28	bardzo niska
	Etg	42 - 70	50 - 60	13	bardzo niska	74	niska	23	bardzo niska
	2Btg	70 - 100	80 - 90	14	bardzo niska	150	średnia	92	bardzo wysoka
	2Cg	> 100	110 - 120	12	bardzo niska	51	bardzo niska	45	niska
Chrzastowo	Ap	0 - 30	0 - 30	95	bardzo wysoka	183	bardzo wysoka	47	średnia
	Etg	30 - 70	40 - 50	104	bardzo wysoka	181	wysoka	78	wysoka
	Bt	70 - 100	80 - 90	106	bardzo wysoka	174	wysoka	83	wysoka
	C	>100	120 - 130	32	niska	51	bardzo niska	57	średnia
Głębokie	Ap	0 - 45	0 - 30	123	bardzo wysoka	215	bardzo wysoka	51	średnia
	Bw	45 - 80	55 - 65	48	średnia	109	średnia	73	wysoka
	Cg	>80	90 - 100	90	bardzo wysoka	37	bardzo niska	34	niska
Karzniczka	Ap	0 - 30	0 - 30	36	niska	182	wysoka	38	niska
	Et	30 - 70	45 - 55	27	niska	103	niska	51	średnia
	B	70 - 100	80 - 90	10	bardzo niska	49	bardzo niska	33	niska
	C	>100	120 - 130	10	bardzo niska	40	bardzo niska	45	niska

Tabela V. 3. cd.

 Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w glebie [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Krzyżewo	Ap	0 - 30	0 - 30	90	bardzo wysoka	147	średnia	77	wysoka
	EB	30 - 70	40 - 50	98	bardzo wysoka	48	bardzo niska	90	średnia
	Btg	70 - 100	80 - 90	5	bardzo niska	32	bardzo niska	102	wysoka
	C	>100	120 - 130	6	bardzo niska	34	bardzo niska	105	wysoka
Marianowo	Ap	0 - 35	0 - 30	220	bardzo wysoka	199	bardzo wysoka	45	średnia
	Etg	35 - 70	50 - 60	25	niska	66	niska	93	bardzo wysoka
	Btg	70 - 100	80 - 90	74	wysoka	35	bardzo niska	99	bardzo wysoka
	C	>100	120 - 130	3	bardzo niska	23	bardzo niska	117	bardzo wysoka
Nowa Wieś Ujska	Ap	0 - 40	0 - 30	114	bardzo wysoka	144	średnia	53	średnia
	Et	40 - 80	55 - 65	28	niska	107	średnia	93	bardzo wysoka
	B	80 - 100	85 - 95	25	niska	56	bardzo niska	95	bardzo wysoka
	C	>100	120 - 130	43	niska	43	bardzo niska	106	bardzo wysoka
Radostowo	Ap	0 - 35	0 - 30	131	bardzo wysoka	382	bardzo wysoka	75	średnia
	Btg	35 - 90	70 - 80	249	bardzo wysoka	84	niska	115	wysoka
	BCg	90 - 100	90 - 100	196	bardzo wysoka	97	niska	111	wysoka
	Ckg	>100	120 - 130	5	bardzo niska	122	niska	113	wysoka

Tabela V. 3. cd.

Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w glebie [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Świebodzin	Ap	0 - 20	0 - 20	86	wysoka	154	średnia	64	średnia
	Etg	20 - 60	40 - 50	15	bardzo niska	104	niska	54	średnia
	Btg	60 - 90	70 - 80	7	bardzo niska	46	bardzo niska	72	wysoka
	C	>90	130 - 140	10	bardzo niska	37	bardzo niska	96	bardzo wysoka
Wróćkowo	Ap	0 - 35	0 - 30	119	bardzo wysoka	157	średnia	64	średnia
	AB	35 - 45	35 - 45	114	bardzo wysoka	112	średnia	53	średnia
	Bv	45 - 80	60 - 70	38	niska	63	niska	43	niska
	C	80 - 100	85 - 95	27	niska	50	bardzo niska	34	niska
	2II C	>100	130 - 140	36	niska	86	niska	150	bardzo wysoka

Tabela V. 4.

## Potrzeby wapnowania

Miejscowość	Poziom genetyczny	Miąższość w cm	Głębokość pobrania w cm	pH w 1 M KCl	Odczyn	Potrzeby wapnowania
1	2	3	4	5	6	7
Białogard	Ap	0 - 30	0 - 20	5,7	lekko kwaśny	wskazane
	AB	30 - 42	30 - 42	5,6	lekko kwaśny	
	Etg	42 - 70	50 - 60	5,4	kwaśny	
	2Btg	70 - 100	80 - 90	5,0	kwaśny	
	2Cg	> 100	110 - 120	5,0	kwaśny	
Chrzastowo	Ap	0 - 30	0 - 30	6,1	lekko kwaśny	zbędne
	Etg	30 - 70	40 - 50	6,0	lekko kwaśny	
	Bt	70 - 100	80 - 90	6,0	lekko kwaśny	
	C	>100	120 - 130	6,6	obojętny	
Głębokie	Ap	0 - 45	0 - 30	5,9	lekko kwaśny	wskazane
	Bw	45 - 80	55 - 65	6,0	lekko kwaśny	
	Cg	>80	90 - 100	7,8	zasadowy	
Karzniczka	Ap	0 - 30	0 - 30	5,8	lekko kwaśny	wskazane
	Et	30 - 70	45 - 55	5,4	kwaśny	
	B	70 - 100	80 - 90	4,2	bardzo kwaśny	
	C	>100	120 - 130	4,1	bardzo kwaśny	

Tabela V. 4. cd.

## Potrzeby wapnowania

1	2	3	4	5	6	7
Krzyżewo	Ap	0 - 30	0 - 30	6,3	lekko kwaśny	ograniczone
	EB	30 - 70	40 - 50	6,4	lekko kwaśny	
	Btg	70 - 100	80 - 90	7,7	zasadowy	
	C	>100	120 - 130	7,5	zasadowy	
Marianowo	Ap	0 - 35	0 - 30	6,9	obojętny	zbędne
	Etg	35 - 70	50 - 60	6,5	lekko kwaśny	
	Btg	70 - 100	80 - 90	6,7	obojętny	
	C	>100	120 - 130	7,6	zasadowy	
Nowa Wieś Ujska	Ap	0 - 40	0 - 30	5,8	lekko kwaśny	wskazane
	Et	40 - 80	55 - 65	5,2	kwaśny	
	B	80 - 100	85 - 95	4,7	kwaśny	
	C	>100	120 - 130	5,0	kwaśny	
Radostowo	Ap	0 - 50	0 - 30	6,3	lekko kwaśny	ograniczone
	Btg	50 - 90	70 - 80	6,4	lekko kwaśny	
	BCg	90 - 100	90 - 100	8,0	zasadowy	
	Ckg	>100	120 - 130	7,7	zasadowy	

Tabela V. 4. cd.

## Potrzeby wapnowania

1	2	3	4	5	6	7
Świebodzin	Ap	0 - 30	0 - 20	6,1	lekko kwaśny	ograniczone
	Etg	30 - 60	40 - 50	5,7	lekko kwaśny	
	Btg	60 - 90	70 - 80	5,8	lekko kwaśny	
	C	>90	130 - 140	6,1	lekko kwaśny	
Wróćkowo	Ap	0 - 35	0 - 30	6,7	obojętny	zbędne
	AB	35 - 45	35 - 45	6,4	lekko kwaśny	
	Bv	45 - 80	60 - 70	5,5	kwaśny	
	C	80 - 100	85 - 95	5,8	lekko kwaśny	
	2C	>100	130 - 140	4,8	kwaśny	

Tabela V. 5.

Klasa gleby, kompleks rolniczej przydatności gleby, gatunek gleby, typ gleby oraz jakość i przydatność rolnicza gleby  
w badanych środowiskach północnej Polski

Miejscowość	Klasa gleby	Kompleks rolniczej przydatności gleby	Gatunek gleby [1956/1975]	Typ gleby	Jakość i przydatność rolnicza gleby
1	2	3	4	5	6
<b>2017 rok</b>					
Białogard	IVa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Głębokie	IIIb	pszenny dobry	głina lekka pylasta	czarna ziemia wylugowana zbrunatniała	80
Radostowo	IIIa	pszenny dobry	głina ciężka	czarna ziemia iluwialna kalcikowa	80
Świebodzin	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Wróćkowo	IVa	żytni dobry	piasek gliniasty mocny	gleba brunatna właściwa	52
<b>2018 rok</b>					
Białogard	IIIb	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty lekki	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Chrzastowo	II	pszenny bardzo dobry	głina lekka pylasta	gleba płowa opadowo-glejowa	94
Głębokie	IIIa	pszenny dobry	głina lekka pylasta	czarna ziemia wylugowana zbrunatniała	80

Klasa gleby, kompleks rolniczej przydatności gleby, gatunek gleby, typ gleby oraz jakość i przydatność rolnicza gleby  
w badanych środowiskach północnej Polski

1	2	3	4	5	6
Karzniczka	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	glina lekka	gleba płowa typowa	70
Krzyżewo	IIIb	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny	gleba płowa zbrunatniała	70
Marianowo	IVb	żytni dobry	piasek gliniasty lekki	gleba płowa typowa	52
Nowa Wieś Ujska	II	pszenny bardzo dobry	glina lekka	gleba płowa typowa	94
Radostowo	II	pszenny bardzo dobry	pył ilasty	czarna ziemia iluwialna kalcikowa	94
Świebodzin	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Wróćkowo	IVa	pszenny dobry	glina lekka pylasta	gleba brunatna właściwa	80
<b>2019 rok</b>					
Białogard	IIIb	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty lekki	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Chrzastowo	IIIa	pszenny dobry	glina lekka pylasta	gleba płowa opadowo-glejowa	80
Głębokie	IIIa	pszenny dobry	glina lekka	czarna ziemia wyługowana zbrunatniała	80



Tabela V. 5. cd.

Klasa gleby, kompleks rolniczej przydatności gleby, gatunek gleby, typ gleby oraz jakość i przydatność rolnicza gleby  
w badanych środowiskach północnej Polski

1	2	3	4	5	6
Karzniczka	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny pylasty	gleba płowa typowa	70
Krzyżewo	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny pylasty	gleba płowa zbrunatniała	70
Marianowo	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny pylasty	gleba płowa typowa	70
Nowa Wieś Ujska	IIIa	pszenno-dobry	głina lekka	gleba płowa typowa	80
Radostowo	IIIa	zbożowo-pastewny mocny	głina ciężka pylasta	czarna ziemia iluwialna kalcikowa	64
Świebodzin	IIIa	żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)	piasek gliniasty mocny pylasty	gleba płowa opadowo-glejowa	70
Wróćkowo	IVa	żytni dobry	piasek słabogliniasty pylasty	gleba brunatna właściwa	52

## V. 2. Warunki pogodowe

### 2.1. Białogard ( $\Phi = 54^{\circ}00'$ , $\Lambda = 16^{\circ}00'$ )

W 2017 roku średnia temperatura powietrza w Białogardzie w okresie wegetacji (IV-X) wyniosła  $13,6^{\circ}\text{C}$  i była identyczna jak w wieloleciu 2010-2019, jednak w kwietniu i lipcu była niższa, odpowiednio o  $1,4^{\circ}\text{C}$  i  $1,5^{\circ}\text{C}$  (tab. V. 6.).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2017 roku wyniosła 860 mm i była wyższa od średniej z 10-lecia o 367 mm. Jedynym miesiącem z niższą sumą opadów, w stosunku do wielolecia, był maj, natomiast największe różnice w sumie opadów odnotowano w czerwcu i październiku (tab. V. 7.).

W 2018 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wyniosła  $14,8^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia o  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Wyższą temperaturę w porównaniu ze średnią wieloletnią odnotowano w kwietniu i maju, odpowiednio o  $2,7$  i  $1,8^{\circ}\text{C}$ . Jedynie w lipcu średnia temperatura powietrza była nieznacznie niższa od wieloletniej ( $0,1^{\circ}\text{C}$ ).

W 2018 roku suma opadów w okresie wegetacji wynosiła 338 mm i była o 155 mm niższa w porównaniu z wieloleciem, a największy niedobór opadów odnotowano w czerwcu (51 mm) i sierpniu (42 mm). W kwietniu suma opadów była na poziomie średniej z wielolecia.

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji była o  $0,4^{\circ}\text{C}$  niższa od średniej wieloletniej i wynosiła  $13,2^{\circ}\text{C}$ . Najniższą temperaturę względem średniej wieloletniej odnotowano w maju ( $-2,6^{\circ}\text{C}$ ) i lipcu ( $-1,9^{\circ}\text{C}$ ), natomiast w czerwcu temperatura była najwyższa ( $2,3^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2019 roku wyniosła 444 mm i była niższa od średniej wieloletniej o 49 mm. Największe niedobory opadów w porównaniu do wielolinia były w sierpniu i czerwcu. Wynosiły one odpowiednio 43 i 35 mm. We wrześniu, w porównaniu do wielolinia odnotowano, wyższą sumę opadów o 103 mm.

Tabela V. 6.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Białogardzie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	-2,0	-2,7	4,5	9,8	8,7	15,9	15,7	19,4	15,2	10,6	7,0	3,2
II	-1,3	-0,2	4,2	5,6	15,2	17,1	15,8	17,3	12,8	12,8	5,0	2,0
III	0,2	5,6	7,1	5,6	15,3	16,9	18,5	16,8	12,6	8,9	4,4	5,0
Średnia miesięczna	-1,0	0,9	5,3	7,0	13,0	16,7	16,7	17,9	13,5	10,8	5,5	3,4
Średnia wieloletnia	-0,6	0,2	3,3	8,4	12,6	16,3	18,2	17,9	13,5	8,7	4,8	1,9
Różnica	-0,5	0,7	2,0	-1,4	0,4	0,4	-1,5	0,0	0,0	2,0	0,7	1,4
Średnia dla roku 2017 (IV-X)	-			13,6						-		
Średnia dla wielolinia (IV-X)	-			13,6						-		
<b>2018</b>												
I	3,4	-2,3	-3,8	8,2	12,2	17,9	15,9	22,4	16,5	9,0	7,4	3,7
II	0,8	0,7	1,6	12,2	14,1	17,1	18,0	18,4	15,9	12,4	4,9	-0,3
III	3,9	-5,7	1,7	12,7	17,2	15,3	20,3	16,4	11,5	7,0	-1,2	3,5
Średnia miesięczna	2,7	-2,4	-0,1	11,0	14,5	16,8	18,1	19,1	14,6	9,5	3,7	2,3
Średnia wieloletnia	-0,6	0,2	3,3	8,4	12,6	16,3	18,2	17,9	13,5	8,7	4,8	1,9
Różnica	3,3	-2,6	-3,4	2,7	1,8	0,5	-0,1	1,2	1,1	0,7	-1,1	0,4
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			14,8						-		
Średnia dla wielolinia (IV-X)	-			13,6						-		
<b>2019</b>												
I	1,7	1,4	4,6	7,6	6,7	18,6	14,2	17,3	14,4	7,0	5,6	2,2
II	1,4	3,2	3,8	5,5	11,2	19,3	15,9	16,5	11,9	11,8	4,2	1,9
III	-2,5	2,8	5,3	11,1	12,3	17,9	18,7	19,8	11,5	8,2	3,2	2,3
Średnia miesięczna	0,2	2,5	4,6	8,0	10,1	18,6	16,3	17,8	12,6	9,0	4,3	2,1
Średnia wieloletnia	-0,6	0,2	3,3	8,4	12,6	16,3	18,2	17,9	13,5	8,7	4,8	1,9
Różnica	0,8	2,3	1,3	-0,3	-2,6	2,3	-1,9	0,0	-0,9	0,3	-0,5	0,2
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			13,2						-		
Średnia dla wielolinia (IV-X)	-			13,6						-		

Tabela V. 7.

## Sumy opadów (mm) w Białogardzie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2017</b>													
I	27	8	9	15	28	34	35	3	75	63	19	41	
II	14	12	31	37	0	49	54	39	1	12	25	15	
III	1	36	6	34	12	92	77	117	13	73	34	36	
Suma miesięczna	42	56	46	85	40	174	166	158	89	147	78	92	
Średnia wieloletnia	61	36	52	31	56	80	102	81	80	64	55	81	
Różnica	-19	20	-6	54	-16	95	64	77	10	83	23	11	
Suma dla roku 2017 (IV-X)	-			860						-			
Suma dla wielolinia (IV-X)	-			493						-			
<b>2018</b>													
I	28	8	13	11	30	4	13	7	2	21	0	45	
II	17	3	20	10	2	1	84	24	2	6	15	8	
III	21	2	20	10	2	24	1	9	43	33	0	40	
Suma miesięczna	66	12	53	31	34	29	98	39	46	60	15	94	
Średnia wieloletnia	61	36	52	31	56	80	102	81	80	64	55	81	
Różnica	5	-24	1	0	-22	-51	-4	-42	-33	-4	-40	12	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			338						-			
Suma dla wielolinia (IV-X)	-			493						-			
<b>2019</b>													
I	31	22	40	0	22	9	55	22	91	24	41	22	
II	32	11	46	0	12	36	4	11	29	24	5	5	
III	4	14	4	3	12	0	16	5	62	6	9	23	
Suma miesięczna	67	47	90	3	46	45	76	37	182	54	54	50	
Średnia wieloletnia	61	36	52	31	56	80	102	81	80	64	55	81	
Różnica	6	11	38	-28	-10	-35	-26	-43	103	-10	0	-31	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			444						-			
Suma dla wielolinia (IV-X)	-			493						-			

## 2.2. Chrząstowo ( $\Phi = 53^{\circ}11'$ , $\Lambda = 17^{\circ}35'$ )

W 2018 roku średnia temperatura powietrza była o  $2^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej wieloletniej i wynosiła  $16,5^{\circ}\text{C}$  (tab. V. 8.). We wszystkich miesiącach zanotowano wartości powyżej średniej wieloletniej, a najwyższe różnice wystąpiły w kwietniu i maju.

Suma opadów, w 2018 roku, od kwietnia do października wyniosła 290 mm i była o 85 mm niższa od średniej z lat 2010-2019 (tab. V. 9.). Jedynie w kwietniu i lipcu opady były wyższe od wieloletniej, odpowiednio o 21 mm i 27 mm. Największe niedobory opadów zanotowano w maju (50 mm) i sierpniu (49 mm).

W 2019 roku zanotowano wyższą o  $0,9^{\circ}\text{C}$  średnią temperaturę w stosunku do wielolecia. W czerwcu, średnia temperatura była wyższa o  $4,4^{\circ}\text{C}$ , a w maju i lipcu niższa w porównaniu z wieloleciem odpowiednio o 1,5 i  $0,4^{\circ}\text{C}$ .

W suchym, 2019 roku, podczas wegetacji suma opadów była najniższa w badanym trzyleciu (277 mm). Znaczne niedobory opadów w stosunku do wielolecia odnotowano w lipcu (69 mm). Opady powyżej średniej z wielolecia zanotowano tylko w maju (17 mm) i we wrześniu (41 mm).

Tabela V. 8.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Chrzastowie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2018</b>												
I	2,4	-1,4	-2,8	9,5	15,1	19,6	18,0	24,0	18,4	10,6	9,5	2,9
II	-1,6	-0,4	1,6	14,0	16,4	18,5	19,7	20,5	18,3	13,8	5,3	-0,3
III	1,5	-7,2	1,7	13,6	19,5	16,6	22,7	18,3	12,2	7,3	-0,6	3,7
Średnia miesięczna	0,8	-3,0	0,2	12,4	17,0	18,2	20,1	20,9	16,3	10,6	4,7	2,1
Średnia wieloletnia	-1,8	-0,6	3,5	9,1	13,6	17,3	19,2	19,1	14,2	8,8	4,4	1,0
Różnica	2,6	-2,4	-3,3	3,3	3,4	0,9	0,9	1,8	2,1	1,8	0,3	1,1
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			16,5						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,5						-		
<b>2019</b>												
I	1,1	1,6	5,8	8,2	8,9	20,9	15,9	19,7	17,0	8,5	7,1	2,6
II	1,1	4,2	5,1	7,1	12,6	22,8	18,2	19,7	12,9	13,9	5,8	2,9
III	-3,0	3,3	7,3	14,0	14,8	21,4	22,4	22,3	13,3	9,5	4,1	3,3
Średnia miesięczna	-0,3	3,1	6,1	9,8	12,1	21,7	18,8	20,6	14,4	10,6	5,7	3,0
Średnia wieloletnia	-1,8	-0,6	3,5	9,1	13,6	17,3	19,2	19,1	14,2	8,8	4,4	1,0
Różnica	1,5	3,7	2,6	0,7	-1,5	4,4	-0,4	1,5	0,2	1,9	1,2	2,0
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			15,4						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,5						-		

Tabela V. 9.

## Sumy opadów (mm) w Chrzastowie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	20	2	6	1	4	36	2	4	4	3	2	25	
II	18	1	12	33	1	1	105	5	2	1	7	8	
III	19	0	14	14	0	8	14	6	25	21	0	19	
Suma miesięczna	57	2	32	49	5	45	120	14	32	25	9	52	
Średnia wieloletnia	33	19	29	28	55	52	93	63	43	41	40	37	
Różnica	24	-16	2	21	-50	-7	27	-49	-11	-16	-31	15	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			290								-	
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			375								-	
<b>2019</b>													
I	12	8	14	0	9	0	17	17	38	18	35	8	
II	14	5	14	0	56	12	1	2	14	11	25	6	
III	2	5	4	3	8	5	6	25	33	3	5	6	
Suma miesięczna	28	17	31	3	72	18	25	44	84	31	66	21	
Średnia wieloletnia	33	19	29	28	55	52	93	63	43	41	40	37	
Różnica	-5	-2	2	-24	17	-34	-69	-19	41	-10	26	-16	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			277								-	
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			375								-	

### 2.3. Głębokie ( $\Phi = 52^{\circ}39'$ , $\Lambda = 18^{\circ}26'$ )

W 2017 roku średnia temperatura powietrza podczas wegetacji wynosiła  $14,2^{\circ}\text{C}$  i była niższa o  $0,5^{\circ}\text{C}$  od wielolecia (tab. V. 10.), w porównaniu z którym, w kwietniu była niższa o  $1,9^{\circ}\text{C}$ , a w październiku wyższa o  $1,8^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów podczas okresu wegetacji w 2017 roku wyniosła 481 mm i była wyższa od średniej z wielolecia o 135 mm (tab. V. 11.). Jedynym miesiącem, w którym stwierdzono niewielki niedobór opadów w porównaniu z wieloleciem był lipiec.

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji w 2018 roku wyniosła  $16,7^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od wielolecia o  $2^{\circ}\text{C}$ . We wszystkich miesiącach okresu wegetacji w 2018 roku odnotowano wyższe temperatury w porównaniu z wieloleciem. Największe różnice średnich temperatur w porównaniu z wieloleciem wystąpiły w kwietniu ( $3,4^{\circ}\text{C}$ ) i maju ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji w wieloleciu wyniosła 346 mm, a w 2018 roku była niższa o 55. Natomiast wyższą od średniej wieloletniej sumę opadów notowano w kwietniu i lipcu.

W 2019 roku średnia temperatura powietrza podczas wegetacji była o  $0,8^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej wieloletniej. W kwietniu, czerwcu, sierpniu i październiku temperatura powietrza, w porównaniu z wieloleciem była wyższa odpowiednio o  $0,7^{\circ}\text{C}$ ,  $4,2^{\circ}\text{C}$ ,  $1,1^{\circ}\text{C}$  i  $2,2^{\circ}\text{C}$ , natomiast w maju niższa o  $1,4^{\circ}\text{C}$ .

W 2019 roku suma opadów w okresie wegetacji wyniosła 262 mm i była niższa od średniej z wielolecia o 84 mm. Znaczne niedobory opadów w stosunku do wielolecia odnotowano w lipcu (63 mm) i nieco mniejsze w kwietniu (14 mm), czerwcu (22 mm) i październiku (18 mm).



Tabela V. 10.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Głębockie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	-4,9	-4,0	4,6	10,6	8,4	15,7	16,9	21,8	14,5	10,3	7,1	2,2
II	-2,7	-1,4	4,5	5,7	15,1	17,6	18,1	18,9	13,4	13,1	3,7	0,9
III	-1,7	4,6	8,2	6,3	16,3	18,3	20,5	17,2	11,3	8,1	3,7	3,7
Średnia miesięczna	-3,1	-0,3	5,8	7,6	13,3	17,2	18,5	19,3	13,1	10,5	4,8	2,3
Średnia wieloletnia	-2,0	-0,7	3,5	9,5	14,1	17,6	19,6	19,3	14,3	8,6	4,6	1,0
Różnica	-1,1	0,5	2,2	-1,9	-0,8	-0,4	-1,1	0,0	-1,2	1,8	0,3	1,3
Średnia dla roku 2017 (IV-X)	-			14,2						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,7						-		
<b>2018</b>												
I	2,3	-2,0	-3,3	9,9	15,1	19,8	18,8	24,3	18,4	11,0	9,8	2,6
II	-1,5	-1,0	1,9	14,4	16,0	18,8	20,3	20,9	18,4	13,6	4,9	-0,2
III	1,2	-7,2	2,4	14,2	18,7	16,7	23,0	18,5	11,7	7,4	-0,3	4,0
Średnia miesięczna	0,6	-3,4	0,3	12,8	16,6	18,5	20,7	21,2	16,2	10,7	4,8	2,1
Średnia wieloletnia	-2,0	-0,7	3,5	9,5	14,1	17,6	19,6	19,3	14,3	8,6	4,6	1,0
Różnica	2,7	-2,6	-3,2	3,4	2,5	0,9	1,1	1,9	1,9	2,0	0,3	1,2
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			16,7						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,7						-		
<b>2019</b>												
I	0,4	0,3	5,2	8,6	9,5	21,3	16,6	19,7	17,0	8,3	6,8	2,8
II	1,3	4,1	5,7	7,7	12,9	22,8	17,8	19,5	13,2	14,5	6,3	3,2
III	-3,1	2,6	6,7	14,2	15,6	21,1	21,8	21,9	12,5	9,8	3,9	3,5
Średnia miesięczna	-0,5	2,3	5,8	10,2	12,7	21,7	18,7	20,4	14,2	10,8	5,6	3,2
Średnia wieloletnia	-2,0	-0,7	3,5	9,5	14,1	17,6	19,6	19,3	14,3	8,6	4,6	1,0
Różnica	1,5	3,1	2,3	0,7	-1,4	4,2	-0,9	1,1	-0,1	2,2	1,1	2,2
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			15,5						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,7						-		

Tabela V. 11.

## Sumy opadów (mm) w Głębockie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	7	0	8	6	64	16	14	25	62	43	9	6
II	4	7	12	18	7	10	31	26	10	1	10	9
III	1	24	4	12	12	43	39	4	12	26	14	17
Suma miesięczna	11	32	23	36	83	70	84	54	84	70	33	32
Średnia wieloletnia	29	18	24	20	50	57	96	48	43	33	38	30
Różnica	-19	13	-1	16	33	13	-12	7	40	37	-5	2
Suma dla roku 2017 (IV-X)	-			481						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			346						-		
<b>2018</b>												
I	9	3	4	2	14	16	1	8	0	2	8	16
II	12	1	4	10	14	0	120	9	5	0	9	6
III	16	1	17	10	2	27	2	7	20	24	0	17
Suma miesięczna	38	5	25	22	30	43	122	23	25	27	18	39
Średnia wieloletnia	29	18	24	20	50	57	96	48	43	33	38	30
Różnica	8	-14	1	2	-20	-14	26	-25	-19	-6	-20	10
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			291						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			346						-		
<b>2019</b>												
I	14	17	18	0	10	0	12	27	34	11	3	8
II	12	3	7	0	38	31	7	22	8	0	26	7
III	3	11	6	6	17	5	14	0	17	4	2	3
Suma miesięczna	29	30	31	6	65	35	33	48	60	15	31	18
Średnia wieloletnia	29	18	24	20	50	57	96	48	43	33	38	30
Różnica	0	12	6	-14	15	-22	-63	1	16	-18	-7	-12
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			262						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			346						-		

#### 2.4. Karzniczka ( $\Phi = 54^{\circ}29'$ , $\Lambda = 17^{\circ}14'$ )

W 2018 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wynosiła  $15,1^{\circ}\text{C}$  i we wszystkich miesiącach okresu wegetacji była wyższa od średniej z lat 2010-2019 (tab. V. 12.). Największe różnice między średnimi wystąpiły w kwietniu oraz maju i wynosiły odpowiednio  $2,7$  i  $2,4^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów w 2018 roku wynosiła  $389$  mm i była niższa od sumy z wielolecia o  $116$  mm. Poza początkiem i końcem okresu wegetacji (kwiecień i październik), we wszystkich miesiącach występowały znaczne niedobory opadów. Najsuchszym miesiącem był sierpień, w którym suma opadów była o  $47$  mm mniejsza od średniej z wielolecia (tab. V. 13.).

W 2019 roku średnia temperatura podczas wegetacji wyniosła  $14,2^{\circ}\text{C}$  i była o  $0,5^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej wieloletniej. W maju i lipcu średnie temperatury były niższe od wieloletnich, odpowiednio o  $1,5$  i  $1,2^{\circ}\text{C}$ , a w czerwcu wyższe o  $3,7^{\circ}\text{C}$ .

W 2019 roku suma opadów wyniosła  $427$  mm i była niższa od wielolecia o  $78$  mm. Najsuchszym miesiącem był sierpień, w którym odnotowano o  $61$  mm mniej opadów w stosunku do wielolecia. Niedobory opadów wystąpiły również w czerwcu ( $43$  mm), kwietniu ( $22$  mm) i lipcu ( $20$  mm). Pod koniec okresu wegetacji, we wrześniu i październiku, suma opadów była wyższa od wielolecia, odpowiednio o  $44$  mm i  $23$  mm.

Tabela V. 12.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Karzniczce

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2018</b>												
I	2,3	-2,7	-3,5	7,9	12,7	17,6	16,0	22,9	17,0	10,2	8,9	3,4
II	-1,8	-0,4	0,9	12,4	14,5	16,6	19,2	18,9	16,0	13,4	6,0	-0,2
III	1,6	-7,2	1,5	11,9	17,4	15,4	21,0	17,3	11,7	7,9	-0,2	3,0
Średnia miesięczna	0,7	-3,4	-0,4	10,7	14,9	16,5	18,7	19,7	14,9	10,5	4,9	2,1
Średnia wieloletnia	-1,3	-0,4	2,9	8,0	12,4	15,9	18,1	18,1	14,1	9,2	5,0	1,6
Różnica	2,0	-3,0	-3,3	2,7	2,4	0,7	0,7	1,6	0,8	1,3	-0,1	0,5
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			15,1						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			13,7						-		
<b>2019</b>												
I	1,5	2,1	4,5	7,6	8,0	19,3	14,7	17,7	16,6	8,2	7,3	2,8
II	1,5	4,2	4,3	5,1	11,6	20,8	15,8	18,2	12,9	12,9	5,6	4,1
III	-3,9	2,4	6,2	12,7	13,2	18,7	19,9	21,0	13,3	9,3	4,0	3,5
Średnia miesięczna	-0,3	2,9	5,0	8,5	10,9	19,6	16,8	19,0	14,3	10,1	5,6	3,5
Średnia wieloletnia	-1,3	-0,4	2,9	8,0	12,4	15,9	18,1	18,1	14,1	9,2	5,0	1,6
Różnica	1,0	3,3	2,0	0,5	-1,5	3,7	-1,2	0,9	0,2	0,9	0,6	1,9
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,2						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			13,7						-		

Tabela V. 13.

## Sumy opadów (mm) w Karzniczce

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	25	10	11	18	13	3	2	17	8	25	0	39	
II	17	3	14	12	0	0	77	12	6	4	18	6	
III	27	5	14	7	21	37	14	16	49	48	1	39	
Suma miesięczna	69	18	39	37	34	40	93	45	63	76	19	84	
Średnia wieloletnia	51	35	39	28	46	63	113	92	91	73	71	76	
Różnica	18	-17	0	9	-12	-22	-20	-47	-29	4	-52	8	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			389						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			505						-			
<b>2019</b>													
I	19	12	63	2	9	6	81	16	70	47	62	31	
II	40	18	35	0	16	14	4	11	24	34	19	5	
III	5	18	1	3	23	0	9	3	41	15	15	28	
Suma miesięczna	63	48	99	6	47	20	93	31	135	96	96	65	
Średnia wieloletnia	51	35	39	28	46	63	113	92	91	73	71	76	
Różnica	13	13	60	-22	1	-43	-20	-61	44	23	25	-12	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			427						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			505						-			

### 2.5. Krzyżewo ( $\Phi = 53^{\circ}01'$ , $\Lambda = 22^{\circ}45'$ )

Okres wegetacji w 2018 roku był cieplejszy od średniej dla wielolecia o  $1,9^{\circ}\text{C}$  (tab. V. 14.). W kwietniu i maju, średnia temperatura była wyższa w porównaniu z wieloleciem odpowiednio o  $3,6$  i  $2,6^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów w 2018 roku, w okresie wegetacji wyniosła  $360$  mm i była niższa o  $55$  mm od średniej z 10-lecia. W porównaniu ze średnią z 10-lecia największe niedobory opadów odnotowano w maju, czerwcu i sierpniu (tab. V. 15.). Wyniosły one odpowiednio  $44$  mm,  $35$  mm i  $25$  mm. Znaczące opady wystąpiły w lipcu i były o  $34$  mm wyższe niż w wieloleciu..

Średnia miesięczna temperatura w 2019 roku była nieznacznie wyższa (o  $0,5^{\circ}\text{C}$ ) od średniej z lat 2010-2019. Najwyższe różnice pomiędzy średnimi temperaturami, w odniesieniu do wielolecia, odnotowano w czerwcu i październiku.

Suma opadów w 2019 roku wyniosła  $303$  mm i była niższa od średniej z wielolecia o  $112$  mm. Jedynym miesiącem, w którym zaobserwowano nieznacznie wyższą sumę opadów względem wielolecia był sierpień.

Tabela V. 14.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Krzyżewie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2018</b>												
I	0,9	-2,1	-5,4	9,3	16,3	17,5	16,9	22,7	18,0	9,6	8,2	-0,1
II	-4,2	-2,5	1,0	13,3	15,4	19,5	20,5	21,0	17,2	10,7	4,0	-1,4
III	-0,6	-10,1	1,7	13,5	18,1	17,1	23,0	17,2	10,9	7,6	-2,2	1,3
Średnia miesięczna	-1,3	-4,9	-0,9	12,0	16,6	18,0	20,1	20,3	15,4	9,3	3,3	-0,1
Średnia wieloletnia	-3,8	-2,0	2,3	8,5	14,0	17,4	19,3	18,7	13,6	7,6	3,9	-0,1
Różnica	2,5	-2,9	-3,2	3,6	2,6	0,7	0,9	1,6	1,8	1,7	-0,6	0,0
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			16,0						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,1						-		
<b>2019</b>												
I	-3,6	1,4	3,8	5,6	8,6	19,2	16,5	17,2	17,3	8,0	7,1	1,2
II	-1,7	3,0	3,3	6,2	13,8	22,4	16,8	19,4	12,9	13,8	7,0	2,5
III	-4,6	1,3	5,7	13,2	15,6	20,6	20,7	19,4	11,1	8,9	1,2	3,1
Średnia miesięczna	-3,3	1,9	4,3	8,3	12,7	20,7	18,0	18,6	13,8	10,2	5,1	2,3
Średnia wieloletnia	-3,8	-2,0	2,3	8,5	14,0	17,4	19,3	18,7	13,6	7,6	3,9	-0,1
Różnica	0,5	3,9	2,0	-0,2	-1,3	3,3	-1,3	-0,1	0,2	2,7	1,2	2,4
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,6						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,1						-		

Tabela V. 15.

## Sumy opadów (mm) w Krzyżewie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	6	11	4	29	0	4	19	8	33	2	4	33	
II	9	4	5	2	10	4	89	11	3	0	10	7	
III	15	2	16	7	12	15	19	25	31	40	2	33	
Suma miesięczna	31	17	25	37	22	23	127	43	66	42	16	74	
Średnia wieloletnia	32	27	29	33	66	57	92	69	59	39	37	41	
Różnica	-2	-10	-4	4	-44	-35	34	-25	7	4	-21	33	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			360						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			415						-			
<b>2019</b>													
I	13	8	18	0	1	1	18	31	10	26	13	2	
II	15	4	16	0	43	17	9	44	9	0	5	5	
III	9	0	6	10	12	3	40	0	30	0	0	29	
Suma miesięczna	37	12	40	10	56	20	67	75	49	26	19	36	
Średnia wieloletnia	32	27	29	33	66	57	92	69	59	39	37	41	
Różnica	4	-15	11	-23	-10	-37	-26	7	-10	-12	-18	-5	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			303						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			415						-			



## 2.6. Marianowo ( $\Phi = 53^{\circ}13'$ , $\Lambda = 22^{\circ}07'$ )

Średnia temperatura w okresie wegetacji w 2018 roku wynosiła  $15,7^{\circ}\text{C}$  i była o  $1,6^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej z wielolecia (tab. V. 16.). We wszystkich miesiącach wegetacji odnotowano wyższe średnie temperatury w porównaniu do wielolecia.

Suma opadów w okresie wegetacji soi w 2018 roku wynosiła 383 mm i była o 51 mm niższa w porównaniu do wielolecia. W lipcu i październiku notowano wyższe sumy opadów, niż wynosi średnia wieloletnia, odpowiednio o 45 i 6 mm, a w pozostałych miesiącach sumy opadów były niższe i mieściły się w przedziale od 10 do 34 mm (tab. V. 17.).

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji była nieznacznie wyższa od średniej z wielolecia i wynosiła  $14,4^{\circ}\text{C}$ . Miesiącami, w których notowano temperaturę wyższą od średniej z wielolecia był czerwiec ( $3,1^{\circ}\text{C}$ ) i październik ( $2,3^{\circ}\text{C}$ ).

W 2019 roku suma opadów w okresie wegetacji wynosiła 419 mm i była niższa od średniej z wielolecia o 15 mm, w porównaniu z którą najniższe sumy odnotowano w kwietniu (32 mm) i czerwcu (27 mm).

Tabela V. 16.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Marianowie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	1,2	-2,8	-5,7	9,5	15,5	17,9	16,7	22,5	17,5	9,7	7,9	-0,1	
II	-4,1	-2,1	1,0	12,8	15,4	19,1	20,2	19,9	16,7	11,6	3,5	-1,6	
III	-0,4	-10,5	1,5	13,2	18,3	16,8	22,5	16,2	10,7	6,7	-2,8	1,4	
Średnia miesięczna	-1,1	-5,1	-1,1	11,8	16,4	17,9	19,8	19,5	15,0	9,3	2,9	-0,1	
Średnia wieloletnia	-3,6	-2,0	2,5	8,6	13,8	17,3	19,0	18,7	13,6	7,8	4,0	0,0	
Różnica	2,5	-3,2	-3,6	3,2	2,6	0,7	0,8	0,9	1,4	1,5	-1,1	-0,1	
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			15,7								-	
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,1								-	
<b>2019</b>													
I	-4,0	1,3	3,6	6,6	8,4	19,6	15,9	17,1	16,8	7,6	7,0	1,7	
II	-1,8	3,3	3,3	6,0	13,6	21,9	16,2	19,0	12,1	13,7	7,7	2,9	
III	-4,9	0,8	5,6	13,3	15,3	19,7	20,1	19,3	10,8	9,0	1,6	2,9	
Średnia miesięczna	-3,6	1,8	4,2	8,6	12,4	20,4	17,4	18,4	13,3	10,1	5,5	2,5	
Średnia wieloletnia	-3,6	-2,0	2,5	8,6	13,8	17,3	19,0	18,7	13,6	7,8	4,0	0,0	
Różnica	0,1	3,8	1,7	0,0	-1,4	3,1	-1,7	-0,2	-0,3	2,3	1,5	2,5	
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,4								-	
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,1								-	

Tabela V. 17.

## Sumy opadów (mm) w Marianowie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	4	7	5	18	1	2	15	2	0	3	5	28	
II	12	2	1	1	9	5	103	32	1	0	12	10	
III	16	2	13	6	24	32	34	19	28	46	0	28	
Suma miesięczna	32	11	19	25	34	39	153	54	30	50	17	66	
Średnia wieloletnia	32	30	28	35	68	62	107	66	52	43	38	41	
Różnica	-1	-19	-9	-10	-34	-24	45	-13	-22	6	-21	24	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			383								-	
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			434								-	
<b>2019</b>													
I	16	13	12	0	2	4	27	51	8	33	11	3	
II	16	2	9	0	91	21	9	20	8	0	7	6	
III	13	1	3	3	23	10	70	9	25	3	1	26	
Suma miesięczna	45	16	23	4	116	35	107	80	41	36	18	35	
Średnia wieloletnia	32	30	28	35	68	62	107	66	52	43	38	41	
Różnica	12	-14	-4	-32	48	-27	-1	14	-10	-7	-19	-7	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			419								-	
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			434								-	

## 2.7. Nowa Wieś Ujska ( $\Phi = 53^{\circ}02'$ , $\Lambda = 16^{\circ}45'$ )

Średnia temperatura powietrza podczas wegetacji w 2018 roku wynosiła  $16,1^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia o  $1,8^{\circ}\text{C}$  (tab. V. 18.). Szczególnie ciepły był kwiecień i maj, z temperaturami wyższymi od średniej z wielolecia, odpowiednio o  $3,4$  i  $2,7^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów podczas wegetacji w 2018 roku była niższa o  $145$  mm od średniej z wielolecia. Największe niedobory opadów ( $59$  mm) zanotowano w maju i w sierpniu (tab. V. 19.).

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wynosiła  $14,5^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia o  $0,2^{\circ}\text{C}$ , a w czerwcu o  $4,0^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów w okresie IV-X w roku 2019 wynosiła  $322$  mm i była o  $126$  mm niższa od średniej z wielolecia, a największy deficyt opadów notowano w czerwcu ( $58$  mm) i lipcu ( $76$  mm).

Tabela V. 18.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C)  
 w Nowej Wsi Ujskiej w 2019 roku

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2018</b>												
I	2,0	-2,2	-3,5	9,5	13,7	19,1	17,9	23,9	17,8	9,5	9,0	3,3
II	-1,3	-0,4	1,4	13,6	15,5	18,6	19,6	20,5	18,0	13,0	5,1	-0,5
III	2,3	-7,0	1,6	13,4	18,5	17,0	22,7	17,7	11,6	7,5	-0,9	4,0
Średnia miesięczna	1,0	-3,2	-0,2	12,2	15,9	18,2	20,1	20,7	15,8	10,0	4,4	2,3
Średnia wieloletnia	-1,7	-0,5	3,1	8,8	13,2	17,1	19,2	18,9	14,0	8,7	4,3	1,1
Różnica	2,7	-2,7	-3,3	3,4	2,7	1,2	0,9	1,8	1,8	1,4	0,1	1,1
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			16,1						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,3						-		
<b>2019</b>												
I	0,9	1,5	5,2	7,7	8,4	20,5	16,0	19,2	15,6	6,5	6,2	2,3
II	0,7	3,9	4,8	6,2	11,7	22,0	17,9	19,0	12,5	11,6	4,8	2,2
III	-3,3	2,8	6,8	12,8	14,4	20,6	21,9	21,5	12,1	7,1	4,0	3,4
Średnia miesięczna	-0,5	2,7	5,6	8,9	11,5	21,0	18,6	19,9	13,4	8,4	5,0	2,6
Średnia wieloletnia	-1,7	-0,5	3,1	8,8	13,2	17,1	19,2	18,9	14,0	8,7	4,3	1,1
Różnica	1,1	3,3	2,5	0,1	-1,7	4,0	-0,5	1,0	-0,7	-0,3	0,7	1,5
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,5						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,3						-		

Tabela V. 19.

## Sumy opadów (mm) w Nowej Wsi Ujskiej

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2018</b>													
I	15	5	9	6	7	51	0	13	3	5	1	37	
II	21	1	10	34	1	0	91	2	3	0	0	5	
III	22	0	18	22	2	14	0	13	17	21	1	17	
Suma miesięczna	58	6	37	61	9	65	91	27	23	26	2	59	
Średnia wieloletnia	39	24	37	30	69	69	102	86	44	49	44	48	
Różnica	20	-17	0	31	-59	-4	-10	-59	-20	-23	-42	11	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			303						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			448						-			
<b>2019</b>													
I	16	6	13	0	16	0	6	18	46	33	23	7	
II	19	3	19	2	50	11	12	10	14	17	24	19	
III	5	0	2	2	5	0	8	40	35	0	7	5	
Suma miesięczna	40	9	34	4	70	11	26	67	95	49	54	31	
Średnia wieloletnia	39	24	37	30	69	69	102	86	44	49	44	48	
Różnica	1	-14	-3	-26	1	-58	-76	-19	51	0	10	-17	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			322						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			448						-			

## 2.8. Radostowo ( $\Phi = 53^{\circ}59'$ , $\Lambda = 18^{\circ}45'$ )

W 2017 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV-X) wynosiła  $13,7^{\circ}\text{C}$  i była niższa od średniej z wielolecia o  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Od kwietnia do września średnia miesięczna temperatura była niższa od średniej z wielolecia (największą różnicę odnotowano w lipcu  $-1,6^{\circ}\text{C}$  i kwietniu  $-1,3^{\circ}$ ). Jedynie w październiku temperatura była wyższa od średniej z wielolecia (tab. V. 20.).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2017 roku wyniosła 495 mm i była wyższa od średniej z dziesięciolecia o 136 mm (tab. V. 21.). Jedynie w maju i czerwcu opady były na poziomie średniej z wielolecia, a w pozostałych miesiącach suma opadów była wyższa. Największe różnice między średnimi odnotowano we wrześniu i październiku (40 mm).

Średnia temperatura w okresie wegetacji soi w 2018 roku wynosiła  $16,0^{\circ}\text{C}$  i była o  $2,0^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej z wielolecia. We wszystkich miesiącach wegetacji odnotowano wyższe średnie temperatury w porównaniu z wieloleciem.

Suma opadów w okresie wegetacji w 2018 roku wynosiła 262 mm i była o 97 mm niższa w porównaniu do wielolecia. W kwietniu i lipcu suma opadów była wyższa od średniej z wielolecia, a w pozostałych niższa i mieściła się w przedziale od 5 do 42 mm.

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wynosiła  $14,8^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia o  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Temperaturę niższą od średniej z wielolecia notowano w maju ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ) i lipcu ( $0,8^{\circ}\text{C}$ ), a w czerwcu średnia temperatura była wyższa o  $3,5^{\circ}\text{C}$ .

W 2019 roku suma opadów w okresie wegetacji wynosiła 316 mm i była niższa od sumy z wielolecia o 43 mm. Niższą od średniej wieloletniej sumę opadów odnotowano w kwietniu (23 mm), lipcu (27 mm), sierpniu (11 mm) i październiku (19 mm).

Tabela V. 20.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Radostowie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	-5,2	-4,0	3,9	10,2	7,9	15,0	15,8	19,5	15,3	10,2	7,1	2,7
II	-2,5	-1,8	4,4	4,8	14,1	17,1	16,8	18,0	13,4	12,9	3,9	0,6
III	-1,0	5,1	8,0	6,0	16,0	17,1	18,6	16,3	13,2	8,6	3,3	3,7
Średnia miesięczna	-2,9	-0,2	5,4	7,0	12,7	16,4	17,1	17,9	14,0	10,6	4,8	2,3
Średnia wieloletnia	-2,3	-1,4	3,0	8,3	12,9	16,5	18,7	18,6	14,1	8,6	5,5	0,9
Różnica	-0,6	1,2	2,5	-1,3	-0,3	-0,1	-1,6	-0,7	-0,2	2,0	-0,8	1,4
Średnia dla roku 2017 (IV-X)	-			13,7						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,0						-		
<b>2018</b>												
I	2,2	-3,0	-3,9	8,8	13,8	17,8	18,3	23,6	18,2	11,0	8,7	2,7
II	-2,1	-0,1	1,2	13,6	15,7	17,8	21,0	19,7	17,4	13,0	5,6	-0,4
III	0,7	-8,3	2,0	12,9	17,1	16,2	22,7	17,5	12,6	7,6	-0,8	2,6
Średnia miesięczna	0,3	-3,8	-0,2	11,8	15,5	17,3	20,6	20,3	16,0	10,5	4,5	1,7
Średnia wieloletnia	-2,3	-1,4	3,0	8,3	12,9	16,5	18,7	18,6	14,1	8,6	5,5	0,9
Różnica	2,5	-2,4	-3,2	3,5	2,6	0,8	1,9	1,7	1,9	2,0	-1,0	0,7
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			16,0						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,0						-		
<b>2019</b>												
I	0,2	1,6	5,1	6,6	8,5	19,4	15,9	18,6	17,2	8,8	7,0	3,1
II	1,0	4,7	5,0	6,4	12,4	20,9	17,2	19,3	13,3	13,6	5,8	2,6
III	-3,5	3,3	7,3	12,9	14,5	19,6	20,7	21,3	13,4	9,5	3,5	3,7
Średnia miesięczna	-0,8	3,2	5,8	8,6	11,8	20,0	17,9	19,7	14,6	10,6	5,5	3,1
Średnia wieloletnia	-2,3	-1,4	3,0	8,3	12,9	16,5	18,7	18,6	14,1	8,6	5,5	0,9
Różnica	1,5	4,6	2,8	0,4	-1,1	3,5	-0,8	1,1	0,5	2,1	-0,1	2,2
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,8						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			14,0						-		



Tabela V. 21.

## Sumy opadów (mm) w Radostowie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2017</b>													
I	22	2	7	8	33	18	42	30	54	25	5	20	
II	6	2	9	21	4	15	10	27	35	5	7	4	
III	0	14	3	11	5	25	60	18	2	47	43	13	
Suma miesięczna	28	18	20	40	42	58	112	76	91	77	54	37	
Średnia wieloletnia	33	17	23	25	45	56	86	59	51	37	49	33	
Różnica	-6	1	-3	15	-4	2	26	17	40	40	5	3	
Suma dla roku 2017 (IV-X)	-			495						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			359						-			
<b>2018</b>													
I	6	4	8	4	6	1	8	3	5	12	1	18	
II	11	2	5	21	19	5	59	5	1	0	13	3	
III	18	1	20	16	7	25	30	9	8	20	1	26	
Suma miesięczna	35	7	33	41	31	31	96	17	14	32	15	46	
Średnia wieloletnia	33	17	23	25	45	56	86	59	51	37	49	33	
Różnica	2	-10	10	16	-14	-24	10	-42	-37	-5	-34	13	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			262						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			359						-			
<b>2019</b>													
I	29	8	12	0	10	4	37	26	23	13	33	7	
II	5	5	7	0	46	47	12	5	16	5	31	6	
III	8	8	2	2	8	13	10	16	23	0	4	10	
Suma miesięczna	42	21	21	2	65	63	59	48	62	18	68	22	
Średnia wieloletnia	33	17	23	25	45	56	86	59	51	37	49	33	
Różnica	9	5	-2	-23	19	7	-27	-11	11	-19	19	-11	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			316						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			359						-			

## 2.9. Świebodzin ( $\Phi = 52^{\circ}14'$ , $\Lambda = 15^{\circ}35'$ )

W 2017 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV-X) wyniosła  $15,2^{\circ}\text{C}$  i była na poziomie wielolecia (tab. V. 22.). W maju, czerwcu i październiku średnia miesięczna temperatura była wyższa od średniej z wielolecia, a w pozostałych miesiącach niższa.

Suma opadów w okresie wegetacji w 2017 roku wynosiła 566 mm i była o 194 mm wyższa od średniej z wielolecia. Nieznaczny niedobór opadów, w porównaniu do wielolecia, odnotowano w maju i wrześniu. W czerwcu i lipcu suma opadów była znacząco wyższa od średniej z wielolecia, odpowiednio o 64 mm i 82 mm (tab. V. 23.).

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji w 2018 roku wynosiła  $17,3^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia o  $2,1^{\circ}\text{C}$ . We wszystkich miesiącach okresu wegetacji odnotowano temperatury wyższe od średniej z 10-lecia. Najwyższe różnice między średnimi były w kwietniu ( $4,1^{\circ}\text{C}$ ) i maju ( $3,2^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji dla wielolecia wynosiła 372 mm. W analogicznym okresie 2018 roku odnotowano sumę opadów mniejszą o 77 mm. W kwietniu i październiku suma opadów była nieznacznie wyższa od sumy z wielolecia, a w pozostałych miesiącach niższa.

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wynosiła  $16,3^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej z wielolecia (2010-2019) o  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Największą różnicę temperatur w stosunku do analizowanego 10-lecia odnotowano w czerwcu ( $4,5^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2019 roku wynosiła 262 mm i była o 110 mm niższa w stosunku do średniej z wielolecia. Wyższą sumę opadów, w porównaniu z wieloleciem, odnotowano jedynie w maju (26 mm). W pozostałych miesiącach okresu wegetacji, w porównaniu do wielolecia, stwierdzono niedobory opadów (największe w czerwcu – 46 mm).

Tabela V. 22.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) w Świebodzinie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	-1,7	-1,6	6,3	12,0	9,4	17,3	17,8	21,5	15,1	11,4	7,8	4,0
II	-1,0	2,6	7,1	7,4	16,6	18,7	18,7	18,4	13,1	14,8	4,7	3,0
III	-0,8	7,6	10,0	7,8	17,9	19,5	20,6	17,7	13,6	9,5	5,8	6,3
Średnia miesięczna	-1,2	2,9	7,8	9,1	14,7	18,5	19,0	19,2	13,9	11,9	6,1	4,4
Średnia wieloletnia	-0,1	1,0	5,0	10,3	14,4	18,3	20,2	19,6	14,4	9,4	5,1	2,2
Różnica	-1,1	1,8	2,8	-1,3	0,3	0,2	-1,2	-0,4	-0,4	2,4	1,0	2,2
Średnia dla roku 2017 (IV-X)	-			15,2						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			15,2						-		
<b>2018</b>												
I	4,0	0,3	0,2	11,8	15,6	21,0	19,7	24,7	18,1	10,7	10,0	5,2
II	1,0	1,5	3,3	15,8	16,8	19,9	19,8	21,2	18,3	13,5	4,3	1,8
III	4,9	-5,7	4,4	15,6	20,5	17,9	23,6	17,9	11,5	8,7	0,5	5,1
Średnia miesięczna	3,3	-1,3	2,7	14,4	17,6	19,6	21,0	21,2	15,9	10,9	4,9	4,0
Średnia wieloletnia	-0,1	1,0	5,0	10,3	14,4	18,3	20,2	19,6	14,4	9,4	5,1	2,2
Różnica	3,4	-2,3	-2,3	4,1	3,2	1,3	0,8	1,6	1,6	1,5	-0,2	1,8
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			17,3						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			15,2						-		
<b>2019</b>												
I	2,3	2,3	7,2	10,2	9,4	21,7	18,2	21,1	17,6	9,7	7,5	3,9
II	1,7	5,9	6,2	7,6	12,0	23,4	18,7	20,2	13,5	15,2	6,4	4,0
III	-1,8	5,4	8,3	14,6	15,7	23,2	23,5	22,7	14,1	10,4	6,2	4,0
Średnia miesięczna	0,7	4,5	7,2	10,8	12,4	22,8	20,1	21,3	15,1	11,8	6,7	4,0
Średnia wieloletnia	-0,1	1,0	5,0	10,3	14,4	18,3	20,2	19,6	14,4	9,4	5,1	2,2
Różnica	0,8	3,5	2,2	0,5	-2,0	4,5	-0,1	1,7	0,7	2,3	1,6	1,7
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			16,3						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			15,2						-		

Tabela V. 23.

## Sumy opadów (mm) w Świebodzinie

Wyszczególnienie	Miesiące												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>2017</b>													
I	14	5	15	1	24	35	24	34	25	38	29	13	
II	10	8	22	23	15	7	28	26	5	1	8	11	
III	0	29	3	5	9	81	126	8	13	38	18	18	
Suma miesięczna	24	42	40	29	49	123	178	68	44	76	55	42	
Średnia wieloletnia	46	24	36	26	50	59	96	55	47	39	42	42	
Różnica	-22	18	4	3	-1	64	82	12	-3	38	13	0	
Suma dla roku 2017 (IV-X)	-			566						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			372						-			
<b>2018</b>													
I	35	2	13	8	9	29	9	26	8	14	1	29	
II	34	1	4	26	3	0	47	2	5	0	9	10	
III	4	0	16	11	7	11	19	6	28	29	0	18	
Suma miesięczna	73	3	33	44	19	40	75	34	40	43	9	57	
Średnia wieloletnia	46	24	36	26	50	59	96	55	47	39	42	42	
Różnica	28	-21	-3	18	-31	-19	-21	-21	-6	4	-33	15	
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			295						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			372						-			
<b>2019</b>													
I	26	9	27	0	21	4	13	12	34	27	17	6	
II	26	2	17	5	19	9	39	17	4	1	14	15	
III	6	4	5	2	35	0	18	1	0	2	8	7	
Suma miesięczna	59	15	48	7	76	13	69	29	39	29	39	28	
Średnia wieloletnia	46	24	36	26	50	59	96	55	47	39	42	42	
Różnica	13	-9	12	-20	26	-46	-27	-26	-8	-9	-3	-13	
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			262						-			
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			372						-			

## 2.10. Wróćkowo ( $\Phi = 53^{\circ}49'$ , $\Lambda = 20^{\circ}40'$ )

W 2017 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV-X) wyniosła  $13,2^{\circ}\text{C}$  i była niższa w porównaniu z wieloleciem o  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Jedynymi miesiącami okresu wegetacji, w których temperatura była wyższa od średniej z wielolecia był wrzesień i październik (tab. V. 24.), natomiast w pozostałych miesiącach temperatury były niższe. Największe różnice między średnimi odnotowano w kwietniu ( $1,7^{\circ}\text{C}$ ) i lipcu ( $1,5^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2017 roku wynosiła 605 mm i była wyższa od średniej z 10-lecia o 167 mm (tab. V. 25.). We wrześniu i październiku opady były najwyższe względem średniej wieloletniej odpowiednio o 93 mm i 77 mm. Największe niedobory opadów, w porównaniu z wieloleciem, odnotowano w maju (33 mm).

W 2018 roku średnia temperatura w okresie wegetacji wynosiła  $15,3^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej 10-letniej o  $1,5^{\circ}\text{C}$ . We wszystkich analizowanych miesiącach odnotowano wyższe średnie miesięczne temperatury w porównaniu do wielolecia. Najmniejszą różnicę zaobserwowano w październiku ( $0,3^{\circ}\text{C}$ ).

Suma opadów w okresie wegetacji w 2018 roku wynosiła 347 mm i była niższa o 91 mm w porównaniu do średniej z wielolecia. Jedynym miesiącem, w którym miesięczna suma opadów przewyższała średnią z wielolecia był październik. Najmniejsze niedobory opadów wystąpiły w kwietniu i maju, w pozostałych miesiącach wahały się od 20 do 24 mm.

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji wynosiła  $14,1^{\circ}\text{C}$  i była zbliżona do średniej z wielolecia. W maju i lipcu średnia temperatura była niższa od wieloletniej odpowiednio o  $1,5^{\circ}\text{C}$  i  $1,4^{\circ}\text{C}$ , a w czerwcu wyższa o  $3,2^{\circ}\text{C}$ .

Suma opadów w okresie wegetacji w 2019 roku wynosiła 397 mm i była niższa o 41 mm od średniej z wielolecia. Największy deficyt opadów w okresie wegetacji, w porównaniu do wielolecia, odnotowano w lipcu (78 mm) i kwietniu (33 mm). W maju, czerwcu i wrześniu sumy opadów przewyższały średnią wieloletnią.

Tabela V. 24.

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (°C) we Wróćkowie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	-6,5	-4,5	2,9	9,3	8,5	14,1	15,4	19,9	15,1	9,1	6,2	1,9
II	-2,4	-1,9	3,8	4,3	13,8	16,4	16,7	18,4	13,2	11,7	3,4	0,0
III	-1,4	4,2	6,9	5,7	15,1	16,8	19,1	15,6	12,8	6,9	2,5	3,3
Średnia miesięczna	-3,4	-0,7	4,5	6,5	12,5	15,8	17,1	18,0	13,7	9,2	4,0	1,7
Średnia wieloletnia	-3,5	-1,8	2,3	8,1	13,1	16,4	18,5	18,2	13,5	8,8	5,1	0,2
Różnica	0,0	1,1	2,2	-1,7	-0,7	-0,6	-1,5	-0,3	0,2	0,4	-1,0	1,6
Średnia dla roku 2017 (IV-X)	-			13,2						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			13,8						-		
<b>2018</b>												
I	1,6	-3,1	-4,6	8,6	14,6	17,3	16,5	22,7	17,2	9,7	8,4	1,2
II	-3,1	-0,9	0,5	13,1	15,2	17,7	20,8	18,9	16,2	11,3	4,5	-1,0
III	0,0	-9,9	1,2	12,2	16,9	16,0	21,9	16,9	11,1	6,4	-1,5	1,8
Średnia miesięczna	-0,5	-4,7	-1,0	11,3	15,6	17,0	19,7	19,5	14,8	9,1	3,8	0,7
Średnia wieloletnia	-3,5	-1,8	2,3	8,1	13,1	16,4	18,5	18,2	13,5	8,8	5,1	0,2
Różnica	2,9	-2,8	-3,3	3,2	2,4	0,6	1,2	1,3	1,3	0,3	-1,3	0,5
Średnia dla roku 2018 (IV-X)	-			15,3						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			13,8						-		
<b>2019</b>												
I	-3,4	1,1	4,2	6,7	8,0	18,7	15,4	16,9	17,0	8,0	7,1	2,3
II	-1,0	4,0	3,8	5,3	12,5	21,1	16,0	18,5	12,7	12,9	6,4	2,2
III	-5,0	1,2	6,2	12,9	14,4	19,0	20,1	19,4	12,3	8,9	1,9	2,9
Średnia miesięczna	-3,1	2,1	4,8	8,3	11,6	19,6	17,2	18,3	14,0	9,9	5,2	2,5
Średnia wieloletnia	-3,5	-1,8	2,3	8,1	13,1	16,4	18,5	18,2	13,5	8,8	5,1	0,2
Różnica	0,3	3,9	2,4	0,2	-1,5	3,2	-1,4	0,0	0,5	1,1	0,1	2,3
Średnia dla roku 2019 (IV-X)	-			14,1						-		
Średnia dla wielolecia (IV-X)	-			13,8						-		

Tabela V. 25.

## Sumy opadów (mm) we Wróćkowie

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2017</b>												
I	12	5	21	12	19	7	21	15	66	44	19	18
II	3	10	22	31	0	21	23	15	80	11	10	4
III	1	26	6	22	3	43	78	20	1	73	16	31
Suma miesięczna	17	40	49	65	22	71	122	50	147	128	45	53
Średnia wieloletnia	41	28	30	34	54	72	106	66	54	51	48	46
Różnica	-25	12	20	31	-33	-1	16	-16	93	77	-3	7
Suma dla roku 2017 (IV-X)	-			605						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			438						-		
<b>2018</b>												
I	10	2	5	7	7	11	2	1	0	9	4	26
II	3	2	1	9	4	9	76	23	4	0	16	7
III	22	1	7	13	35	32	6	21	27	49	2	29
Suma miesięczna	35	5	13	29	46	52	84	46	31	59	21	61
Średnia wieloletnia	41	28	30	34	54	72	106	66	54	51	48	46
Różnica	-7	-23	-17	-5	-8	-20	-22	-20	-24	8	-27	14
Suma dla roku 2018 (IV-X)	-			347						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			438						-		
<b>2019</b>												
I	23	18	29	0	13	12	19	33	36	29	11	16
II	23	5	19	0	53	88	2	5	25	3	9	6
III	7	4	3	0	31	2	7	4	33	2	6	12
Suma miesięczna	53	27	50	0	97	101	28	43	94	34	26	34
Średnia wieloletnia	41	28	30	34	54	72	106	66	54	51	48	46
Różnica	11	0	21	-33	42	29	-78	-23	40	-17	-22	-12
Suma dla roku 2019 (IV-X)	-			397						-		
Suma dla wielolecia (IV-X)	-			438						-		

## 2.11. Warunki wilgotnościowo-termiczne w północnej Polsce w latach badań

Warunki wilgotnościowo-termiczne w latach badań były bardzo zróżnicowane. W 2017 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV – X) wynosiła 14,0°C i była o 0,3°C niższa od średniej wieloletniej, natomiast suma opadów była wyższa w porównaniu z wieloleciem o 38%. W latach 2018 i 2019 średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV – X) wynosiła odpowiednio 16,2 i 15,1°C i była wyższa o 2,0 i 0,9°C, a suma opadów niższa w porównaniu z wieloleciem o 28 i 22% (tab. V. 26.).

Tabela V. 26.

Średnia temperatura powietrza i suma opadów w północnej Polsce w okresie IV – X  
w latach 2017 - 2019

Wyszczególnienie	Lata								
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
	okres IV – X								
	Średnia temperatura powietrza [°C]			Suma opadów [mm]			Nadmiar/deficyt opadów w porównaniu do wieloleci [%]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Miejscowość	Białogard								
Średnia dla lat	13,6	14,8	13,2	860	338	444	74	31	10
Średnia wieloletnia	13,6			493			-		
Różnica	0	1,2	-0,4	367	-155	-49	-		
Miejscowość	Chrzastowo								
Średnia dla lat	-	16,5	15,4	-	290	277	-	23	26
Średnia wieloletnia	14,5			375			-		
Różnica	-	2,0	0,9	-	-85	-98	-		
Miejscowość	Głębokie								
Średnia dla lat	14,2	16,7	15,5	481	291	262	39	16	24
Średnia wieloletnia	14,7			346			-		
Różnica	-0,5	2,0	0,8	135	-55	-84	-		
Miejscowość	Karzniczka								
Średnia dla lat	-	15,1	14,2	-	389	427	-	23	15
Średnia wieloletnia	13,7			505			-		
Różnica	-	1,4	0,5	-	-116	-78	-		



Tabela V. 26. cd.

Średnia temperatura powietrza i suma opadów w północnej Polsce w okresie IV – X  
 w latach 2017 - 2019

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Miejscowość	Krzyżewo								
Średnia dla lat	-	16,0	14,6	-	360	303	-	13	27
Średnia wieloletnia	14,1			415			-		
Różnica	-	1,9	0,5	-	-55	-112	-		
Miejscowość	Marianowo								
Średnia dla lat	-	15,7	14,4	-	383	419	-	12	3
Średnia wieloletnia	14,1			434			-		
Różnica	-	1,6	0,3	-	-51	-15	-		
Miejscowość	Nowa Wieś Ujska								
Średnia dla lat	-	16,1	14,5	-	303	322	-	32	28
Średnia wieloletnia	14,3			448			-		
Różnica	-	1,8	0,2	-	-145	-126	-		
Miejscowość	Radostowo								
Średnia dla lat	13,7	16,0	14,8	495	262	316	38	27	12
Średnia wieloletnia	14,0			359			-		
Różnica	-0,3	2,0	0,8	136	-97	-43	-		
Miejscowość	Świebodzin								
Średnia dla lat	15,2	17,3	16,3	566	295	262	52	21	30
Średnia wieloletnia	15,2			372			-		
Różnica	0	2,1	1,1	194	-77	-110	-		
Miejscowość	Wróćkowo								
Średnia dla lat	13,2	15,3	14,1	605	347	397	38	21	9
Średnia wieloletnia	13,8			438			-		
Różnica	-0,6	1,5	0,3	167	-98	-41	-		
<b>Średnia dla miejscowości</b>									
Średnia dla lat	14,0	16,2	15,1	555	301	328	38	-28	-22
Średnia wieloletnia	14,3	14,2		402	418		-		
Różnica	-0,3	2,0	0,9	153	-117	-90	-		
<b>Statystyki opisowe</b>									
Odchylenie standardowe	0,77	0,76	0,86	153	43,5	71,6			
Minimum	13,2	15,1	13,2	481	262	262			
Mediana	13,7	16,0	14,6	566	321	319			
Maksimum	15,2	17,3	16,3	860	389	444			
V [%]	5,5	4,7	5,7	27,6	14,5	21,8			

## VI. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ODMIAN SOI

W doświadczeniach badano 13 odmian soi zaliczanych do różnych grup wczesności wpisanych do Krajowego rejestru (Abelina - 2016, Aligator - 2015, Erica - 2017, GL Melanie - 2017, Petrina - 2017) i odmiany ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA (Brunensis, Kofu, Merlin, Moravians, Naya, SG Anser, Sirelia i Sultana).

**Odmiana Abelina** (Saatzucht Donau GmbH & CoKG, Austria) - według hodowcy należy do grupy odmian wczesnych, natomiast wg badań COBORU do odmian średniowczesnych. W doświadczeniach rejestrowych COBORU oraz w produkcji polowej wyróżnia się wysokim potencjałem plonowania i wyjątkową stabilnością w latach. Plon nasion w doświadczeniach Porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) 2016–2018 wyniósł 108% wzorca. Pod względem jakościowym jest to odmiana o bardzo wysokiej zawartości tłuszczu i wysokim plonie białka. Mocny wczesny wigor i szybki wzrost ułatwiają prowadzenie łanu, uniemożliwiając ekspansję chwastów. Kwitnie na fioletowo. Dodatkową zaletą jest wysokie osadzenie najniższego strąka, na poziomie 12 cm [Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2019]. Zalecana do uprawy w całej Polsce, z wyjątkiem rejonów o najtrudniejszych warunkach termicznych. W 2019 roku znajdowała się na Liście odmian zalecanych do uprawy na terenie 12 województw, poza terenami najbardziej wysuniętymi na północ kraju. Odmiana wpisana do KR [Listy odmian zalecanych do uprawy na terenie województw COBORU 2019].

**Odmiana Aligator** (Euralis Semences, Francja) - według hodowcy jest odmianą wczesną, natomiast wg badań COBORU - późną. Odmiana ta charakteryzuje się odpornością na wyleganie i wysokim osadzeniem dolnych strąków, na poziomie 11,6 cm [Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2015]. W doświadczeniach rejestrowych COBORU oraz w produkcji polowej wyróżnia się wysokim potencjałem plonowania i wyjątkową stabilnością w latach. Plon nasion w doświadczeniach odmianowych COBORU 2016–2018 wyniósł 108% wzorca. Pod względem jakościowym jest to odmiana o wysokiej zawartości tłuszczu i dużym plonie białka z hektara. Zalecana do uprawy na glebach kompleksu pszennego i żytniego bardzo dobrego. W 2019 roku znajdowała się na Liście odmian zalecanych do uprawy na terenie 7 województw, głównie w centralnej i południowej części kraju. Odmiana wpisana do KR.

---

**Odmiana Brunensis** (Prograin Z.A. CA/CZ) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Średni plon nasion w kraju za lata 2017-2019 wyniósł 102% wzorca. W doświadczeniach PDO w województwie podkarpackim uzyskała średni plon za lata 2017-2019 w wysokości 105% wzorca. Rośliny wysokie, osadzenie najniższego strąka średnie. Dojrzewanie równomierne. Masa 1000 nasion średnia. Zawartość białka ogólnego w nasionach średnia do dość dużej, tłuszczu surowego dość mała, włókna surowego średnia. Odpowiednia do uprawy na glebach kompleksów pszennych i żytniego bardzo dobrego [Lista odmian zalecanych do uprawy w województwie podkarpackim na rok 2020].

**Odmiana Erica** (DANKO Hodowla Roślin sp. z o. o, Polska) - odmiana wczesna, plon nasion i białka powyżej odmian o podobnej wczesności. Termin kwitnienia roślin bardzo wczesny, okres kwitnienia średni. Termin osiągnięcia dojrzałości technicznej i żniwnej wczesny. Rośliny średnie do niskich. Wysokość osadzenia strąków średnia do niskiej. Odporność na wyleganie w końcu kwitnienia i przed zbiorem średnia. Odporność na bakteryjną ospowatość i zgorzelową plamistość średnia. Odporność na pęknięcie strąków średnia. Masa 1000 nasion średnia. Zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego i włókna surowego w nasionach średnia. [Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2017]. Odmiana wpisana do KR.

**Odmiana GL Melanie** (Saatzucht Gleisdorf GmbH, Austria) - odmiana późna. Plon nasion duży, plon białka bardzo duży. Termin kwitnienia roślin i okres kwitnienia średni. Termin osiągnięcia dojrzałości technicznej i żniwnej późny. Rośliny średniej wysokości. Osadzenie najniższych strąków średnie. Odporność na wyleganie w końcu kwitnienia i przed zbiorem dość duża. Odporność na bakteryjną ospowatość i na zgorzelową plamistość średnia. Równomierność dojrzewania średnia. Odporność na pęknięcie strąków średnia. Masa 1000 nasion średnia. Zawartość białka ogólnego w nasionach duża, tłuszczu surowego i włókna surowego średnia do małej. Optymalna liczba roślin na 1 m<sup>2</sup> około 70. [Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2017)]. Odmiana wpisana do KR.

**Odmiana Kofu** (Prograin ZiA, s.r.o. CZ) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Według hodowcy należy do grupy odmian wczesnych, natomiast według badań COBORU do grupy odmian bardzo późnych. Średni plon nasion w doświadczeniach PDO w kraju w latach 2017-2019 wyniósł 111% wzorca, a w woj. kujawsko-pomorskim 116% wzorca. Rośliny charakteryzują się średnią wysokością,

średnio wysokim osadzeniem pierwszego strąka i dobrą odpornością na wyleganie. Nasiona o wysokiej zawartości tłuszczu. Masa 1000 nasion umiarkowanie wysoka. W roku 2019 rekomendowana do uprawy na terenie województwa lubelskiego i świętokrzyskiego [[www.prograin-zia.com](http://www.prograin-zia.com)].

**Odmiana Merlin** (Saatbau Linz, Austria) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Według hodowcy należy do grupy odmian wczesnych, natomiast według badań COBORU średniowczesnych [Lista odmian zalecanych do uprawy na terenie województwa opolskiego 2017]. Charakteryzuje się wyjątkowo wczesnym wigorem i tolerancją na chłody. W razie uszkodzeń wywołanych przez przymrozki, nieodpowiednie zastosowanie środków ochrony roślin, czy żerowanie zwierząt, rośliny intensywnie regenerują się z międzywęźli, poniżej miejsca uszkodzenia, ograniczając straty plonu. W doświadczeniach PDO plonowała na poziomie 96% w skali kraju, natomiast 103% w województwie opolskim w latach 2016–2018. Szczególnie silny wczesny wigor oraz mała wrażliwość na przymrozki umożliwiają uprawę tej odmiany na terenie całej Polski.

**Odmiana Moravians** (Prograin ZiA, s.r.o. CA/CZ) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Należy do grupy odmian średniowczesnych [Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Bobowate grubonasienne i soja. 2020]. Rośliny wysokie, o średniej odporności na wyleganie w końcu kwitnienia i przed zbiorem. Równomierność dojrzewania duża. Osadzanie dolnych strąków wysokie. Masa 1000 nasion duża, zawartość białka i tłuszczu duża. Plon nasion, białka i tłuszczu wysoki [Lista odmian zalecanych do uprawy na terenie województwa opolskiego 2019].

**Odmiana Naya** (Prograin ZiA, s.r.o. CA/CZ) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Odmiana późna. Rośliny średniej wysokości. Osadzenie najniższych strąków średnie. Odporność na wyleganie w końcu kwitnienia i przed zbiorem bardzo duża. Odporność na bakteryjną plamistość dość dobra. Równomierność dojrzewania średnia. Masa 1000 nasion bardzo duża. Odmiana o wysokim potencjale plonowania. Optymalna liczba roślin na 1 m<sup>2</sup> około 70 [Lista odmian zalecanych do uprawy w województwie podkarpackim na rok 2020].

**Odmiana Petrina** (University of Guelph. Canada) - odmiana bardzo późna. Rośliny średniej wysokości, o dość dużej odporności na wyleganie w końcu kwitnienia i średniej przed zbiorem. Równomierność dojrzewania dość mała. Osadzenie dolnych strąków średnie. Odporność na pękanie strąków średnia do dość małej. Masa 1000 nasion

---

dość mała, zawartość białka mała, tłuszczu surowego dość duża, włókna surowego w nasionach średnia. Plon nasion i białka duży [Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2017]. Odmiana wpisana do KR.

**Odmiana SG Anser** (Saatbau Linz, Austria) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Według hodowcy odmiana zaliczana jest do grupy odmian średniowczesnych. Wysoki potencjał plonowania wynika z dużej liczby nasion w strąkach i wyjątkowo wysokiej masy 1000 nasion, rzadko spotykanej wśród odmian z tej grupy wczesności. Rośliny średniej wysokości, charakteryzują się wysoką odpornością na wyleganie oraz wysoko osadzonymi najniższymi strąkami, co ułatwia zbiór. Posiada bardzo silny wczesny wigor, nasiona z jasnym znamieniem, o wysokiej zawartości białka i tłuszczu. Ze względu na strukturę białek oraz walory smakowe jest rekomendowana do przemysłu spożywczego. W doświadczeniach PDO 2017–2019 uzyskała plon na poziomie 98% wzorca. Rekomendowana do uprawy na terenie całej Polski, z wyjątkiem rejonów północnych i północno-wschodnich [www.saatbau.pl].

**Odmiana Sirelia** (RAGT, Francja) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Odmiana średniowczesna. Rośliny średniej wysokości, o dużej odporności na wyleganie w końcu kwitnienia i przed zbiorem. Równomierność dojrzewania duża. Wysokość osadzenia dolnych strąków średnia. Masa 1000 nasion średnia, zawartość białka i tłuszczu duża. Plon nasion, białka i tłuszczu wysoki [Lista odmian zalecanych do uprawy na terenie województwa opolskiego 2019].

**Odmiana Sultana** (RAGT, Francja) - odmiana ze Wspólnotowego katalogu odmian roślin rolniczych CCA. Zaliczana do grupy odmian późnych [Lista odmian zalecanych do uprawy na terenie województwa opolskiego 2017]. Wysokość roślin średnia do niskiej, najniższe strąki osadzone dość wysoko. Charakteryzuje się wysoką odpornością na wyleganie. W doświadczeniach PDO oraz w produkcji polowej wyróżnia się wysokim potencjałem plonowania i wyjątkową stabilnością w latach. Plon nasion w doświadczeniach COBORU 2016–2018 wyniósł 93% wzorca na terenie kraju, a w województwie opolskim 111%. Należy do najlepiej plonujących odmian na terenie województwa opolskiego. Jest to odmiana o wysokiej zawartości białka i średniej tłuszczu. Odpowiednia do uprawy na glebach kompleksów pszennych i żytniego bardzo dobrego. W 2019 roku znajdowała się na Liście odmian zalecanych do uprawy na terenie 4 województw południowo-zachodniej, południowo-wschodniej i centralnej Polski.

## VII. AGROTECHNIKA

### Rok 2017

Przedplonem dla soi w analizowanych 5 lokalizacjach (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin i Wrócikowo) były zboża (pszenica ozima, pszenica jara, jęczmień jary) i burak cukrowy (Głębokie).

Doświadczenia zakładano na glebach klasy od II do IVa i pH od 5,9 do 7,3 (tab. VII. 1). Przed siewem zastosowano nawożenie fosforowe, potasowe (w zależności od zawartości składników w glebie) oraz azotowe w dawce od 20 do 30 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Norma wysiewu na 1 m<sup>2</sup> wynosiła 70 nasion o pełnej wartości użytkowej. Przed siewem nasiona zaprawiono nitraginą. Doświadczenia zakładano w terminach od 28 kwietnia (Białogard) do 17 maja 2017 (Radostowo i Świebodzin).

We wszystkich lokalizacjach, oprócz Radostowa, zastosowano herbicydy doglebowe i w miarę potrzeby herbicydy nalistne (Głębokie, Radostowo). Nie było potrzeby stosowania insektycydów. Uzupełniającą dawkę azotu zastosowano w III dekadzie czerwca (Głębokie – 30 kg N·ha<sup>-1</sup> i Radostowo – 20 kg N·ha<sup>-1</sup>) i w I dekadzie lipca (Wrócikowo – 20 kg N·ha<sup>-1</sup>).

### Rok 2018

Przedplonem dla soi w analizowanych 9 lokalizacjach (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Radostowo, Świebodzin, Wrócikowo) były zboża: pszenica ozima, żyto ozime, jęczmień ozimy, pszenica jara, jęczmień jary (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Marianowo, Radostowo i Świebodzin); kukurydza (Krzyżewo) i rośliny bobowate (Karzniczka).

Doświadczenia założono na klasie gleby od II do IVb i pH od 5,0 do 6,9 (tab. VII. 1). Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przed siewem w oparciu o analizę zasobności P i K w glebie.

Nawożenie azotowe zastosowano w 2 dawkach, przed siewem (wszystkie lokalizacje) od 10 do 34 kg N·ha<sup>-1</sup> i pogłównie (Chrzastowo, Głębokie, Wrócikowo) w pierwszej połowie czerwca, w dawce 20 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wysiewano na 1 m<sup>2</sup> 70 nasion o pełnej wartości użytkowej. Przed siewem nasiona zaprawiono nitraginą.

Doświadczenia zakładano w terminach od 27 kwietnia (Białogard) do 15 maja (Radostowo).

We wszystkich lokalizacjach, z wyjątkiem Radostowa, zastosowano herbicydy doglebowe oraz (z wyjątkiem Chrzastowa, Marianowa i Świebodzina) herbicydy nalistne. Dodatkowo w Białogardzie zastosowano insektycyd Mospilan 20 SP w celu ograniczenia populacji mszycy.

### **Rok 2019**

Przedplonem dla soi w analizowanych 10 lokalizacjach (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin, Wróćkowo) były zboża (pszenica ozima, pszenżyto ozime, pszenica jara i jęczmień jary) oraz ziemniak (Marianowo).

Doświadczenia zakładano na klasie gleby od II do IVa . Odczyn gleby wahał się w przedziale pH od 5,4 do 7,6 (tab. VII. 1.)

Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przedsięwzięcie w oparciu o analizę zasobności P i K w glebie.

Nawożenie azotowe podzielono na dawkę przedsięwzięcia i pogłówną. Przedsięwzięcie azot zastosowano we wszystkich analizowanych lokalizacjach w dawce od 12 kg N·ha<sup>-1</sup> (Marianowo) do 50 N·ha<sup>-1</sup> (Krzyżewo). Nawożenie pogłównie zastosowano w 4 lokalizacjach: Chrzastowo, Głębokie, Nowa Wieś Ujska i Wróćkowo, w dawce od 10 do 30 N·ha<sup>-1</sup>. Wysiewano na 1 m<sup>2</sup> 70 nasion o pełnej wartości użytkowej. Przed siewem nasiona zaprawiono nitraginą.

Herbicydy doglebowe zastosowano w 6 lokalizacjach, natomiast preparaty o działaniu nalistnym we wszystkich miejscowościach, z wyjątkiem Marianowa.

W Krzyżewie zastosowano insektycyd Mospilan 20 SP w dawce 0,2 kg·ha<sup>-1</sup> w celu zwalczania rusałki osetnika.

Tabela VII. 1.

## Odczyn pH gleby i zasobność w składniki pokarmowe

Miejscowość	pH w 1 M KCl	Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg		
		P	K	Mg
2017				
Białogard	6,1	w	w	w
Głębokie	6,5	w	śr	śr
Radostowo	5,9	śr	bw	bw
Świebodzin	7,3	bw	bw	bw
Wróćkowo	6,9	bw	śr	w
2018				
Białogard	5,7	w	śr	bn
Chrzastowo	6,6	bw	w	śr
Głębokie	5,9	bw	bw	śr
Karzniczka	6,4	śr	śr	śr
Krzyżewo	6,9	bw	n	śr
Marianowo	5,0	śr	śr	n
Nowa Wieś Ujska	5,4	w	n	n
Radostowo	6,3	bw	bw	śr
Świebodzin	6,1	w	śr	śr
Wróćkowo	6,4	bw	śr	śr
2019				
Białogard	5,4	śr	śr	śr
Chrzastowo	6,1	bw	bw	śr
Głębokie	6,0	bw	w	śr
Karzniczka	5,8	n	w	n
Krzyżewo	6,3	bw	śr	w
Marianowo	6,9	bw	bw	śr
Nowa Wieś Ujska	5,8	bw	śr	śr
Radostowo	6,2	bw	bw	bw
Świebodzin	7,6	bw	bw	w
Wróćkowo	6,3	bw	bw	śr

Zasobność gleby w P, K i Mg: bn – bardzo niska, n – niska, śr – średnia, w – wysoka, bw – bardzo wysoka



## VIII. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

### 1. Przebieg wzrostu i rozwoju roślin

W rozwoju soi można wyróżnić dwa okresy krytyczne o zwiększonych wymaganiach w odniesieniu do temperatury. W pierwszym, od siewu do pełni wschodów, zbyt niska temperatura przedłuża jego trwanie nawet do 45 dni, co może powodować gnicie nasion i skutkuje zmniejszeniem liczby roślin na 1 m<sup>2</sup> po wschodach [Szyrmer i Szczepańska 1982].

W środkowej i południowej Polsce soję sieje się na przełomie kwietnia i maja. Badania Koteckiego i Lewandowskiej [2020] wykazały, że w południowo-zachodniej Polsce możliwy jest siew w połowie kwietnia.

Drugim okresem krytycznym w rozwoju soi jest okres kwitnienia roślin, a minimalna temperatura w tej fazie rozwojowej powinna wynosić 17-18°C.

W niniejszych badaniach przeanalizowano wpływ 25 środowisk, kształtowanych przede wszystkim przez układ warunków wilgotnościowo-termicznych i glebowych na wzrost i rozwój 13 odmian soi, należących do różnych grup wczesności. Ze względu na dużą sumę opadów w środowisku Białogard w 2017 roku, odmiana Naya nie osiągnęła dojrzałości technicznej i dlatego nie uwzględniono jej w analizie wzrostu i rozwoju roślin.

W 2017 roku wzrost i rozwój soi na wszystkich badanych obiektach (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin i Wróćkowo) kształtował układ warunków wilgotnościowo-termicznych. Suma opadów w okresie wegetacji (IV-X) w porównaniu ze średnią wieloletnią była wyższa w % odpowiednio o: 74, 39, 38, 52 i 38, natomiast warunki termiczne w Białogardzie i Świebodzinie były na poziomie wielolecia, a w pozostałych miejscowościach poniżej średniej, od 0,3 do 0,6°C. Okres od siewu do pełni wschodów był najdłuższy w Białogardzie (wynosił od 24 do 33 dni) na skutek ochłodzenia, które miało miejsce podczas siewu i utrzymywało się do połowy maja, natomiast w Głębokim wschody trwały od 5 do 7 dni. W Białogardzie długość tego okresu zależała od czynnika genetycznego, a w pozostałych lokalizacjach, wpływ odmiany był mniejszy (tab. VIII. 1.).

Okres rozwoju wegetatywnego (od siewu do początku kwitnienia) kształtował czynnik odmianowy i przebieg pogody, a jego czasokres wynosił od 39 do 70 dni i był

najbardziej zróżnicowany w lokalizacji Białogard. Przy podobnej długości trwania wschodów w Świebodzinie, okres wzrostu i rozwoju wegetatywnego wynosił od 39 do 42, a w Radostowie, z powodu niższych temperatur w maju i czerwcu, wydłużył się do 55–57 dni. W obrębie lokalizacji różnice w długości trwania rozwoju wegetatywnego między odmianami wynosiły od 2 do 10 dni.

Okres rozwoju generatywnego wynosił od 65 do 119 dni i kształtował się pod dużym wpływem czynnika odmianowego. Różnice między genotypami w obrębie lokalizacji wynosiły od 9 do 30 dni. Okres kwitnienia był najdłuższy we Wróćkowie (28–39 dni), a najkrótszy w Radostowie (3–10 dni). W obrębie odmiany różnice w długości trwania okresu rozwoju generatywnego wywołane przez środowisko wynosiły od 23 do 44 dni (tab. VIII. 2.).

Okres wegetacji soi (od siewu do dojrzałości technicznej) wynosił od 115 do 168 dni (tab. VIII. 3.). Spośród czterech odmian o najkrótszym okresie wegetacji w Białogardzie (Erica, Merlin, Abelina i SG Anser) we wszystkich analizowanych środowiskach tylko odmiana Erica powtarzała tę cechę. Porównując pozostałe badane odmiany soi pod względem długości okresu wegetacji nie stwierdzono żadnego genotypu na tej samej pozycji w analizowanych środowiskach, co świadczy o tym, że ta cecha kształtuje się pod wpływem interakcji genotypowo - środowiskowej.

Tabela VIII. 1.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w 2017 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości					Średnia
		B	Gl	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8
Liczba dni od siewu do pełni wchodów							
1	Abelina	25	6	8	8	16	13
2	Aligator	32	6	9	10	19	15
3	Brunensis	26	7	9	10	16	14
4	Erica	31	6	9	9	20	15
5	GL Melanie	26	6	9	10	16	13
6	Kofu	27	7	9	9	19	14
7	Merlin	24	6	8	9	15	12
8	Moravians	25	5	9	9	16	13
9	Naya	26	6	8	9	16	13
10	Petrina	26	6	8	9	16	13
11	SG Anser	27	6	9	9	16	13
12	Sirelia	28	6	8	8	16	13
13	Sultana	33	7	10	10	19	16

Tabela VIII. 1. cd.

## Rozwój wegetacyjny odmian soi w 2017 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8
Liczba dni od pełni wchodów do początku kwitnienia							
1	Abelina	36	47	47	32	33	39
2	Aligator	36	47	46	30	34	39
3	Brunensis	42	46	47	32	32	40
4	Erica	34	43	46	30	29	36
5	GL Melanie	39	48	47	31	39	41
6	Kofu	42	48	48	33	33	41
7	Merlin	36	47	47	31	33	39
8	Moravians	43	48	46	32	34	41
9	Naya	41	47	48	32	34	40
10	Petrina	42	47	49	32	34	41
11	SG Anser	36	48	46	31	32	39
12	Sirelia	37	50	49	33	33	40
13	Sultana	37	47	46	31	36	39
Liczba dni od siewu do początku kwitnienia							
1	Abelina	61	53	55	40	49	52
2	Aligator	68	53	55	40	53	54
3	Brunensis	68	53	56	42	48	54
4	Erica	65	49	55	39	49	51
5	GL Melanie	65	54	56	41	55	54
6	Kofu	69	55	57	42	52	55
7	Merlin	60	53	55	40	48	51
8	Moravians	68	53	55	41	50	54
9	Naya	67	53	56	41	50	53
10	Petrina	68	53	57	41	50	54
11	SG Anser	63	54	55	40	48	52
12	Sirelia	65	56	57	41	49	53
13	Sultana	70	54	56	41	55	55

Białogard (B), Głębokie (Gl), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)

Tabela VIII. 2.

## Rozwój generatywny odmian soi w 2017 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości					Średnia
		B	Gl	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8
Długość okresu kwitnienia							
1	Abelina	35	23	4	27	34	25
2	Aligator	29	24	8	28	34	25
3	Brunensis	29	24	10	27	38	26
4	Erica	28	25	4	27	37	24
5	GL Melanie	33	23	9	27	28	24
6	Kofu	30	26	4	27	31	24
7	Merlin	36	22	4	26	31	24
8	Moravians	30	23	9	26	33	24
9	Naya	33	25	6	26	37	25
10	Petrina	31	26	3	27	39	25
11	SG Anser	32	21	5	28	30	23
12	Sirelia	31	22	5	25	39	24
13	Sultana	28	24	10	26	30	24
Długość okresu od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej							
1	Abelina	55	44	79	54	56	58
2	Aligator	64	45	74	47	73	61
3	Brunensis	60	47	80	56	63	61
4	Erica	52	42	62	50	55	52
5	GL Melanie	59	50	75	55	68	61
6	Kofu	63	49	83	54	84	67
7	Merlin	53	43	68	54	59	55
8	Moravians	57	43	84	51	65	60
9	Naya	X	51	83	54	82	68
10	Petrina	66	46	91	56	70	66
11	SG Anser	59	45	76	56	63	60
12	Sirelia	63	44	90	53	71	64
13	Sultana	66	46	86	57	74	66
Długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości technicznej							
1	Abelina	90	67	83	81	90	83
2	Aligator	93	69	82	75	107	86
3	Brunensis	89	71	90	83	101	87
4	Erica	80	67	66	77	92	76
5	GL Melanie	92	73	84	82	96	85
6	Kofu	93	75	87	81	115	91
7	Merlin	89	65	72	80	90	79
8	Moravians	87	66	93	77	98	84
9	Naya	X	76	89	80	119	91
10	Petrina	97	72	94	83	109	91

Tabela VIII. 2. cd.

## Rozwój generatywny odmian soi w 2017 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8
11	SG Anser	91	66	81	84	93	83
12	Sirelia	94	66	95	78	110	88
13	Sultana	94	70	96	83	104	90

Białogard (B), Głębokie (Gl), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócikowo (Wr)  
X – odmiana nie uzyskała dojrzałości technicznej

Porównanie tej samej odmiany pod względem długości okresu wegetacji w różnych środowiskach wykazało największe różnice, w dniach, u następujących genotypów: Aligator i Naya – 47, Kofu – 45, Sultana – 42 oraz Petrina i Sirelia – 41.

W latach 2018–2019 w środowisku Marianowo analizę rozwoju soi ograniczono do terminu siewu i uzyskania przez rośliny dojrzałości technicznej.

W 2018 roku wzrost i rozwój soi we wszystkich badanych obiektach (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin, Wrócikowo) kształtował układ warunków wilgotnościowo-termicznych. Suma opadów w okresie wegetacji (IV-X), w porównaniu ze średnią wieloletnią była niższa od 12 do 32%, natomiast temperatury powietrza były powyżej średniej z wielolecia, od 1,2 do 2,1°C.

Okres od siewu do wschodów był najdłuższy (15–17 dni) w Białogardzie z powodu chłodnej I dekady maja, natomiast w Głębokim wschody trwały 7–10 dni, a w Radostowie 9–10 dni. We wszystkich analizowanych środowiskach długość tego okresu zależała w małym stopniu od czynnika genetycznego (tab. VIII. 4.).

Tabela VIII. 3.

Okres wegetacji odmian soi od siewu do dojrzałości technicznej w 2017 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości					Średnia
		B	Gl	Ra	Św	Wr	
1	Abelina	151	120	137	121	138	133
2	Aligator	162	122	138	115	159	139
3	Brunensis	157	124	144	124	149	140
4	Erica	144	116	121	116	140	127
5	GL Melanie	156	127	140	122	151	139
6	Kofu	161	129	144	122	167	145
7	Merlin	149	118	127	120	138	130
8	Moravians	155	119	148	119	148	138
9	Naya	X	129	144	121	168	141
10	Petrina	165	125	151	124	159	145
11	SG Anser	153	119	135	124	140	134
12	Sirelia	160	122	152	119	159	142
13	Sultana	165	123	151	123	158	144

Białogard (B), Głębokie (Gl), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)  
X – odmiana nie uzyskała dojrzałości technicznej

Okres rozwoju wegetatywnego (od siewu do początku kwitnienia) kształtował czynnik odmianowy i przebieg pogody, a jego czasokres wynosił od 36 do 55 dni i był najbardziej zróżnicowany w lokalizacjach: Nowa Wieś Ujska i Radostowo. W Chrzastowie okres rozwoju wegetatywnego wynosił od 37 do 40 dni, a w Głębokie, z powodu gorszych warunków termicznych w maju i czerwcu, wydłużył się do 49–53 dni. W obrębie lokalizacji różnice między odmianami w długości trwania rozwoju wegetatywnego wynosiły od 3 do 11 dni.

Okres rozwoju generatywnego wynosił od 64 do 106 dni i kształtował się pod dużym wpływem czynnika odmianowego, a różnice między genotypami w obrębie różnych lokalizacji wynosiły od 16 do 37 dni. Okres kwitnienia wynosił od 9 do 69 dni i był najdłuższy w Nowej Wsi Ujskiej (37–69 dni), a najkrótszy w Radostowie (9–19 dni) i Świebodzinie (11–14 dni). W obrębie lokalizacji różnice w długości okresu kwitnienia między odmianami wynosiły od 3 do 32 dni, a w rozwoju generatywnym od 14 do 22 dni (tab. VIII. 5.).

Okres wegetacji soi (od siewu do dojrzałości technicznej) wynosił od 110 do 150 dni (tab. VIII. 6.). Spośród czterech odmian o najkrótszym okresie wegetacji w Białogardzie (Erica, SG Anser, Merlin i Abelina), we wszystkich analizowanych środowiskach tylko

odmiana Erica powtarzała tę cechę. Porównanie pozostałych badanych odmian pod względem długości okresu wegetacji nie wykazało żadnego genotypu na tej samej pozycji w analizowanych środowiskach, co świadczy o tym, że ta cecha kształtuje się pod wpływem interakcji genotypowo-środowiskowej.

Porównanie tej samej odmiany pod względem długości okresu wegetacji w różnych środowiskach wykazało największe różnice, w dniach, u następujących genotypów: Sirelia – 29, Moravians – 28, Petrina i Sultana – 27.

Tabela VIII. 4.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w 2018 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Liczba dni od siewu do pełni wchodów											
1	Abelina	17	9	8	13	12	12	9	11	10	11
2	Aligator	17	11	8	13	12	12	10	11	10	11
3	Brunensis	17	11	8	14	13	12	9	12	11	12
4	Erica	14	11	8	11	13	13	9	11	11	11
5	GL Melanie	16	12	9	14	13	12	9	11	10	12
6	Kofu	16	12	7	13	12	13	9	11	11	11
7	Merlin	15	10	10	14	12	11	9	11	11	11
8	Moravians	16	9	7	13	13	11	9	11	11	11
9	Naya	16	11	8	12	12	11	9	11	10	11
10	Petrina	16	11	9	14	12	11	9	11	10	11
11	SG Anser	15	11	7	13	12	12	9	11	10	11
12	Sirelia	15	9	7	12	12	11	9	11	10	10
13	Sultana	17	11	9	14	13	12	10	11	10	12
Liczba dni od pełni wschodów do początku kwitnienia											
1	Abelina	29	27	41	32	37	27	31	29	30	32
2	Aligator	29	27	45	32	37	29	34	27	33	33
3	Brunensis	29	25	43	34	36	27	33	28	33	33
4	Erica	29	25	39	28	35	25	30	28	28	30
5	GL Melanie	33	28	43	31	42	37	41	30	36	36
6	Kofu	34	28	45	35	42	34	40	29	35	36
7	Merlin	31	27	43	33	36	30	35	28	32	33
8	Moravians	31	28	42	35	36	33	35	27	32	33
9	Naya	30	27	45	34	37	29	35	29	34	34

Tabela VIII. 4. cd.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w 2018 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Petrina	30	27	43	33	41	28	37	28	32	34
11	SG Anser	31	26	43	32	37	29	30	29	30	32
12	Sirelia	29	28	43	34	36	28	31	29	30	33
13	Sultana	33	27	42	35	36	31	35	30	35	34
Liczba dni od siewu do początku kwitnienia											
1	Abelina	46	36	49	45	49	39	40	40	40	43
2	Aligator	46	38	53	45	49	41	44	38	43	44
3	Brunensis	46	36	51	48	49	39	42	40	44	45
4	Erica	43	36	47	39	48	38	39	39	39	41
5	GL Melanie	49	40	52	45	55	49	50	41	46	48
6	Kofu	50	40	52	48	54	47	49	40	46	47
7	Merlin	46	37	53	47	48	41	44	39	43	44
8	Moravians	47	37	49	48	49	44	44	38	43	44
9	Naya	46	38	53	46	49	40	44	40	44	45
10	Petrina	46	38	52	47	53	39	46	39	42	45
11	SG Anser	46	37	50	45	49	41	39	40	40	43
12	Sirelia	44	37	50	46	48	39	40	40	40	43
13	Sultana	50	38	51	49	49	43	45	41	45	46

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)

Tabela VIII. 5

## Rozwój generatywny odmian soi w 2018 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Sw	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Długość okresu kwitnienia											
1	Abelina	23	23	27	17	21	46	14	14	23	23
2	Aligator	24	30	24	18	19	47	12	12	21	23
3	Brunensis	28	32	30	15	23	57	18	13	24	27
4	Erica	23	24	24	22	21	43	15	13	25	23
5	GL Melanie	22	31	27	19	17	37	9	11	23	22
6	Kofu	22	28	31	14	18	48	10	13	19	23
7	Merlin	22	23	27	15	21	42	11	14	21	22
8	Moravians	26	31	29	16	20	46	19	13	24	25
9	Naya	24	31	25	15	19	69	14	12	22	26
10	Petrina	24	21	26	17	17	56	9	13	20	23
11	SG Anser	23	23	29	20	19	42	15	12	23	23
12	Sirelia	26	28	26	15	19	46	16	11	24	23
13	Sultana	25	32	28	14	21	42	16	13	24	24

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)



Tabela VIII. 5 cd.

## Rozwój generatywny odmian soi w 2018 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Długość okresu od końca kwitnienia do dojrzałości żniwnej (pełnej)											
1	Abelina	68	63	39	75	57	48	68	69	67	62
2	Aligator	73	64	46	75	69	53	74	73	68	66
3	Brunensis	71	63	44	73	75	36	69	71	63	63
4	Erica	59	60	40	71	58	41	66	56	63	57
5	GL Melanie	71	62	50	73	66	47	70	72	62	64
6	Kofu	74	68	48	84	73	48	85	75	86	71
7	Merlin	67	62	42	76	59	50	65	75	68	63
8	Moravians	66	57	47	73	77	45	66	67	72	63
9	Naya	76	70	58	87	81	37	82	76	84	72
10	Petrina	77	78	43	84	76	50	73	76	77	70
11	SG Anser	64	65	39	70	59	50	66	70	75	62
12	Sirelia	68	61	44	75	68	49	65	74	66	63
13	Sultana	70	66	40	74	68	46	68	70	61	63
Długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości technicznej											
1	Abelina	91	86	66	92	78	94	82	83	90	85
2	Aligator	97	94	70	93	88	100	86	85	89	89
3	Brunensis	99	95	74	88	98	93	87	84	87	90
4	Erica	82	84	64	93	79	84	81	69	88	80
5	GL Melanie	93	93	77	92	83	84	79	83	85	86
6	Kofu	96	96	79	98	91	96	95	88	105	94
7	Merlin	89	85	69	91	80	92	76	89	89	85
8	Moravians	92	88	76	89	97	91	85	80	96	88
9	Naya	100	101	83	102	100	106	96	88	106	98
10	Petrina	101	99	69	101	93	106	82	89	97	93
11	SG Anser	87	88	68	90	78	92	81	82	98	85
12	Sirelia	94	89	70	90	87	95	81	85	90	86
13	Sultana	95	98	68	88	89	88	84	83	85	87

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma). Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócikowo (Wr)

Tabela VIII. 6.

Okres wegetacji odmian soi od siewu do dojrzałości technicznej w 2018 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości										
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	Ma	NWU	Ra	Św	Wr	Średnia
1	Abelina	137	122	115	137	126	136	133	122	124	131	128
2	Aligator	143	132	123	138	137	131	141	129	124	131	133
3	Brunensis	144	132	125	136	146	144	132	129	123	131	134
4	Erica	125	120	110	132	126	124	122	120	108	127	121
5	GL Melanie	141	133	130	137	137	127	133	130	124	131	132
6	Kofu	146	136	131	146	146	147	143	144	128	150	142
7	Merlin	136	122	122	138	129	133	133	120	128	131	129
8	Moravians	139	126	125	137	146	141	135	129	118	138	133
9	Naya	146	140	136	148	150	148	146	139	127	150	143
10	Petrina	147	138	121	148	146	145	145	129	129	140	139
11	SG Anser	133	124	118	135	126	141	133	120	122	138	129
12	Sirelia	138	126	120	136	135	149	133	121	125	131	131
13	Sultana	145	137	118	137	137	140	131	129	124	131	133

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócikowo (Wr)

W 2019 roku rozwój soi na wszystkich badanych obiektach (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin, Wrócikowo), kształtował w dużym stopniu układ warunków wilgotnościowo-termicznych.

Suma opadów w okresie wegetacji (IV-X), w porównaniu ze średnią wieloletnią była niższa, od 9 do 30%, natomiast temperatury powietrza, poza Białogardem, w którym średnia temperatura powietrza była poniżej średniej z wielolecia o 0,4°C, były wyższe od średniej wieloletniej o 0,2 do 1,1°C.

Z powodu niskich temperatur w maju, średnia miesięczna temperatura powietrza była niższa od wieloletniej o 1,7°C, okres od siewu do wschodów był najdłuższy (23 – 25 dni) w Nowej Wsi Ujskiej, a w Karzniczce wschody trwały 7 – 10 dni. We wszystkich analizowanych środowiskach długość tego okresu zależała w małym stopniu od czynnika genetycznego (tab. VIII. 7.).

Okres rozwoju wegetatywnego (od siewu do początku kwitnienia) kształtował czynnik odmianowy i przebieg pogody, a jego czasokres wynosił od 42 do 57 dni i był najbardziej zróżnicowany w lokalizacjach Białogard i Chrzastowo. W Białogardzie okres

rozwoju wegetatywnego wynosił od 42 do 57 dni, a w Świebodzinie był najkrótszy (42 – 47 dni). W obrębie lokalizacji różnice w długości trwania rozwoju wegetatywnego wynosiły od 3 do 15 dni.

Okres rozwoju generatywnego wynosił od 65 do 115 dni i kształtował się pod dużym wpływem czynnika odmianowego, a różnice między genotypami w obrębie lokalizacji wynosiły od 18 do 29 dni. Okres kwitnienia wynosił od 14 do 63 dni i był najdłuższy w Nowej Wsi Ujskiej (46 – 63 dni), a najkrótszy w Białogardzie (18 – 24 dni) i w Karzniczce (19 - 26 dni). W obrębie lokalizacji różnice w długości okresu kwitnienia między odmianami wynosiły od 5 do 17 dni (tab. VIII. 8.).

Okres wegetacji soi (od siewu do dojrzałości technicznej) wynosił od 120 do 167 dni (tab. VIII. 9.). Spośród odmian o najkrótszym okresie wegetacji w Białogardzie (Erica, Abelina, Merlin, SG Anser i Sirelia), we wszystkich analizowanych środowiskach jedynie odmiana Erica powtarzała tę cechę. Porównanie pozostałych badanych odmian pod względem długości okresu wegetacji nie wykazało żadnego genotypu na tej samej pozycji w analizowanych środowiskach, co świadczy o tym, że ta cecha kształtuje się pod wpływem interakcji genotypowo - środowiskowej.

Porównanie tej samej odmiany pod względem długości okresu wegetacji w różnych środowiskach wykazało największe różnice, w dniach, u następujących genotypów: Abelina, Moravians, Petrina i Sirelia – 33, Sultana – 31 oraz Kofu – 29.

Tabela VIII. 7.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w 2019 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Liczba dni od siewu do pełni wschodów											
1	Abelina	13	18	13	8	13	25	14	19	17	16
2	Aligator	15	19	15	9	13	24	15	18	18	17
3	Brunensis	14	19	15	10	14	25	16	17	19	17
4	Erica	14	19	13	7	12	23	14	19	17	16
5	GL Melanie	16	18	16	12	13	25	16	18	20	17
6	Kofu	13	19	14	12	12	23	16	18	17	16
7	Merlin	15	18	12	9	13	23	14	18	16	16
8	Moravians	16	19	14	9	13	24	15	18	18	17
9	Naya	14	19	15	8	12	25	15	18	18	16
10	Petrina	12	19	12	9	12	22	14	18	16	15

Tabela VIII. 7. cd

## Rozwój wegetatywny odmian soi w 2019 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	SG Anser	15	19	14	10	13	25	15	18	19	17
12	Sirelia	14	19	12	9	12	24	14	17	17	16
13	Sultana	15	19	14	8	13	23	15	17	17	16
Liczba dni od pełni wchodów do początku kwitnienia											
1	Abelina	37	35	35	42	33	28	32	24	34	33
2	Aligator	28	37	36	41	34	28	32	26	34	33
3	Brunensis	31	36	36	42	34	29	31	25	32	33
4	Erica	28	31	32	40	34	28	32	25	34	32
5	L Melanie	41	39	38	39	37	29	33	26	33	35
6	Kofu	36	35	38	41	38	31	33	28	35	35
7	Merlin	35	35	38	41	32	30	32	27	36	34
8	Moravians	41	34	34	41	32	29	32	29	33	34
9	Naya	35	36	37	43	38	28	33	26	33	34
10	Petrina	30	34	38	44	38	31	33	25	34	34
11	SG Anser	34	35	35	38	34	27	31	26	32	32
12	Sirelia	39	36	40	41	33	28	34	25	35	35
13	Sultana	32	33	35	43	33	30	31	28	33	33
Liczba dni od siewu do początku kwitnienia											
1	Abelina	50	53	48	50	46	53	46	43	51	49
2	Aligator	43	56	51	50	47	52	47	44	52	50
3	Brunensis	45	55	51	52	48	54	47	42	51	50
4	Erica	42	50	45	47	46	51	46	44	51	48
5	GL Melanie	57	57	54	51	50	54	49	44	53	52
6	Kofu	49	54	52	53	50	54	49	46	52	51
7	Merlin	50	53	50	50	45	53	46	45	52	50
8	Moravians	57	53	48	50	45	53	47	47	51	51
9	Naya	49	55	52	51	50	53	48	44	51	50
10	Petrina	42	53	50	53	50	53	47	43	50	49
11	SG Anser	49	54	49	48	47	52	46	44	51	49
12	Sirelia	53	55	52	50	45	52	48	42	52	51
13	Sultana	47	52	49	51	46	53	46	45	50	49

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)

Tabela VIII. 8.

## Rozwój generatywny odmian soi w 2019 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Długość okresu kwitnienia											
1	Abelina	24	23	23	23	26	47	25	25	19	26
2	Aligator	24	22	21	25	26	55	28	23	23	27
3	Brunensis	22	24	30	21	27	57	31	26	28	30
4	Erica	22	27	25	25	23	46	24	23	14	25
5	GL Melanie	18	23	28	22	25	54	27	27	29	28
6	Kofu	21	24	26	21	23	63	27	29	21	28
7	Merlin	23	25	22	23	27	48	23	23	22	26
8	Moravians	21	26	27	23	31	46	31	23	28	28
9	Naya	20	24	35	21	24	61	29	23	26	29
10	Petrina	24	24	21	19	22	61	25	24	17	26
11	SG Anser	23	24	22	26	25	50	23	24	16	26
12	Sirelia	21	24	25	23	25	58	27	25	25	28
13	Sultana	22	25	22	22	31	54	30	25	30	29
Długość okresu od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej											
1	Abelina	75	44	55	68	59	45	66	63	67	60
2	Aligator	91	67	75	73	64	60	68	67	79	72
3	Brunensis	89	63	63	75	63	50	61	65	75	67
4	Erica	76	38	52	63	56	40	58	53	65	56
5	GL Melanie	79	53	54	74	62	34	63	62	63	60
6	Kofu	87	56	58	81	67	46	75	66	71	67
7	Merlin	75	43	53	70	64	46	69	64	61	61
8	Moravians	75	42	56	71	61	46	61	64	74	61
9	Naya	87	59	52	85	76	49	74	76	80	71
10	Petrina	90	63	77	81	70	53	76	68	87	74
11	SG Anser	81	53	64	70	60	45	68	62	71	64
12	Sirelia	80	41	48	72	67	38	63	66	67	60
13	Sultana	85	60	68	74	55	56	65	62	63	65
Długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości zniwnej (pełnej)											
1	Abelina	99	67	78	91	85	92	91	88	86	86
2	Aligator	115	89	96	98	90	115	96	90	102	99
3	Brunensis	111	87	93	96	90	107	92	91	103	97
4	Erica	98	65	77	88	79	86	82	76	79	81
5	GL Melanie	97	76	82	96	87	88	90	89	92	88
6	Kofu	108	80	84	102	90	109	102	95	92	95
7	Merlin	98	68	75	93	91	94	92	87	83	87
8	Moravians	96	68	83	94	92	92	92	87	102	89
9	Naya	107	83	87	106	100	110	103	99	106	100

Tabela VIII. 8. cd.

## Rozwój generatywny odmian soi w 2019 roku w dniach

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Petrina	114	87	98	100	92	114	101	92	104	100
11	SG Anser	104	77	86	96	85	95	91	86	87	90
12	Sirelia	101	65	73	95	92	96	90	91	92	88
13	Sultana	107	85	90	96	86	110	95	87	93	94

Białogard (B), Chrząstowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
 Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)

Tabela VIII. 9.

## Okres wegetacji odmian soi od siewu do dojrzałości technicznej w 2019 roku w dniach

Lp.	Odmiana	Miejscowości										Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	Ma	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Abelina	148	120	125	143	131	134	145	137	131	137	135
2	Aligator	157	145	147	150	137	160	167	143	134	153	149
3	Brunensis	156	141	144	150	138	160	161	139	133	153	148
4	Erica	140	115	122	137	125	135	137	128	120	131	129
5	GL Melanie	154	133	136	149	137	160	142	139	132	144	143
6	Kofu	157	134	136	157	140	160	163	151	142	144	148
7	Merlin	148	121	124	145	136	131	147	138	132	134	136
8	Moravians	152	120	131	146	137	142	145	139	134	153	140
9	Naya	157	138	139	159	150	160	163	151	143	157	152
10	Petrina	156	140	148	155	142	160	167	147	134	154	150
11	SG Anser	153	131	135	146	132	140	147	138	130	138	139
12	Sirelia	153	120	125	147	137	143	148	138	133	144	139
13	Sultana	155	137	138	149	132	160	163	141	132	144	145

Białogard (B), Chrząstowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
 Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św),  
 Wróćkowo (Wr)

Średnio za lata badań okres od siewu do wschodów był najdłuższy (18 – 22 dni) w Białogardzie, a najkrótszy w Głębokie (6 – 8 dni). We wszystkich analizowanych środowiskach długość tego okresu zależała w małym stopniu od czynnika genetycznego (tab. VIII. 10.). Okres rozwoju wegetatywnego (od siewu do początku kwitnienia) kształtował czynnik odmianowy i przebieg pogody, a jego czasokres wynosił od 41 do 57 dni i był najbardziej zróżnicowany w lokalizacjach: Karzniczka, Białogard i Nowa

Wieś Ujska. W Białogardzie okres rozwoju wegetatywnego wynosił od 50 do 57 dni, w Świebodzinie był najkrótszy, gdyż wynosił od 41 do 43 dni. W obrębie lokalizacji różnice w długości trwania rozwoju wegetatywnego wynosiły od 2 do 8 dni.

Średnio za lata badań okres rozwoju generatywnego wynosił od 69 do 111 dni i kształtował się pod dużym wpływem czynnika odmianowego, a różnice między genotypami w obrębie lokalizacji wynosiły od 18 do 32 dni. Okres kwitnienia wynosił od 12 do 65 dni i był najdłuższy w Nowej Wsi Ujskiej (45 – 65 dni), a najkrótszy w Radostowie (12 – 20 dni) i w Świebodzinie (20 – 23 dni). W obrębie lokalizacji różnice w długości okresu kwitnienia między odmianami wynosiły od 26 do 49 dni (tab. VIII. 11.).

Średni za lata badań okres wegetacji soi (od siewu do dojrzałości technicznej) wynosił od 115 do 158 dni (tab. VIII. 12.). Spośród odmian o najkrótszym okresie wegetacji w Białogardzie (Erica, Merlin, Abelina i SG Anser), we wszystkich analizowanych środowiskach odmiany Erica i Abelina powtarzały tę cechę. Dalsze porównywanie wszystkich badanych odmian pod względem długości okresu wegetacji nie doprowadziło do sytuacji, w której dany genotyp zajmowałby tę samą pozycję we wszystkich środowiskach, co świadczy o tym, że ta cecha kształtuje się pod wpływem interakcji genotypowo – środowiskowej.

Porównanie tej samej odmiany pod względem długości okresu wegetacji w różnych środowiskach wykazało największe różnice, w dniach, u następujących genotypów: Aligator i Naya – 31, Sultana – 28 oraz Sirelia – 27.

Tabela VIII. 10.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w dniach (średnie z lat 2017-2019)

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Liczba dni od siewu do pełni wchodów											
1	Abelina	18	14	7	11	13	19	10	13	14	13
2	Aligator	21	15	7	11	13	18	11	13	14	14
3	Brunensis	19	15	8	12	14	19	11	13	15	14
4	Erica	20	15	7	9	13	18	11	13	14	13
5	GL Melanie	19	15	8	13	13	19	11	13	15	14
6	Kofu	19	16	7	13	12	18	11	13	14	14

Tabela VIII. 10 cd.

## Rozwój wegetatywny odmian soi w dniach (średnie z lat 2017-2019)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	Merlin	18	14	8	12	13	17	10	13	14	13
8	Moravians	19	14	6	11	13	18	11	13	15	13
9	Naya	15*	15	7	10	12	18	11	13	14	13
10	Petrina	18	15	8	12	12	17	10	13	13	13
11	SG Anser	19	15	7	12	13	19	11	13	15	13
12	Sirelia	19	14	7	11	12	18	10	12	14	13
13	Sultana	22	15	8	11	13	18	12	13	14	14
Liczba dni od pełni wchodów do początku kwitnienia											
1	Abelina	34	31	44	37	35	28	37	28	32	34
2	Aligator	31	32	46	37	36	29	37	28	34	34
3	Brunensis	34	31	45	38	35	28	37	28	33	33
4	Erica	30	28	41	34	35	27	36	28	31	34
5	GL Melanie	38	34	46	35	40	33	40	29	35	37
6	Kofu	37	32	47	38	40	33	40	30	35	36
7	Merlin	34	31	45	37	34	30	38	29	34	35
8	Moravians	38	31	45	38	34	31	38	29	33	35
9	Naya	32*	32	46	39	38	29	39	29	34	35
10	Petrina	34	31	45	39	40	30	40	28	33	35
11	SG Anser	34	31	46	35	36	28	36	29	31	34
12	Sirelia	35	32	47	38	35	28	38	29	33	35
13	Sultana	34	30	45	39	35	31	37	30	34	35
Liczba dni od siewu do początku kwitnienia											
1	Abelina	52	45	51	48	48	47	47	41	46	47
2	Aligator	52	47	53	48	49	47	48	41	48	48
3	Brunensis	53	46	53	50	49	47	48	41	48	47
4	Erica	50	43	48	43	48	45	47	41	45	47
5	GL Melanie	57	49	54	48	53	52	51	42	50	51
6	Kofu	56	48	54	51	52	51	51	43	49	50
7	Merlin	52	45	53	49	47	47	48	42	48	48
8	Moravians	57	45	51	49	47	49	49	42	48	48
9	Naya	47*	47	53	49	50	47	50	42	48	48
10	Petrina	52	46	53	51	52	47	50	41	46	48
11	SG Anser	53	46	53	47	49	47	47	42	46	47
12	Sirelia	54	46	54	49	47	46	48	41	47	48
13	Sultana	56	45	53	50	48	49	49	43	48	49

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
 Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr);

\*średnie z lat 2018 – 2019



Tabela VIII. 11.

Rozwój generatywny odmian soi w dniach (średnie z lat 2017-2019)

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch	Gl	Ka	Krz	NWU	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Długość okresu kwitnienia</b>											
1	Abelina	27	23	24	20	24	47	14	22	25	25
2	Aligator	26	26	23	22	23	51	16	21	26	26
3	Brunensis	26	28	28	18	25	57	20	22	30	28
4	Erica	24	26	25	24	22	45	14	21	25	25
5	GL Melanie	24	27	26	21	21	46	15	22	27	25
6	Kofu	24	26	28	18	21	56	14	23	24	26
7	Merlin	27	24	24	19	24	45	13	21	25	25
8	Moravians	26	29	26	20	26	46	20	21	28	27
9	Naya	22*	28	28	18	22	65	16	20	28	28
10	Petrina	26	23	24	18	20	59	12	21	25	25
11	SG Anser	26	24	24	23	22	46	14	21	23	25
12	Sirelia	26	26	24	19	22	52	16	20	29	26
13	Sultana	25	29	25	18	26	48	19	21	28	26
<b>Długość okresu od końca kwitnienia do dojrzałości zniwnej (pełnej)</b>											
1	Abelina	66	54	46	72	58	47	71	62	63	60
2	Aligator	76	66	55	74	67	57	72	62	73	67
3	Brunensis	73	63	51	74	69	43	70	64	67	64
4	Erica	62	49	45	67	57	41	62	53	61	55
5	GL Melanie	70	58	51	74	64	41	69	63	64	61
6	Kofu	75	62	52	83	70	47	81	65	80	68
7	Merlin	65	53	46	73	62	48	67	64	63	60
8	Moravians	66	50	49	72	69	46	70	61	70	61
9	Naya	82*	65	54	86	79	43	80	69	82	71
10	Petrina	78	71	55	83	73	52	80	67	78	71
11	SG Anser	68	59	49	70	60	48	70	63	70	62
12	Sirelia	70	51	45	74	68	44	73	64	68	62
13	Sultana	74	63	51	74	62	51	73	63	66	64
<b>Długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości zniwnej (pełnej)</b>											
1	Abelina	93	77	70	92	82	94	85	84	88	85
2	Aligator	102	92	78	96	90	108	88	83	99	93
3	Brunensis	99	91	79	92	94	100	90	86	97	92
4	Erica	86	75	70	91	79	86	76	74	86	80
5	GL Melanie	94	85	77	95	85	87	84	85	91	86
6	Kofu	99	88	80	101	91	103	95	88	104	94
7	Merlin	92	77	70	92	86	93	80	85	88	85

Tabela VIII. 11. cd.

## Rozwój generatywny odmian soi w dniach (średnie z lat 2017-2019)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Długość okresu od początku kwitnienia do dojrzałości żniwnej (pełnej)											
8	Moravians	92	79	75	92	95	92	90	82	98	88
9	Naya	104*	93	82	104	101	108	96	89	110	99
10	Petrina	104	94	79	101	93	111	92	88	103	96
11	SG Anser	94	83	73	93	82	94	84	84	93	87
12	Sirelia	96	77	69	93	90	96	89	84	97	88
13	Sultana	99	92	76	92	88	99	92	84	94	90

Białogard (B), Chrząstowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr);

\*średnie z lat 2018 – 2019

Średnio za lata badań długość okresu rozwoju wegetatywnego wyrażona w procentach długości okresu wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej wynosiła od 31 do 44 i była najdłuższa w Głębokim, a najkrótsza w Nowej Wsi Ujskiej, Świebodzinie i Wróćkowie. W obrębie lokalizacji różnice w długości trwania rozwoju wegetatywnego spowodowane właściwościami genetycznymi odmian wynosiły od 3 do 7% (tab. VIII. 13.).

Okres rozwoju generatywnego wyrażony w procentach długości okresu wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej wynosił od 57 do 70 i był najdłuższy w Radostowie i Wróćkowie, a najkrótszy w Karzniczce (tab. VIII. 14.).

Średnio dla lat badań i odmian długość okresu rozwoju wegetatywnego wyrażonego w procentach długości okresu wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej wynosiła od 34 do 38, a rozwoju generatywnego od 62 do 66 (tab. VIII. 15.).

Zarysowała się tendencja mówiąca o tym, że w latach wilgotnych długość okresu rozwoju wegetatywnego wyrażonego w procentach długości okresu wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej była większa niż w latach suchych, natomiast w latach suchych względnie wydłużała się długość okresu rozwoju generatywnego.

Tabela VIII. 12.

Okres wegetacji odmian soi od siewu do dojrzałości technicznej (w dniach)  
 (średnie z lat 2017-2019)

Lp.	Odmiana	Miejscowości										Średnia
		B	Ch*	Gl	Ka*	Krz*	Ma*	NWU*	Ra	Św	Wr	
1	Abelina	145	122	121	140	130	135	141	132	125	134	133
2	Aligator	154	139	131	144	139	146	155	136	124	147	142
3	Brunensis	152	137	132	142	143	152	147	138	127	145	142
4	Erica	136	118	118	134	127	130	131	123	115	131	126
5	GL Melanie	151	134	131	143	138	144	139	135	127	141	138
6	Kofu	155	136	134	152	143	154	154	146	131	153	146
7	Merlin	144	122	123	141	133	132	140	128	127	136	133
8	Moravians	149	124	126	141	142	142	141	139	124	146	137
9	Naya	151*	140	135	153	151	154	155	146	131	158	147
10	Petrina	156	140	132	152	145	153	158	142	129	149	146
11	SG Anser	147	129	126	140	131	141	141	131	126	139	135
12	Sirelia	150	123	123	142	137	146	142	137	125	144	137
13	Sultana	155	137	129	142	136	150	148	141	127	142	141

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócićkowo (Wr);  
 \*średnie z lat 2018 – 2019

Ocieplenie klimatu, które obecnie ma miejsce [IPCC 2007] będzie miało wpływ na produkcję roślinną w skali globalnej [Olesen i in. 2007]. Regionalne projekcje temperatury w oparciu o wiele modeli [Christensen i in. 2007] wskazują znaczne ocieplenie dla całej Europy wszystkich pór roku, przy czym w zimie będzie ono największe. Dla terenu Polski projekcje przewidują wzrost temperatury średniej rocznej o 3-3,5°C, w tym zimy o 3,5-5°C (wyższy dla części wschodniej, a niższy dla zachodniej), a lata 3-3,5°C (wyższy na południu, niższy na północy). Projekcje przewidują zmiany sumy opadu rocznego w Polsce. Jednak, choć wszystkie modele przewidują ocieplenie, projekcje opadu letniego (w okresie od czerwca do sierpnia) i zmiennych zależnych od opadu, uzyskane za pomocą różnych modeli klimatycznych, nie zgadzają się nawet w kwestii kierunku zmian - niektóre modele przewidują wzrost opadów letnich, a inne ich spadek. Wzrośnie częstość opadów deszczu w zimie, a zmniejszy się częstość opadów śniegu. Projekcje wskazują na skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej oraz zmniejszenie jej grubości.

Tabela VIII. 13.

Okres wegetacji odmian soi od siewu do początku kwitnienia wyrażony w procentach okresu od siewu do dojrzałości technicznej (średnie z lat 2017-2019)

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch*	Gl	Ka*	Krz*	NWU*	Ra	Św	Wr	
1	Abelina	36	37	42	34	37	33	36	33	34	36
2	Aligator	34	34	40	33	35	30	35	33	33	34
3	Brunensis	35	34	40	35	34	32	35	32	33	34
4	Erica	37	36	41	32	38	34	38	36	34	36
5	GL Melanie	38	37	41	34	38	37	38	33	35	37
6	Kofu	36	35	40	34	36	33	35	33	32	35
7	Merlin	36	37	43	35	35	34	38	33	35	36
8	Moravians	38	36	40	35	33	35	35	34	33	36
9	Naya	31*	34	39	32	33	30	34	32	30	33
10	Petrina	33	33	40	34	36	30	35	32	31	34
11	SG Anser	36	36	42	34	37	33	36	33	33	36
12	Sirelia	36	37	44	35	34	32	35	33	33	35
13	Sultana	36	33	41	35	35	33	35	34	34	35
	Średnia	36	35	41	34	36	33	36	33	33	-

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr);

\*średnie z lat 2018 – 2019

Tabela VIII. 14.

Okres wegetacji odmian soi od początku kwitnienia do dojrzałości technicznej wyrażony w procentach okresu od siewu do dojrzałości technicznej w dniach (średnie z lat 2017-2019)

Lp.	Odmiana	Miejscowości									Średnia
		B	Ch*	Gl	Ka*	Krz*	NWU*	Ra	Św	Wr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Abelina	64	63	58	66	63	67	64	67	66	64
2	Aligator	66	66	60	67	65	70	65	67	67	66
3	Brunensis	65	66	60	65	66	68	65	68	67	66
4	Erica	63	64	59	68	62	66	62	64	66	63
5	GL Melanie	62	63	59	66	62	63	62	67	65	63
6	Kofu	64	65	60	66	64	67	65	67	68	65
7	Merlin	64	63	57	65	65	66	63	67	65	64
8	Moravians	62	64	60	65	67	65	65	66	67	65
9	Naya	69*	66	61	68	67	70	66	68	70	67
10	Petrina	67	67	60	66	64	70	65	68	69	67

Tabela VIII. 14. cd.

Okres wegetacji odmian soi od początku kwitnienia do dojrzałości technicznej  
 wyrażony w procentach okresu od siewu do dojrzałości technicznej w dniach  
 (średnie z lat 2017-2019)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	SG Anser	64	64	58	66	63	67	64	67	67	65
12	Sirelia	64	63	56	65	66	68	65	67	67	65
13	Sultana	64	67	59	65	65	67	65	66	66	65
Średnia		64	64	65	59	66	64	67	64	67	67

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
 Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr);  
 \*średnie z lat 2018 –2019

Tabela VIII. 15.

Rozwój wegetatywny i generatywny odmian soi wyrażony w procentach okresu od  
 siewu do dojrzałości technicznej (średnie dla miejscowości i odmian)

Lp.	Odmiana	Rozwój wegetatywny [%]				Rozwój generatywny [%]			
		2017	2018	2019	Średnia	2017	2018	2019	Średnia
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Abelina	39	34	36	36	61	66	64	64
2	Aligator	39	33	34	34	61	67	66	66
3	Brunensis	38	33	34	34	62	67	66	66
4	Erica	40	34	37	37	60	66	63	63
5	GL Melanie	39	36	37	37	61	64	63	63
6	Kofu	38	33	35	35	62	67	65	65
7	Merlin	39	34	36	36	61	66	64	64
8	Moravians	39	33	36	35	61	67	64	65
9	Naya	36	31	33	33	64	69	67	67
10	Petrina	37	33	33	33	63	67	67	67
11	SG Anser	39	34	35	35	61	66	65	65
12	Sirelia	38	33	37	35	62	67	63	65
13	Sultana	38	35	34	35	62	65	66	65
Średnia		38	34	35	-	62	66	65	-

Duże wymagania cieplne soi oraz znaczna reakcja na długość dnia, są czynnikami utrudniającymi wprowadzenie jej do uprawy w mniej korzystnych strefach klimatycznych. W Stanach Zjednoczonych [Scott i Aldrich 1970] opracowano specjalną klasyfikację odmian soi dzieląc je na grupy od 00 do VIII (im wyższa grupa, tym odmiana ma większe wymagania cieplne oraz mniejszą tolerancję na zmiany długości dnia). Wśród wielu odmian soi są genotypy wyraźnie ciepłolubne, reagujące ujemnie, gdy długość dnia przekracza 12-14 godzin, ale są także odmiany z grupy 00, 0, I, które należy określić, jako średnio ciepłolubne i przy tym często nie wykazujące wyraźnej reakcji fotoperiodycznej.

Zmiany klimatu w powiązaniu z czynnikami agrotechnicznymi mogą być wykorzystane do opracowania nowych strategii adaptacyjnych roślin w celu łagodzenia wpływu niekorzystnych czynników atmosferycznych. W latach 1981–2010 we wschodnich Chinach, u soi zaobserwowano, że daty siewu, wschodów i dojrzałości pełnej ulegały opóźnieniu odpowiednio o 1,78, 0,83 i 0,62 dnia na dekadę. Ponadto skróceniu uległa długość okresu wegetatywnego i wegetacyjnego odpowiednio o 0,62 i 1,16 dnia na dekadę, a okres generatywny wydłużył się średnio o 0,43 dnia. Względny wpływ zmian klimatu na długość rozwoju wegetatywnego i generatywnego soi oraz okresu wegetacji był większy niż czynników agrotechnicznych. Średnia temperatura była dominującym czynnikiem klimatycznym, mającym wpływ na szybkość pojawiania się większości stadiów i faz fenologicznych soi. Opóźnione terminy siewu, stosowanie odmian o dłuższym okresie wegetacji i odpornych na przymrozki, może złagodzić szkodliwe skutki przyszłego cieplejszego klimatu [He i in. 2019].

Badania Gaynora i in. [2012] wykazały w warunkach Nowej Południowej Walii duże różnice u soi w długości trwania okresu rozwoju wegetatywnego, które kształtował czynnik genetyczny, termin siewu i układ warunków wilgotnościowo-termicznych. Wyższe temperatury przyspieszały kwitnienie, a wydłużający się dzień opóźniał. Kwitnienie najwcześniejszych genotypów nie zależało od reakcji fotoperiodycznej, a na jego długość kształtowaną przez terminy siewu i lata badań, miała wpływ temperatura. Kwitnienie późniejszych genotypów w większym stopniu zależało od reakcji fotoperiodycznej, rozpoczynało się później i miało związek z terminem siewu.

Soja jest przystosowana do przetrzymywania dłuższych okresów bezopadowych dzięki dobrze rozbudowanemu systemowi korzeniowemu, sięgającemu do głębokości 2 m oraz owłosieniu, które zmniejsza transpirację, a także dzięki możliwości ustawienia

liści równoległe do promieni słonecznych, co znacznie zmniejsza ich nagrzewanie i tym samym transpirację.

W okresie wegetacji występują trzy okresy krytyczne o zwiększonym zapotrzebowaniu na wodę. Są to fazy: kiełkowania, kwitnienia i wypełniania strąków [Hinson i Hartwig 1982, Kocur 1972, Mota 1978].

W fazie kiełkowania konieczne jest optymalne uwilgotnienie gleby, gdyż nadmiar wody wpływa niekorzystnie na przebieg tej fazy. Wielu autorów stwierdza, że soja najbardziej wrażliwa na niedobór wody jest w okresie kwitnienia [Mackiewicz 1959, Szyrmer i Federowska 1975]. Faza kwitnienia może się jednak przedłużać do około 30 dni i dlatego nawet kilkunastodniowe okresy bezopadowe w tej fazie nie wpływają wyraźnie na obniżkę plonu, gdyż po uzupełnieniu wilgoci w glebie kwitnienie zaczyna przebiegać normalnie.

Niektórzy autorzy stwierdzają, że brak wody największe straty w plonie może spowodować w okresie wypełniania strąków, jednak poglądy autorów w tej kwestii są niejednoznaczne [Popovic i in. 2013, Woodward i Begg 1976].

Duże obniżenie temperatury oraz niedobór wody w okresie kwitnienia powoduje zasychanie i opadanie kwiatów i zawiązków strąków. Suma dziennych temperatur w okresie wegetacji, niezbędnych do prawidłowego rozwoju i plonowania soi, określana jest w zależności od wczesności odmian i rejonów uprawy i wynosi 1900°C dla form najwcześniejszych [Bobrecka-Jamro 1980, Szyrmer i Federowska 1975, 1978].

W warunkach przyrodniczych Polski długość okresu wegetacji soi ma szczególne znaczenie, gdyż soja powinna osiągnąć według Szyrmera i Fedorowskiej [1975] dojrzałość pełną na południu pod koniec sierpnia, a w centralnej Polsce w pierwszej dekadzie września, dlatego optymalny okres wegetacji soi nie powinien przekraczać 130 dni.

W świetle globalnych zmian klimatycznych postulaty Szyrmera i Fedorowskiej [1975] sprzed 50 lat uległy dezaktualizacji, gdyż wzrost w Polsce średniej temperatury sprawia, że uprawa soi przesuwa się coraz bardziej na północ. Wydaje się, że w północnej Polsce możliwa będzie uprawa odmian soi osiągających dojrzałość techniczną po 140 dniach wegetacji, a dojrzałość żniwną po 150 dniach i osiągających gotowość do zbioru pod koniec września. W świetle tej tezy do uprawy w badanych środowiskach nadają się odmiany znajdujące się w tab. VIII. 12, których okres wegetacji zaznaczono kolorem zielonym. Zatem w środowiskach Chrzastowo, Głębokie i Świebodzin można uprawiać

wszystkie badane odmiany, a następnie kolejno mniej w: Radostowie (Abelina, Aligator, Brunensis, Erica, GL Melanie, Merlin, Moravians, SG Anser, Sirelia), Krzyżewie (Abelina, Aligator, Erica, GL Melanie, Merlin, SG Anser, Sirelia, Sultana), Wróćkowie (Abelina, Erica, Merlin i SG Anser), Karzniczce (Abelina, Erica i SG Anser), Marianowie (Abelina, Erica i Merlin), Nowej Wsi Ujskiej (Erica i GL Melanie), Białogardzie (Erica). Należy zaznaczyć, że analizowane środowiska kształtował zróżnicowany w latach i czasie oddziaływania 3 (Białogard, Głębokie, Radostowo, Świebodzin i Wróćkowo) lub 2-letni (Chrzastowo, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo i Nowa Wieś Ujska) układ warunków wilgotnościowo-termicznych.

W 2017 roku wegetacja soi w północnej Polsce przebiegała w temperaturze niższej od średniej wieloletniej dla okresu IV–X o  $0,5^{\circ}\text{C}$  i sumie opadów wyższych od średniej wieloletniej o ponad 50%. Natomiast w 2018 i 2019 roku średnia temperatura okresu wegetacji w porównaniu z wielolecieciem była wyższa odpowiednio o  $1,7$  i  $0,3^{\circ}\text{C}$ , a suma opadów niższa o 25 i 21%. Gdyby uprawiano soję wyłącznie w korzystniejszych warunkach termicznych w latach 2018 i 2019, to liczba uprawianych odmian zwiększyłaby się w środowisku Radostowo o 2 odmiany Petrina i Sultana, a we Wróćkowie o GL Melanie, Sirelia i Sultana.

## 2. Zmienność badanych cech

Wartość gospodarcza odmian, po ich rejestracji, badana jest w systemie Porejstrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO), a wyniki tych badań ukierunkowane są bezpośrednio na potrzeby praktyki rolniczej [Bujak i Tratwal 2011, Gacek 1998, Gacek i Behnke 1999, 2006]. Umożliwiają one tworzenie List odmian zalecanych do uprawy, które mają ułatwić rolnikom dokonanie trafnego doboru najwartościowszych odmian, dostosowanych do lokalnych warunków glebowych i klimatycznych. Badania te pozwalają także na poznanie interakcji odmian ze środowiskami glebowo-klimatycznymi oraz umożliwiają ocenę stabilności plonowania odmian. Najczęściej poszukuje się odmian, które charakteryzują się wysokim i stabilnym plonem w różnych warunkach glebowo-klimatycznych oraz powtarzalnym w kolejnych latach, co świadczy o wysokiej stabilności plonowania odmiany [Navabi i in. 2006]. Czasami za pożądane genotypy uznaje się takie, które są lokalnie wąsko zaadaptowane do określonych warunków środowiska, ale wykazują dużą powtarzalność w latach [Annicchiarico i in. 2006]. Do oceny stabilności plonowania odmian



wykorzystuje się wiele metod, z których najlepsze wydają się te, które łączą oceny średnich genotypowych plonów i wariancje ich zmienności [Bujak i in. 2008 a, 2008 b, Iwańska i in. 2009].

Podczas wegetacji rośliny wchodzą w układ skomplikowanych interakcji biotycznych i abiotycznych, które kształtują rozwój, tempo wzrostu, cechy morfologiczne i mają wpływ na plony. W badaniach własnych oceniano interakcje genotypowo-środowiskową (glebowo-klimatyczną) na rozwój i plonowanie soi. Zmienność średnich dla cech, kształtowaną przez czynnik genetyczny uwikłany w interakcje środowiskowe przedstawiono przy pomocy statystyki opisowej (średnia, odchylenie standardowe, minimum, mediana i maksimum oraz współczynnik zmienności) na tle układu warunków wilgotnościowo-termicznych w latach 2017-2019 (tab. VIII. 16.).

W analizowanym okresie wysokość roślin wahała się od 29,7 cm do 126,2 cm, pozostawała w ścisłym związku z sumą opadów podczas wegetacji i w porównaniu z 2019 rokiem, w 2017 roku była wyższa o 41%.

Wysokość osadzenia 1.go strąka decyduje o wielkości strat podczas zbioru nasion i średnio dla lat wahała się od 8,4 cm do 10,8 cm. Najniżej osadzony pierwszy strąk notowano w suchym 2019 roku, kiedy rośliny były najniższe, a pomiędzy tymi cechami wykazano dodatnią korelację ( $r=0,70$ ).

Masa 1000 nasion w latach badań wahała się od 130 g do 285 g i kształtowała się pod wpływem wypadkowej działania temperatury i sumy opadów.

Plony nasion soi wynosiły od 8,3 do 58,1 dt $\cdot$ ha<sup>-1</sup>. Średnio dla lat najniższy plon notowano w 2019 roku, następnie kolejno wyższy w 2018 i 2017. W porównaniu z suchym 2019 rokiem, w skrajnie wilgotnym 2017 roku, plony nasion były o 68% wyższe.

Zawartość białka zawierała się w przedziale od 275 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup> do 441 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>. Średnio dla lat najwięcej białka gromadziły nasiona w wilgotnym 2017 roku, kiedy suma opadów w północnej Polsce w okresie IV-X była wyższa od średniej wieloletniej o 50%. W 2019 roku niedobór opadów w okresie wegetacji, w porównaniu ze średnią wieloletnią, wynosił 18%, przy średniej temperaturze powietrza wyższej od wieloletniej o 0,7°C. Skutkowało to zmniejszeniem zawartości białka w porównaniu z 2017 rokiem o 6,7 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>.

Zawartość tłuszczu wynosiła od 197 do 274 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>. Średnio dla lat najwięcej tłuszczu gromadziły nasiona w umiarkowanie suchym 2018 i 2019 roku, kiedy suma opadów



---

w północnej Polsce, w okresie IV-X, była niższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 22 i 18%, a średnia temperatura wyższa o 1,7 i 0,3°C. Wyższe od średniej wieloletniej temperatury powietrza w latach 2018 i 2019, w porównaniu z chłodnym 2017 rokiem, skutkowały wzrostem zawartości tłuszczu w nasionach, średnio o 20 g·kg<sup>-1</sup>.

Wydajność białka to funkcja plonu i procentowej zawartości tego składnika. W porównaniu z 2019, w 2017 roku wydajność białka była wyższa o 69%.

Tabela VIII. 16.

Statystyki opisowe wybranych cech soi badanych w wielokrotnej i wieloletniej serii doświadczeń na tle średnich temperatur i sumy opadów w okresie IV – X

Cecha	Lata	Średnia	Odchylenie standardowe	Minimum	Mediana	Maksimum	Współczynnik zmienności [%]	T* [°C]	O** [mm]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wysokość roślin [cm]	2017	95,7	15,66	55,5	96,3	126,2	16,4	14,0	601
	2018	77,7	17,62	41,7	79,2	124,3	22,7	15,9	326
	2019	67,8	18,80	29,7	64,3	116,3	27,7	14,7	343
Wysokość osadzenia 1.go strąka [cm]	2017	10,8	3,91	3,3	11,2	19,5	36,2	14,0	601
	2018	10,7	3,70	3,7	10,3	22,3	34,6	15,9	326
	2019	8,4	3,08	4,3	7,3	16,8	36,7	14,7	343
Masa 1000 nasion [g]	2017	218	24,63	171,0	217,0	284,0	11,3	14,0	601
	2018	197	28,66	130,0	200,0	254,0	14,5	15,9	326
	2019	197	34,12	155,0	188,0	285,0	17,3	14,7	343
Plon nasion [dtha <sup>-1</sup> ]	2017	37,6	10,17	10,6	39,5	56,6	27,0	14,0	601
	2018	36,9	8,97	20,2	37,0	58,1	24,3	15,9	326
	2019	22,4	8,75	8,3	21,8	45,3	39,1	14,7	343
Zawartość białka [g·kg <sup>-1</sup> ]	2017	403	14,20	378	405	441	3,5	13,8	612
	2018	368	21,80	331	364	416	5,9	15,9	313
	2019	336	36,20	275	336	404	10,8	14,5	331

Tabela VIII. 16. cd.

Statystyki opisowe wybranych cech soi badanych w wielokrotnej i wieloletniej serii doświadczeń na tle średnich temperatur i sumy opadów w okresie IV – X

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zawartość tłuszczu [g·kg <sup>-1</sup> ]	2017	216	9,71	197	217	239	4,4	13,8	612
	2018	237	10,22	211	239	256	4,3	15,9	313
	2019	236	14,26	208	234	274	6,0	14,5	331
Wydajność białka [dt·ha <sup>-1</sup> ]	2017	11,3	2,65	3,7	11,3	15,1	23,5	13,8	612
	2018	11,2	2,66	6,8	11,0	18,6	23,8	15,9	313
	2019	6,7	2,52	1,9	7,8	10,5	37,6	14,5	331

T\*- średnia temperatura powietrza; O\*\*- suma opadów

**Współczynnik zmienności**, podobnie jak odchylenie standardowe, należy do miar rozproszenia i służy do badania stopnia zróżnicowania wartości zmiennej. Wysoka wartość współczynnika oznacza duże zróżnicowanie cechy i decyduje o niejednorodności badanej populacji, niska wartość świadczy o małej zmienności cechy i jednorodności badanej próby.

Średnio za trzy lata najwyższy współczynnik zmienności zanotowano dla wysokości osadzenia 1.go strąka, a następnie kolejno niższy dla plonu nasion, wydajności białka, wysokości roślin i zawartości białka. Wszystkie badane cechy oprócz wysokości osadzenia 1.go strąka miały wyższe wartości współczynnika zmienności w latach suchych.

### 3. Wysokość roślin

Wysokość roślin kształtuje genotyp uwikłany w interakcje ze środowiskiem i czynnikami agrotechnicznymi. Średnie wysokości roślin dla środowisk (miejscowości x lata) różniły się istotnie, a efekty główne środowisk wyjaśniały 86,4% całkowitej sumy kwadratów i w największym stopniu decydowały o zmienności wysokości roślin (tab. VIII. 17.).

Również średnie wysokości roślin dla odmian różniły się istotnie, a różnice między odmianami wyjaśniały 4,8% całkowitej sumy kwadratów.

Efekty interakcji GxE wyjaśniały 9,8% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu AMMI były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA) wyjaśniały 78,6% zmienności efektów interakcji odmian GxE. Pierwsza interakcyjna składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 40,5% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 20,1%, IPCA 3 za 11,1%, zaś IPCA 4 za 6,8% zmienności efektów interakcji GxE.

Procent wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty interakcyjne jest w przybliżeniu 2 razy większy od procentu wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty główne dla odmian (tab. VIII. 17.). Wynika to stąd, że odmiany soi różnie reagowały na warunki glebowo-pogodowe w badanych środowiskach. Reakcje te były wyraźnie nierównoległe (niezgodne) i położone na różnym średnim poziomie (co wynika z istotnego zróżnicowania średnich odmianowych). Oznacza to, że odmiany przejawiały różne modele reakcji adaptacyjnej do badanych środowisk. Wśród nich mogą być genotypy, które wykazują duży stopień adaptacyjności oraz odmiany o wąskiej adaptacji, przystosowane do warunków niektórych środowisk w północnej Polsce. W tym celu, na

podstawie poprawionych średnich, za pomocą modelu AMMI, zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji o postaci odmiana x środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości roślin na środowiska.

Tabela VIII. 17.

Analiza wariancji danych dla wysokości roślin z serii doświadczeń odmianowych  
w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni Kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		135199			
Odmiany (G)	12	6518	543,2	11,79***	4,8
Środowiska (E)	24	115416	4809,0	104,41***	86,4
GxE	288	13265	46,1		9,8
IPCA 1	35	5375	153,6	8,63***	40,5
IPCA 2	33	2670	80,9	4,55***	20,1
IPCA 3	31	1472	47,5	2,67***	11,1
IPCA 4	29	903	31,1	1,75*	6,8
Błąd	160	2846	17,8		

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*  $P < 0,05$

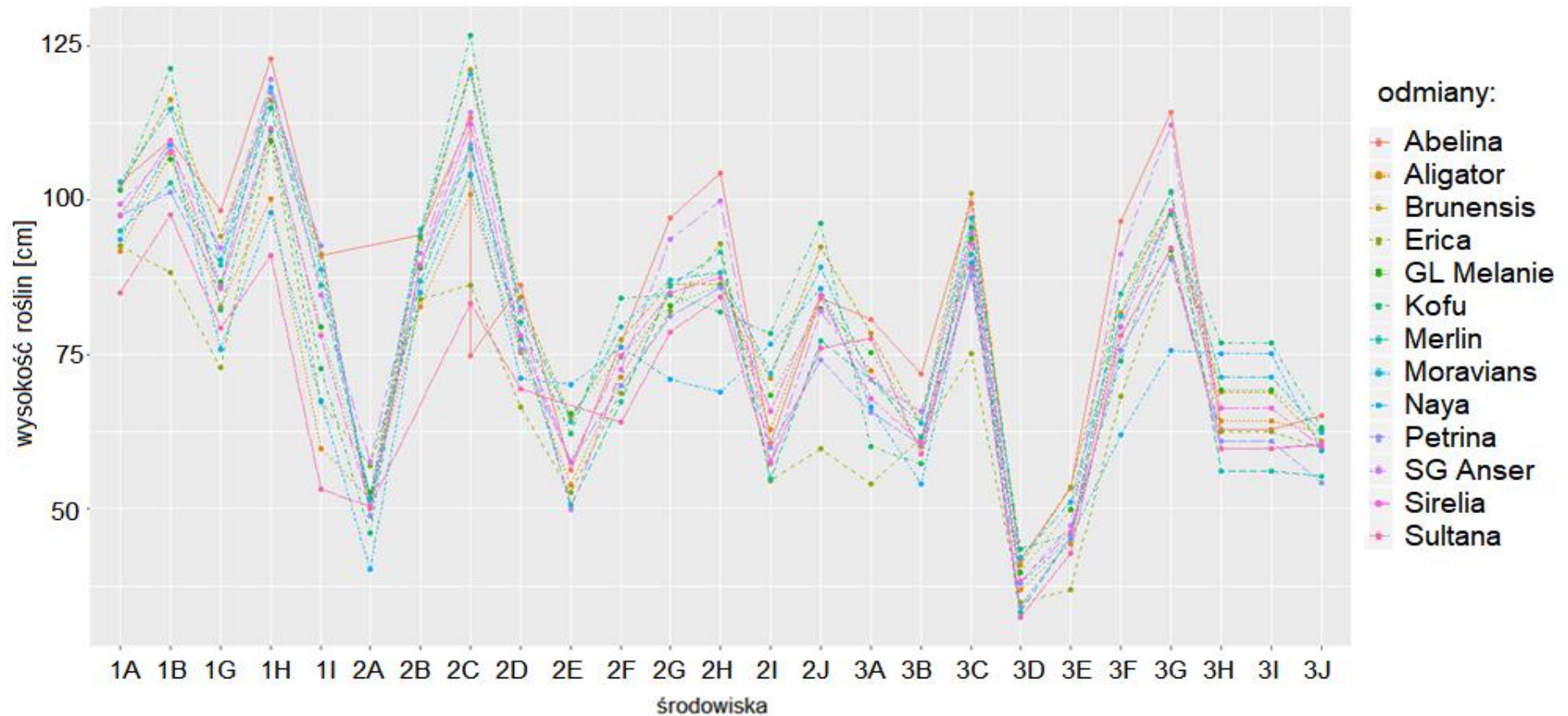
Na rys. VIII. 1. przedstawiono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości roślin na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

Na rys. VIII. 2. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości roślin na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

Na rys. VIII. 3. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości roślin na środowiska, uszeregowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uporządkowano pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

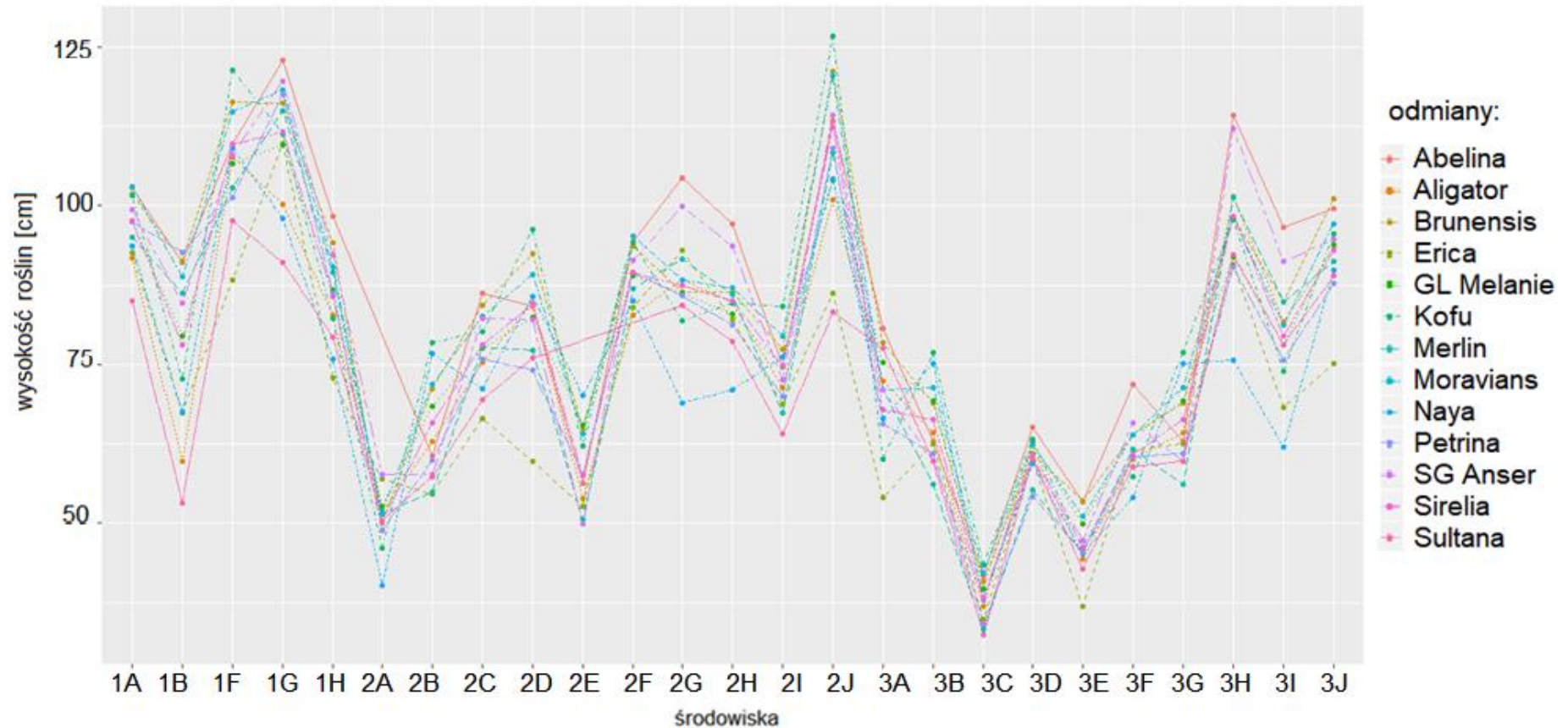


Wykresy adaptacyjnych reakcji odmian umożliwiają śledzenie genotypów w różnych warunkach środowiskowych w kolejnych latach badań. W ten sposób można stwierdzić powtarzalność w latach danego modelu adaptacyjności (nadrzędności) odmian w określonych warunkach środowiskowych.

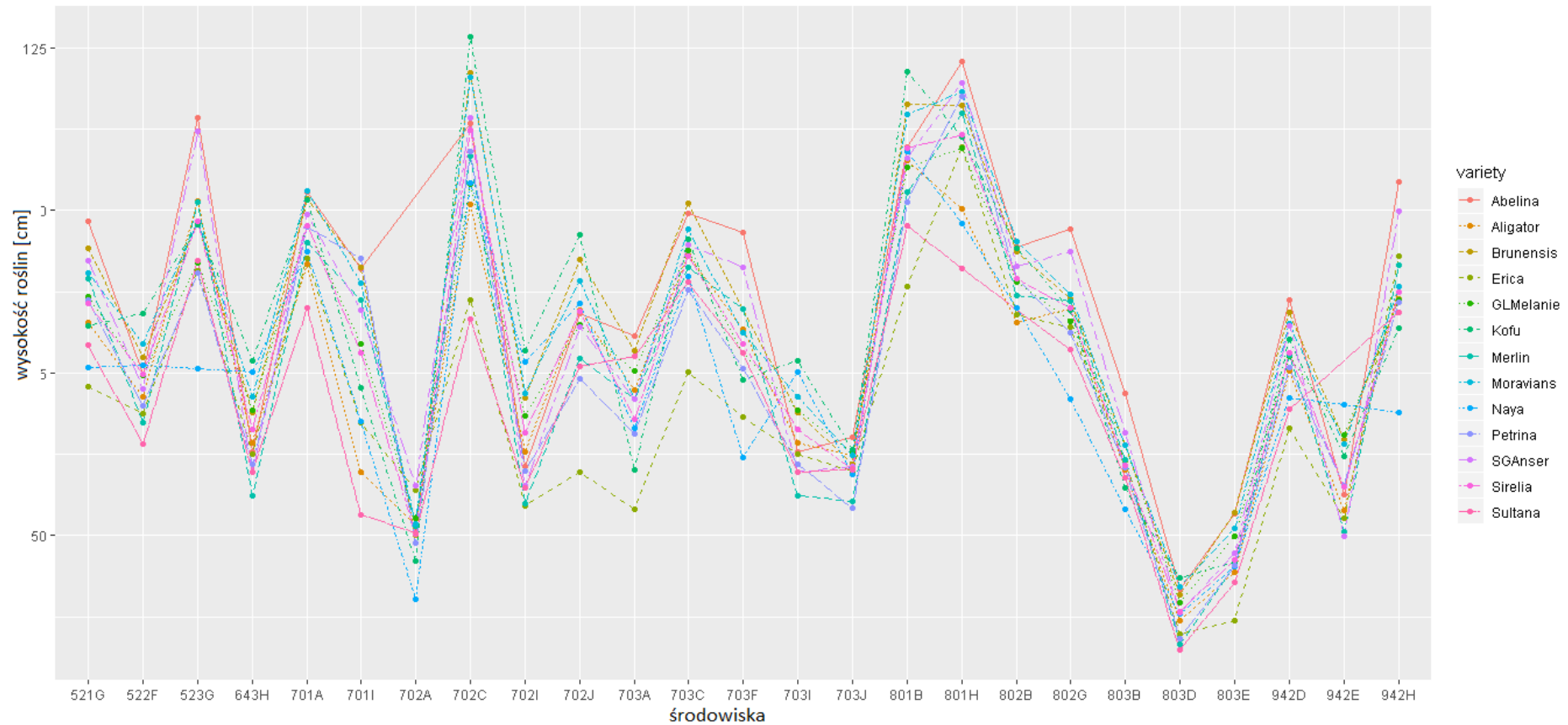


**Rys.VI. 1.** Łamana funkcja adaptacyjności wysokości roślin dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejno lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Swiebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrząstowo - E, Marianowo - F, Wróćkowo - G, Radostowo - H, Białogard - I, Karzniczka - J.





**Rys. VIII. 2.** Łamana funkcja adaptacyjności wysokości roślin dla odmian, której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejne lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Białogard - B, Nowa Wieś Ujska - C, Karzniczka - D, Chrzastowo - E, Głębokie - F, Radostowo - G, Wróćkowo - H, Marianowo - I, Krzyżewo - J.



**Rys. VIII. 3.** Łamana funkcja adaptacyjności wysokości roślin dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 52, 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 kolejne lata 2017, 2018, 2019, natomiast litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wróćnikowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.

Tabela VIII. 18.

Średnie środowiskowe dla wysokości roślin oraz nazwy pierwszych czterech odmian  
w badanych środowiskach

Środowisko	Średnia [cm]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla wysokości roślin			
			1	2	3	4
2017 B	78	-1,619	Petrina	Brunensis	Abelina	Moravians
2017 Gl	107	1,666	Kofu	Brunensis	Moravians	Abelina
2017 Ra	111	-1,651	Abelina	SG Anser	Moravians	Petrina
2017 Św	97	0,124	Moravians	Abelina	Brunensis	Kofu
2017 Wr	86	-1,262	Abelina	Brunensis	SG Anser	Moravians
2018 B	65	3,047	Kofu	Naya	Moravians	Brunensis
2018 Ch	58	2,319	Naya	GL Melanie	Brunensis	Moravians
2018 Gl	88	0,138	Moravians	Abelina	Kofu	Brunensis
2018 Ka	82	1,966	Kofu	Brunensis	Moravians	Naya
2018 Krz	108	1,024	Kofu	Brunensis	Moravians	SG Anser
2018 Ma	73	1,406	Kofu	Moravians	Brunensis	Naya
2018 NWU	77	-0,365	Abelina	Brunensis	Moravians	SG Anser
2018 Ra	88	-2,948	Abelina	SG Anser	Erica	Merlin
2018 Św	52	-1,724	Abelina	SG Anser	Erica	GL Melanie
2018 Wr	85	-1,642	Abelina	SG Anser	Moravians	Brunensis
2019 B	66	2,423	Kofu	Naya	Moravians	GL Melanie
2019 Ch	47	0,152	Brunensis	Abelina	Moravians	GL Melanie
2019 Gl	62	-1,095	Abelina	SG Anser	GL Melanie	Brunensis
2019 Ka	60	0,378	Abelina	Kofu	GL Melanie	Aligator
2019 Krz	92	0,351	Brunensis	Abelina	Moravians	Kofu
2019 Ma	80	-2,483	Abelina	SG Anser	Merlin	Brunensis
2019 NWU	38	0,682	Kofu	Moravians	Abelina	Brunensis
2019 Ra	66	2,423	Kofu	Naya	Moravians	GL Melanie
2019 Św	70	-0,615	Abelina	Brunensis	Sultana	GL Melanie
2019 Wr	97	-2,698	Abelina	SG Anser	Aligator	Merlin

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócikowo (Wr)

W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agroekosystemach obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4, oznaczony symbolem  $W_i$  (tab. VIII. 18.).

Odmiany Abelina, Aligator, Brunensis, Erica, Merlin i Sultana wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej w badanych środowiskach. Odmiany Abelina i Brunensis były w pierwszej czwórce odmian w większości badanych środowisk, co wskazuje na szeroką adaptację do warunków północnej Polski. Z kolei genotypy: Aligator, Erica, Merlin, Naya i Sultana były w pierwszej czwórce tylko w kilku badanych środowiskach, co może wskazywać na ich wąską adaptację.

Tabela VIII. 19.

Średnie odmianowe dla wysokości roślin, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$  oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP 4

Odmiana	Średnia [cm]	$WAAS_i^*$	Indeks selekcji odmian $GSI_i^*$	$W_i$ TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	<b>84</b> [1]	2,04 [9]	10	<b>1</b>	0,5	<b>0,8</b>	0,72
Aligator	75 [10]	1,07 [4]	14	0	0	0,2	0,08
Brunensis	83 [2]	1,19 [5]	7	0,8	<b>0,8</b>	0,6	0,72
Erica	<i>69</i> [13]	2,13 [11]	24	0	0,2	0	0,08
GL Melanie	78 [6]	0,86 [2]	8	0	0,2	0,6	0,32
Kofu	81 [4]	2,64 [12]	16	<i>0,4</i>	0,5	0,4	0,44
Merlin	76 [8]	1,76 [8]	16	0	<i>0,1</i>	0,2	0,12
Moravians	82 [3]	0,97 [3]	<b>6</b>	<b>1</b>	0,7	0,5	0,68
Naya	73[11]	<i>3,06</i> [13]	24	0	0,3	0,2	0,2
Petrina	75 [9]	1,41 [6]	16	0	0	0	0
SG Anser	80 [5]	2,11 [10]	15	<i>0,4</i>	0,5	0,2	0,36
Sirelia	78 [7]	<b>0,42</b> [1]	8	0	0	0	0
Sultana	70 [12]	1,61 [7]	19	0	0	<i>0,1</i>	<i>0,04</i>

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk

\*\*parametr  $W_i$  TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji

W nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze.

Średnia wysokość roślin była największa u odmiany Abelina i kolejno niższa u Brunensis, a najniższa u Erica.

Najniższą wartość miary stabilności  $WAAS_i$  uzyskała Sirelia, która była najbardziej stabilna pod względem wysokości roślin spośród badanych odmian.

Kolejnymi odmianami pod względem stabilności były GL Melanie (0,86) i Moravians (0,97), a najwyższą wartość miary stabilności miała Naya, gdyż była najmniej stabilna.

Wartość indeksu selekcji dla odmian była najmniejsza dla odmiany Moravians (6), a kolejno wyższe wartości miała Brunensis (7), GL Melanie (8) i Sirelia (8). Oznacza to, że wymienione wyżej odmiany były średnio najwyższe, a zarazem najbardziej stabilne spośród badanych genotypów. Największe wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 miała Abelina i Brunensis (0,72), co znaczy, że te odmiany odznaczały się największą zdolnością adaptacyjną do warunków występujących w północnej Polsce, a w latach badań miały porównywalne wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4.

Ponadto, w większości środowisk SG Anser, GL Melanie i Moravians przeważnie były w pierwszej czwórce, jednak wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 były nieco niższe, co może sugerować, że te genotypy miały umiarkowanie szeroką zdolność adaptacyjną. Inny schemat adaptacyjności do warunków występujących w analizowanych środowiskach można zaobserwować u odmian Aligator, Erica, Merlin, Naya i Sultana (tab. VIII. 18. i 19.).

Odmiana Aligator wykazywała wąską adaptację do warunków występujących w środowiskach 2019 Ka i 2019 Wr. Z kolei odmiana Erica była w pierwszej czwórce najlepszych odmian w środowiskach 2018 Ra i 2018 Św.

Odmiana Merlin wykazywała specyficzną adaptację do warunków występujących w środowiskach 2018 Ra, 2019 Ma i 2019 Wr, a odmiana Petrina była w najlepszej czwórce odmian w środowiskach 2017 B i 2017 Ra, co może sugerować, że warunki pogodowe występujące na Pomorzu w roku 2017 odpowiadały tej odmianie najbardziej. Natomiast Sultana wykazywała specyficzną adaptację do warunków występujących w Świebodzinie w 2019.

Cechy morfologiczne soi, to wypadkowa działania genotypu, środowiska oraz czynników agrotechnicznych. Pyzik i in. [1987] wykazali, że warunki pogodowe w okresie wegetacji w znacznym stopniu modyfikowały cechy morfologiczne.

Bury i Nawracała [2004] stwierdzili, że w latach cieplejszych dominującym czynnikiem kształtującym wzrost i rozwój soi był niedobór opadów.

Termin siewu kształtuje pokrój rośliny, cechy użytkowe, plon, masę 1000 nasion, zawartość tłuszczu, białka oraz izoflawonów [Freiria i in. 2016, Kotecki i Lewandowska 2020, Mackiewicz 1965, Szyrmer 1969 b].

Opóźniony termin siewu i niekorzystne warunki środowiskowe mają negatywny wpływ na wzrost, rozwój i plony nasion soi. Zmiany fotoperiodu i temperatury spowodowane opóźnionym terminem siewu kształtują długość rozwoju wegetatywnego i generatywnego, liczbę strąków na roślinie, wysokość roślin, wskaźnik LAI (Leaf Area Index) oraz plon nasion, a także determinują skład chemiczny nasion. Stres spowodowany suszą zmniejsza współczynnik wymiany dwutlenku węgla (CER-Carbon dioxide Exchange Rate), fotosyntezę, syntezę węglowodanów i przepływ metabolitów do rozwijających się komórek, co powoduje zwiększone opadanie kwiatów, skrócenie okresu rozwoju wegetatywnego i generatywnego, w tym wypełniania nasion, redukuje również liczbę nasion z rośliny i ich masę, co ma negatywny wpływ na wielkość plonu [Hu i Wiatrak 2011].

Zróżnicowana obsada roślin ma wpływ na wzrost i plony [Robinson i Wilcox 1998, Taj i in. 2003, Wajid i in. 2004]. Rośliny rosnące w dużym zagęszczeniu konkurują o przestrzeń życiową, co powoduje, że są wyższe, słabo się rozgałęziają, zawiązują na roślinie mniej strąków i nasion w porównaniu z małym zagęszczeniem [Mondal i in. 2012].

Według Jareckiego i Bobreckiej-Jamro [2015], czynnik genetyczny nie różnicował wysokości roślin odmiany Augusta (88 cm) i Aldana (85 cm). W doświadczeniach Burego i Nawracały [2004] prowadzonych w okolicach Szczecina, średnia ogólna wysokość roślin trzech odmian soi (Augusta, Gaj i Nawiko) była niższa (49 cm) i również nie zależała istotnie od odmiany.

Bujak i Frant [2009] podają, że rośliny odmiany Aldana osiągają średnio 61 cm (przy znacznych wahaniami w latach badań) i są istotnie niższe w porównaniu do innych odmian soi.

Rośliny odmiany Augusta odznaczyły się istotnie większą podatnością na wyleganie niż odmiany Aldana [Jarecki i Bobrecka-Jamro 2015]. W doświadczeniu Lorenc-Kozik i Pisulewskiej [2003], na wyleganie roślin soi główny wpływ wywarła zbyt duża suma opadów w lipcu i związane z tym nadmierne uwilgotnienie gleby.

Badania własne wykazały istotny wpływ genotypu i środowiska na wysokość roślin soi. Kotecki i Lewandowska [2020] stwierdzili, że wysokość roślin kształtował przede wszystkim układ warunków wilgotnościowo-termicznych, a następnie w mniejszym stopniu odmiana i w najmniejszym czynniki agrotechniczne (termin siewu, ilość wysiewu, nawożenie azotem i szczepienie bakteriami brodawkowymi).

#### 4. Wysokość osadzenia 1.go strąka

Wysokość osadzenia 1.go strąka decyduje o wielkości strat nasion podczas zbioru.

Wprowadzenie do zbioru kombajnów o dużej szerokości roboczej powodowało, zwłaszcza przy niewyrównanym podczas uprawy polu, że listwa tnąca kombajnu pracowała powyżej najniżej osadzonych strąków, które są najlepiej wykształcone. Wprowadzenie w najnowszych kombajnach listwy tnącej kopiującej pole zmniejszyło straty podczas zbioru soi, jednak powinno dążyć się metodami hodowli i agrotechniki do zwiększenia wysokości osadzenia 1.go strąka.

Tabela VIII. 20.

Analiza wariancji danych dla wysokości osadzenia 1.go strąka z serii doświadczeń odmianowych w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność soi [%]
Całkowita		4397,4			
Odmiany (G)	12	83,0	6,92	4,19***	1,9
Środowiska (E)	24	3839,4	159,98	96,99***	87,3
GxE	288	475,0	1,65		10,8
IPCA 1	35	127,3	3,64	4,31***	26,8
IPCA 2	33	96,9	2,94	3,48***	20,4
IPCA 3	31	69,0	2,23	2,64***	14,5
IPCA 4	29	46,9	1,62	1,91**	10,1
Błąd	160	135,0	0,84		

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$

W badaniach własnych średnie wysokości osadzenia 1.go strąka dla środowisk (miejscowości x lata) różniły się istotnie, a efekty główne dla środowisk wyjaśniały 87,3% całkowitej sumy kwadratów (tab. VIII. 20.) i kształtowały w przeważającym stopniu zmienności wysokości osadzenia 1.go strąka.

Średnie wysokości osadzenia 1.go strąka dla odmian różniły się istotnie i wyjaśniały 1,9% całkowitej sumy kwadratów.

Efekty interakcji GxE wyjaśniały 10,8% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA) wyjaśniały 71,8% zmienności GxE. Pierwsza składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 26,8% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 20,4%, IPCA 3 za 14,5%, a IPCA 4 za 10,1% zmienności efektów interakcji (GxE).

Procent wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty interakcyjne jest w przybliżeniu 5 razy większy niż procent wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty główne dla odmian (tab. VIII. 20.). Wynika z tego, że reakcje wysokości osadzenia 1.go strąka badanych odmian soi na rozpatrywane środowiska glebowo-pogodowe były nierównoległe (niezgodne) i położone na różnym średnim poziomie z powodu istotnego zróżnicowania średnich odmianowych. Dlatego odmiany wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej do analizowanych środowisk. Wśród badanych genotypów były takie, które mogą wykazywać duży stopień szerokiej adaptacyjności oraz odmiany o wąskiej adaptacji w niektórych środowiskach w północnej części Polski. Na poprawionych średnich interakcyjnych za pomocą modelu AMMI, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji osadzenia 1.go strąka (rys. VIII. 4. - VIII. 6.).

Na rys. VIII. 4. przedstawiono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości osadzenia 1.go strąka na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat przedstawiono miejscowości (agroekosystemy) uszeregowane pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

Na rys. VIII. 5. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem osadzenia 1.go strąka na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat badań miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

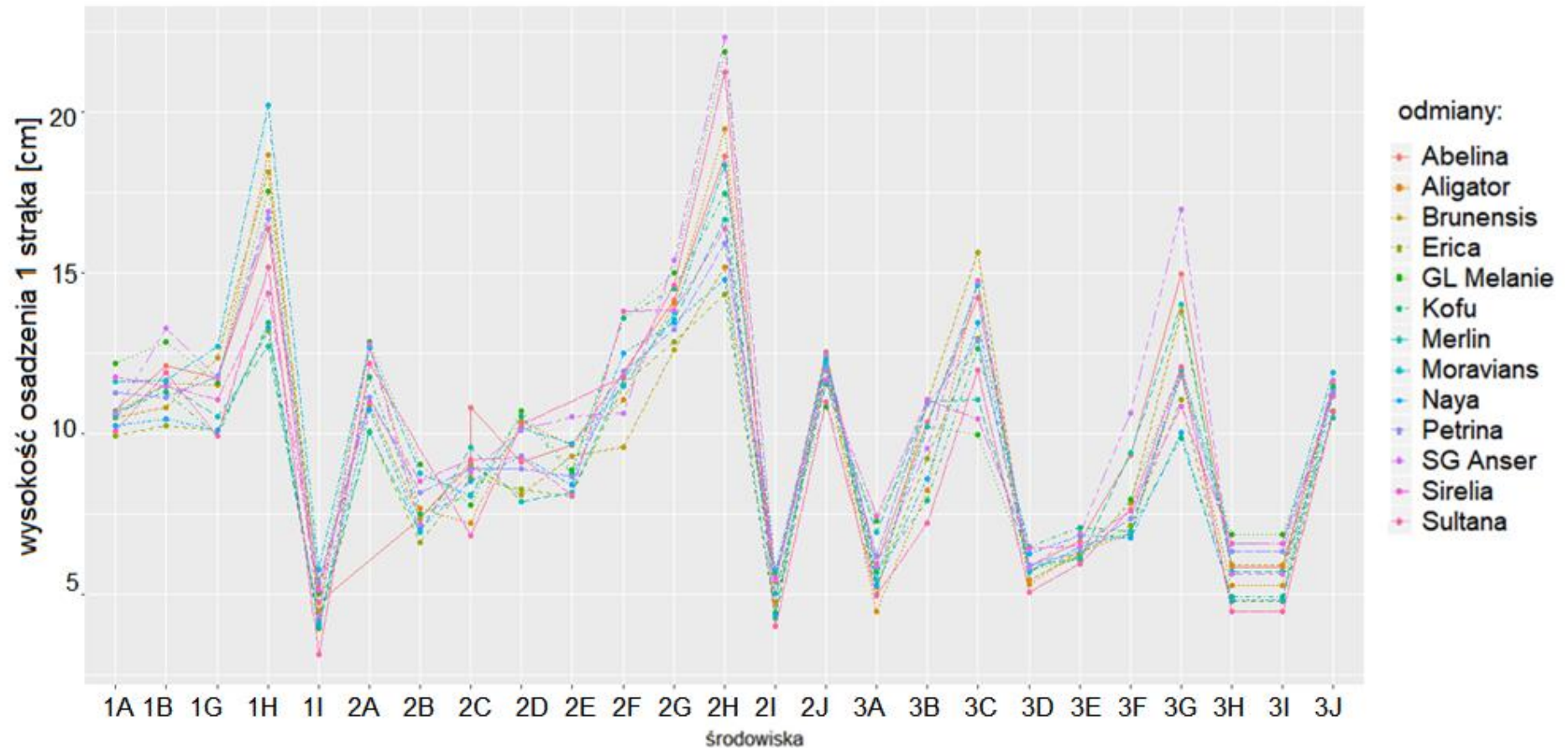
Na rys. VIII. 6. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wysokości osadzenia 1.go strąka na środowiska, uporządkowane na osi X



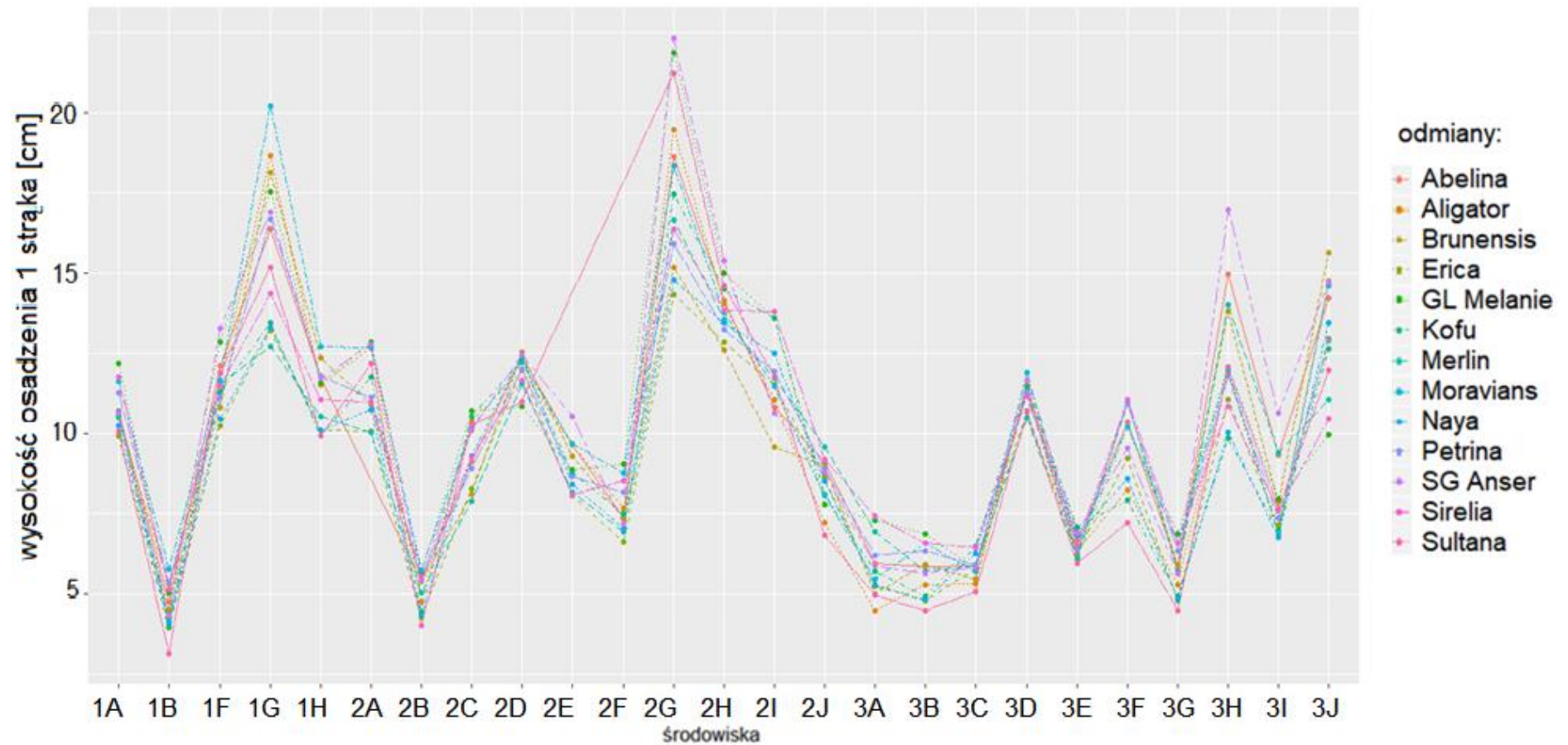


w taki sposób, że dla kolejnych lat badań miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

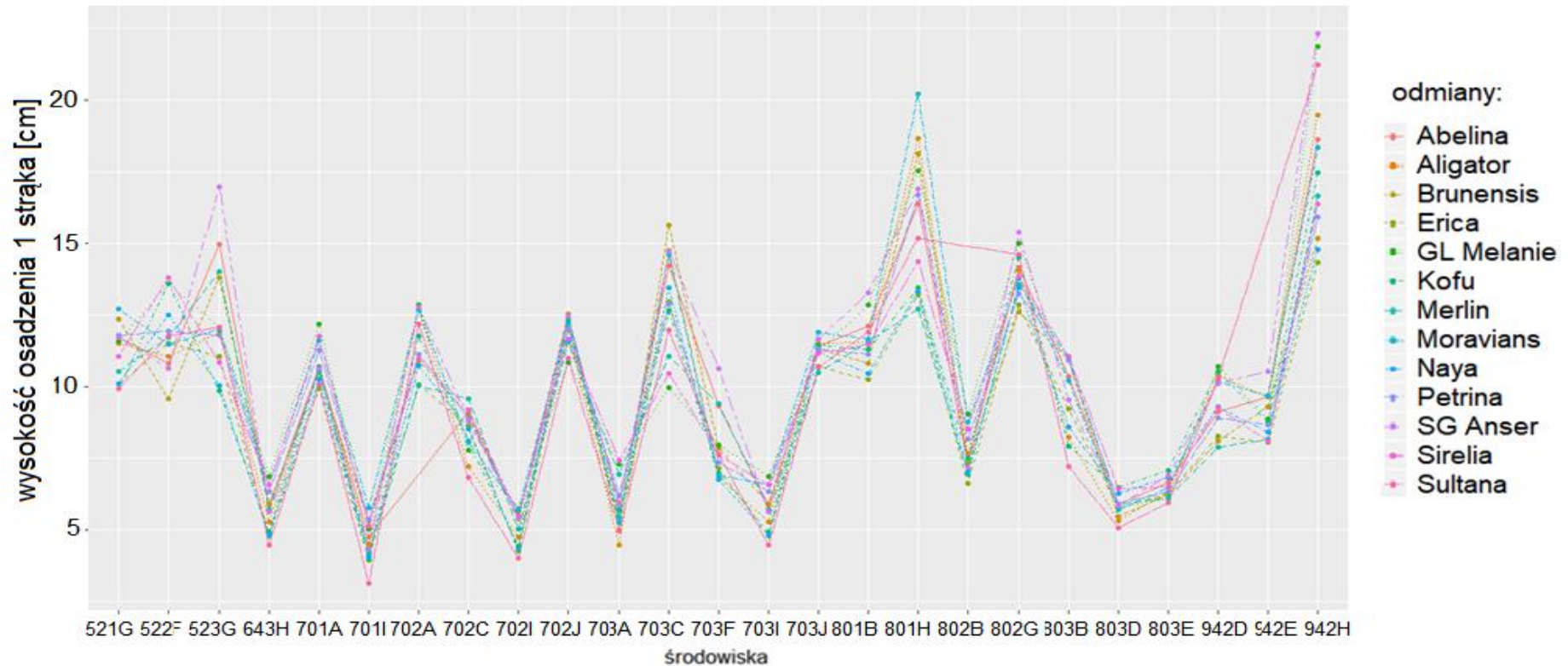
W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agroekosystemach obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4, oznaczony symbolem  $W_i$  (tab. VIII. 21.).



**Rys. VIII. 4.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, wysokości osadzenia 1. go strąka, w której środowiska zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejno lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wróćkowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.



**Rys. VIII. 5.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, wysokości osadzenia 1.go strąka, w której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejno lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Białogard - B, Nowa Wieś Ujska - C, Karzniczka - D, Chrzastowo - E, Głębokie - F, Radostowo - G, Wróćkowo - H, Marianowo - I i Krzyżewo - J.



**Rys. VIII. 6.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, wysokości osadzenia 1.go strąka, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 52, 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 kolejno lata 2017, 2018, 2019, natomiast litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wróćkowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.

Tabela VIII. 21.

Średnie środowiskowe dla wysokości osadzenia 1.go strąka oraz nazwy pierwszych czterech odmian w badanych środowiskach

Środowisko	Średnia [cm]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla wysokości osadzenia pierwszego strąka			
			1	2	3	4
2017 B	4,6	0,3919	Moravians	Petrina	Brunensis	Sirelia
2017 Gl	11,6	-0,3402	SG Anser	GL Melanie	Abelina	Sultana
2017 Ra	15,9	-1,2388	Moravians	Aligator	Brunensis	GL Melanie
2017 Św	10,8	0,2941	GL Melanie	Sirelia	Moravians	Petrina
2017 Wr	11,2	-0,022	Moravians	Brunensis	Petrina	SG Anser
2018 B	5,0	0,2469	Moravians	GL Melanie	Sirelia	Petrina
2018 Ch	9,0	-0,3123	SG Anser	Moravians	Abelina	Aligator
2018 Gl	7,6	0,2624	GL Melanie	Moravians	Sirelia	Petrina
2018 Ka	11,9	0,4101	Brunensis	SG Anser	Naya	Abelina
2018 Krz	8,4	0,8128	Merlin	Sirelia	Abelina	Brunensis
2018 Ma	11,8	0,8146	Sirelia	GL Melanie	Kofu	Naya
2018 NWU	9,5	-0,3148	GL Melanie	Kofu	Aligator	Sultana
2018 Ra	17,9	-2,1664	SG Anser	GL Melanie	Sultana	Aligator
2018 Św	11,6	-0,5747	GL Melanie	SG Anser	Moravians	Aligator
2018 Wr	13,9	-0,2493	SG Anser	GL Melanie	Sultana	Kofu
2019 B	5,7	0,3339	GL Melanie	Sirelia	Moravians	Petrina
2019 Ch	6,4	0,355	Kofu	SG Anser	Naya	Abelina
2019 Gl	9,6	0,7861	Sirelia	Merlin	Brunensis	Petrina
2019 Ka	11,2	0,162	Moravians	SG Anser	Aligator	Kofu
2019 Krz	13,0	-0,2732	Brunensis	Aligator	SG Anser	Moravians
2019 Ma	7,9	-0,1109	SG Anser	Merlin	Abelina	GL Melanie
2019 NWU	5,8	0,5964	Kofu	Sirelia	Naya	Petrina
2019 Ra	5,7	0,3339	GL Melanie	Sirelia	Moravians	Petrina
2019 Św	5,8	0,6188	Sirelia	GL Melanie	Merlin	Petrina
2019 Wr	12,4	-0,8162	SG Anser	Abelina	Merlin	Brunensis

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wróćkowo (Wr)

Wyniki analiz prezentowanych na rys VI. 4. - VI. 6. podsumowano w tab. VIII. 22. Odmiany GL Melanie, Kofu, Merlin, Moravians, Naya, SG Anser, Sirelia i Sultana wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej w badanych środowiskach. GL Melanie, Moravians, SG Anser i Sirelia były w pierwszej czwórce odmian w większości badanych środowisk pod względem wysokości osadzenia 1.go strąka, dlatego można wnioskować, że wykazywały szeroką adaptację do warunków północnej Polski. Z kolei Kofu, Merlin, Naya i Sultana były w pierwszej czwórce tylko w kilku badanych środowiskach, co może wskazywać, że wykazywały wąską adaptację. W celu potwierdzenia tej tezy obliczono wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 dla poszczególnych odmian (tab. VIII. 22.).

Tabela VIII. 22.

Średnie odmianowe dla wysokości osadzenia 1.go strąka, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$ , oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP

Odmiana	Średnia [cm]	$WAAS_i$ *	Indeks selekcji odmian $GSI_i$ *	$W_i$ TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	10,2 [4]	<b>0,49</b> [1]	<b>5</b>	0,2	0,3	0,2	0,24
Aligator	9,8 [6]	0,78 [8]	14	0,2	0,4	0,2	0,28
Brunensis	9,8 [8]	0,65 [5]	13	0,2	0,2	0,3	0,24
Erica	8,9 [13]	0,60 [3]	16	0	0	0	0
GL Melanie	10,4 [2]	0,96 [12]	14	0,4	<b>0,7</b>	0,4	<b>0,52</b>
Kofu	9,4 [10]	0,71 [6]	16	0	0,2	0,2	0,16
Merlin	9,5 [9]	0,78 [9]	18	0	0,1	0,4	0,2
Moravians	10,4 [3]	0,75 [7]	10	<b>0,8</b>	0,4	0,4	0,48
Naya	9,1 [12]	0,62 [4]	16	0	0	0,2	0,08
Petrina	9,8 [5]	0,54 [2]	7	0,6	0,2	0,4	0,36
SG Anser	<b>10,6</b> [1]	0,96 [13]	14	0,4	0,5	<b>0,5</b>	0,48
Sirelia	9,8 [7]	0,84 [11]	14	0,4	0,3	0,5	0,4
Sultana	9,3 [11]	0,83 [10]	21	0,2	0,3	0	0,16

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\*parametr  $W_i$  TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji; w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Spośród badanych odmian SG Anser miała średnio najwyższej osadzony pierwszy strąk, kolejno niżej GL Melanie, a średnio najniżej Erica. Najwyższą wartość WAAS miały SG Anser i GL Melanie, co świadczy o tym, że były najmniej stabilne pod względem wysokości osadzenia 1.go strąka. Najmniejszą wartość miary stabilności WAAS miała Abelina i pod względem tej cechy była najbardziej stabilna spośród badanych odmian, a kolejno niższe wartości tego parametru miała Petrina (0,54) i Erica (0,60).

Najmniejszą wartość indeksu selekcji uzyskała Abelina (5), a kolejno wyższy Petrina (7) i Moravians (10), co oznacza, że miały średnio najwyżej osadzony pierwszy strąk, a zarazem pod względem tej cechy były najbardziej stabilne spośród badanych odmian. Dlatego ze względu na wyżej osadzony pierwszy strąk, co jest korzystne biorąc pod uwagę mniejsze straty nasion podczas zbioru, odmiany Abelina, Moravians i Petrina należy rekomendować do uprawy w północnej Polsce w tych środowiskach, w których ich okres wegetacji nie przekracza 150 dni. Spośród badanych odmian największe wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 otrzymano dla GL Melanie (0,52), Moravians (0,48), SG Anser (0,48) i Sirelia (0,4) i w większości środowisk odmiany te były w pierwszej czwórce genotypów o najwyższych wartościach tej cechy (tab. VIII. 22.). Świadczy to o ich lepszej zdolności adaptacyjnej od pozostałych odmian. W grupie genotypów wykazujących wąską adaptację do analizowanych środowisk były Naya, Kofu, Sultana i Merlin, dla których wartość wskaźnika  $W_i$  TOP 4 wynosiła odpowiednio 0,08, 0,16, 0,16 i 0,2.

Wykazano, że odmianie Naya najbardziej odpowiadały warunki 2018 Ma, 2018 Ka, 2019 Ch i 2019 NWU, a Kofu 2018 Ma, 2018 Wr, 2019 Ka, 2019 NWU (tab. VIII. 21.). Z kolei odmiana Sultana była w pierwszej czwórce w środowiskach 2017 Gl, 2018 NWU, 2018 Ra i 2018 Wr, natomiast odmianie Merlin odpowiadały siedliska 2018 Krz, 2019 Gl, 2019 Ma i 2019 Wr.

Według Pyzika [1982] środowisko glebowe ma duży wpływ na wysokość osadzenia 1.go strąka. Soja uprawiana na kompleksie pszennym wyżej osadzała strąki niż na żytnim, wyżej na czarnoziemie lessowym niż na madzie i rędzinie. Na wysokość osadzenia najniżej położonych strąków soi nie miało wpływu nawożenie azotowe, szczepienie *Bradyrhizobium japonicum* i stosowanie herbicydów.

Niższe osadzenie dolnych strąków wiąże się z gorszymi warunkami termicznymi podczas wzrostu soi, na co zwraca uwagę Holmberg [1973], Kuperman [1965], Szyrmer

[1968, 1969 a, b i 1971] oraz Wojtysiak i Jasińska [1959]. Tezę tę potwierdzają wyniki badań własnych, a za przykład może posłużyć środowisko Białogard (rys. VIII. 4.).

Jarecki i Bobrecka-Jamro [2015] wykazali, że odmiana Augusta pierwszy strąk zawiązywała średnio na wysokości 11,3 cm, zaś odmiana Aldana o 0,5 cm niżej. Bujak i Frant [2009] podają, że rośliny odmiany Aldana zawiązują pierwsze strąki istotnie niżej (10 cm), niż rośliny odmiany Augusta (11,9 cm), a według Burego i Nawracały [2004] omawianej cechy nie kształtował czynnik genetyczny.

## 5. Masa 1000 nasion

Masę 1000 nasion kształtuje współdziałanie czynnika genetycznego ze środowiskiem, w tym zwłaszcza z układem warunków wilgotnościowo-termicznych. Dotychczasowe wyniki badań dotyczące wpływu masy 1000 nasion na plonowanie soi nie są jednoznaczne. Kaw i Menon [1972] wykazali, że liczba strąków na roślinie ma duży wpływ na plony nasion, natomiast masa 1000 nasion jest ujemnie skorelowana z liczbą strąków i nasion z rośliny oraz wysokością roślin. Pandey i Torrie [1973] podają, że liczba strąków na roślinie, podobnie jak liczba nasion w strąku, jest silnie skorelowana z plonem nasion. Burlamaqul [1975] twierdzi jednak, że wpływ masy 1000 nasion i liczby nasion w strąku na kształtowanie plonu nasion jest niewielki.

Tabela VIII. 23.

Analiza wariancji danych dla masy 1000 nasion z serii doświadczeń odmianowych  
w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		242817			
Odmiany (G)	12	49217	4101	22,42***	20,3
Środowiska (E)	22	145479	6613	36,14***	59,9
GxE	263	48121	183		19,8
IPCA 1	33	14430	437	4,31***	30,3
IPCA 2	31	7973	257	2,54***	16,6
IPCA 3	29	6094	210	2,07**	12,7
IPCA 4	27	5122	190	1,87*	10,6
Błąd	143	14502	101		

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$



W badaniach własnych średnie masy 1000 nasion soi dla środowisk (miejscowości x lata) różniły się istotnie, a efekty główne środowisk wyjaśniały 59,9% całkowitej sumy kwadratów i w największym stopniu determinowały zmienność masy 1000 nasion (tab. VIII. 23.).

Z analizy wariancji wynika, że średnie dla odmian różniły się istotnie, a różnice międzyodmianowe wyjaśniały 20,3% całkowitej sumy kwadratów.

Również efekty interakcji GxE były istotne i wyjaśniały 19,8% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA) wyjaśniały 69,9% zmienności efektów interakcji odmian ze środowiskami (interakcji GxE) dla masy 1000 nasion. Pierwsza składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 30,3% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 16,6%, IPCA 3 za 12,7%, zaś IPCA 4 za 10,6% zmienności efektów interakcji GxE.

Procent wyjaśnianej zmienności całkowitej przez efekty główne dla odmian jest nieznacznie większy niż procent wyjaśnianej zmienności całkowitej przez efekty interakcyjne, co może wskazywać na genetyczne podłoże tej cechy.

Wśród badanych genotypów były odmiany, które wykazują duży stopień szerokiej adaptacyjności oraz odmiany o wąskiej adaptacji do warunków w niektórych środowiskach. Na podstawie poprawionych średnich za pomocą modelu AMMI zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji o postaci odmiana x środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian, pod względem masy 1000 nasion (rys. VIII. 7. - VIII. 9.).

Na rys. VIII. 7. zamieszczono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem masy 1000 nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

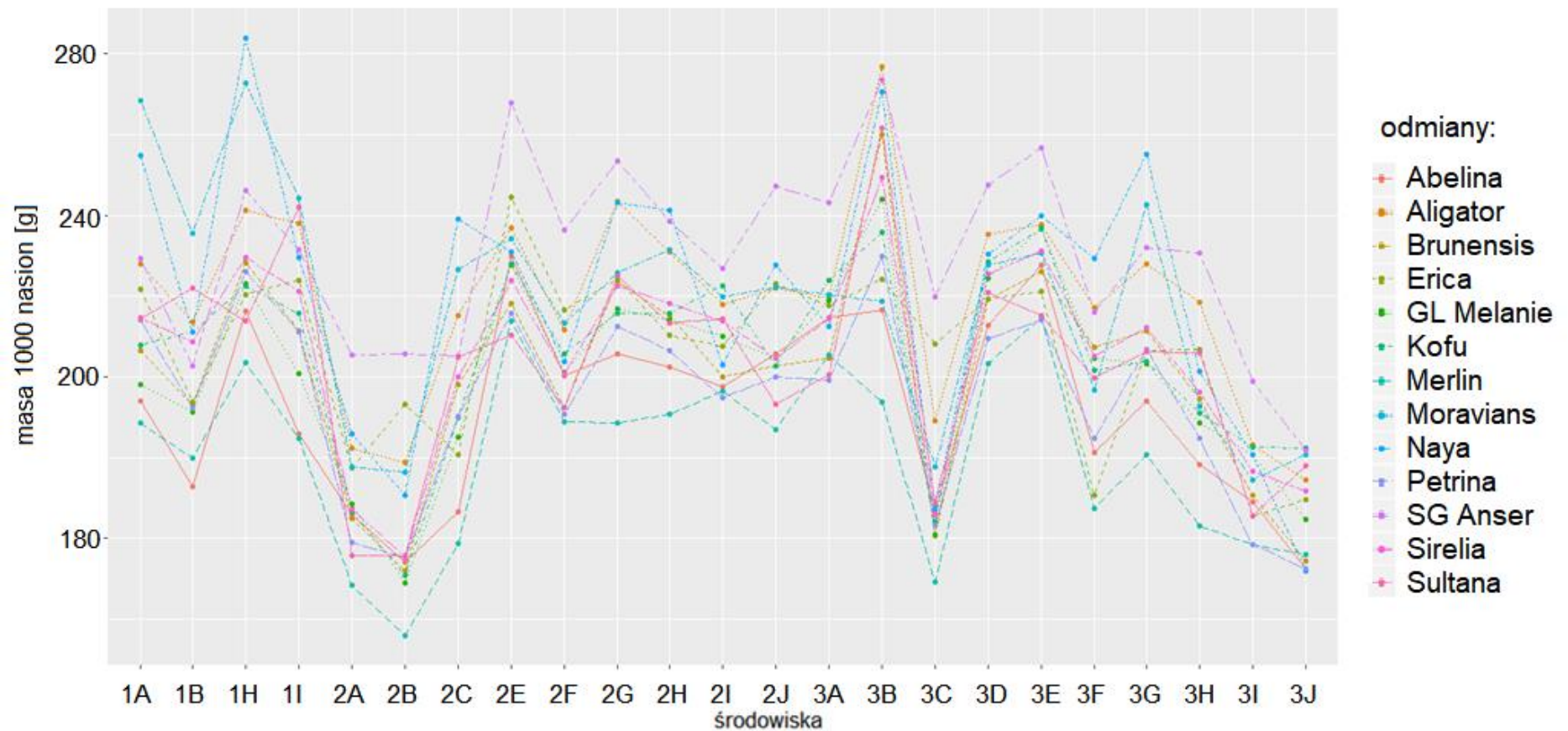
Na rys. VIII. 8. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem masy 1000 nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

Rys. VIII. 9. ilustruje wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem masy 1000 nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem jakości i przydatności

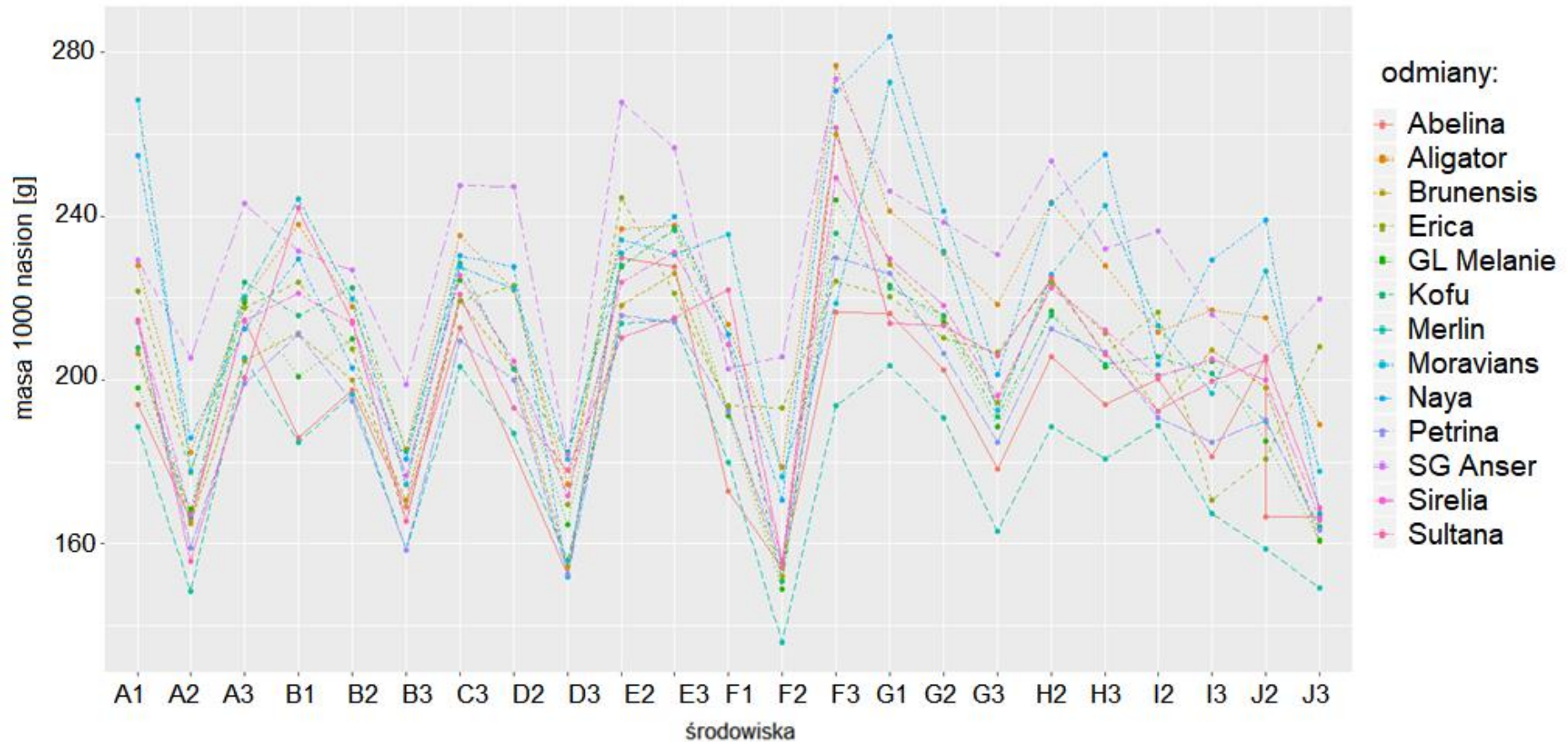


rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

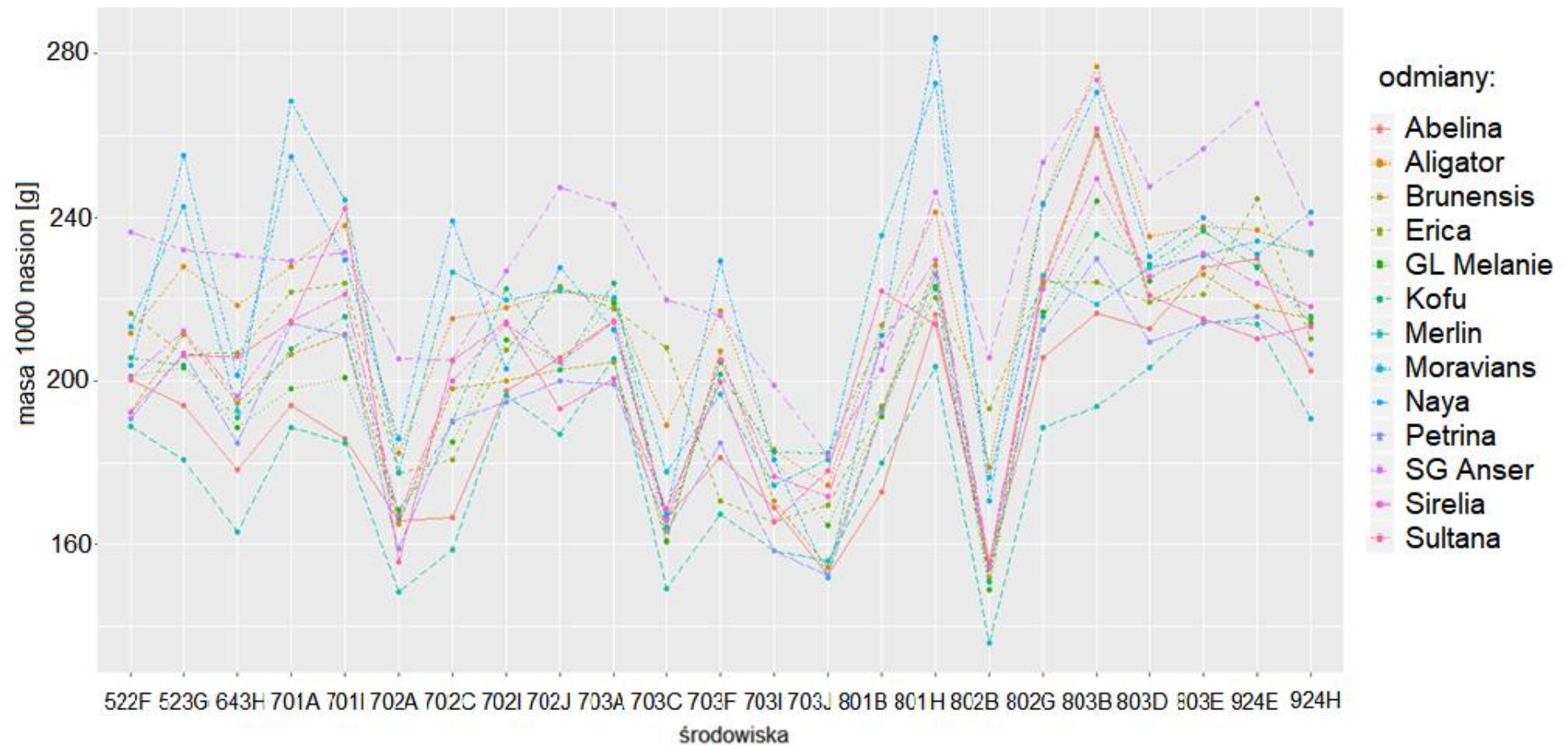
W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agroekosystemach obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4, oznaczony symbolem  $W_i$  (tab. VIII. 24.).



**Rys. VIII. 7.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, masy 1000 nasion, w której środowiska zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (od południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejne lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Swiebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wrócikowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.



**Rys. VIII. 8.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, masy 1000 nasion, w której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejne lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Białogard - B, Nowa Wieś Ujska - C, Karzniczka - D, Chrzastowo - E, Głębokie - F, Radostowo - G, Wróćkowo - H, Marianowo - I i Krzyżewo - J.



**Rys. VIII. 9.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian, masy 1000 nasion, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 52, 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 kolejne lata 2017, 2018, 2019, natomiast litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wrócikowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.

Tabela VIII. 24.

Średnie środowiskowe dla masy 1000 nasion oraz nazwy pierwszych czterech odmian w badanych środowiskach

Środowisko	Średnia [g]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla masy 1000 nasion			
			1	2	3	4
2017 B	219	-1,875	Moravians	Sultana	Aligator	SG Anser
2017 Gl	202	-2,161	Moravians	Sultana	Aligator	Kofu
2017 Ra	233	-3,691	Naya	Moravians	SG Anser	Aligator
2017 Św	219	-3,298	Moravians	Naya	SG Anser	Aligator
2018 B	210	1,403	SG Anser	Kofu	Moravians	Aligator
2018 Ch	229	3,004	SG Anser	Erica	Aligator	Moravians
2018 Gl	164	1,935	SG Anser	Erica	Aligator	Moravians
2018 Ka	211	1,22	SG Anser	Naya	Erica	Moravians
2018 Krz	197	-4,408	Naya	Moravians	Aligator	SG Anser
2018 Ma	204	2,453	SG Anser	Erica	Moravians	Aligator
2018 Ra	218	-1,01	Naya	SG Anser	Moravians	Aligator
2018 Św	171	1,25	SG Anser	Naya	Aligator	Moravians
2018 Wr	223	-0,428	SG Anser	Aligator	Naya	Moravians
2019 B	174	1,337	SG Anser	Aligator	Kofu	Naya
2019 Ch	230	1,418	SG Anser	Naya	Aligator	GL Melanie
2019 Gl	243	-1,788	Aligator	SG Anser	Naya	Sultana
2019 Ka	167	1,736	Kofu	SG Anser	Moravians	Sultana
2019 Krz	174	3,415	SG Anser	Erica	Aligator	Moravians
2019 Ma	199	-2,001	Naya	Aligator	SG Anser	Brunensis
2019 NWU	223	0,832	SG Anser	Aligator	Naya	Kofu
2019 Ra	196	0,939	SG Anser	Aligator	Erica	Sultana
2019 Św	215	2,663	SG Anser	Kofu	Moravians	Aligator
2019 Wr	214	-2,943	Naya	Moravians	SG Anser	Aligator

Białogard (B), Chrząstowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz), Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św), Wrócikowo (Wr)

Wykazano, że w większości środowisk Aligator, Moravians, Naya, SG Anser były zawsze w pierwszej czwórce najlepszych odmian, dlatego można wyciągnąć wniosek, że wykazywały one większą zdolność adaptacyjną niż pozostałe genotypy. Inny schemat adaptacji do warunków występujących w badanych środowiskach można zaobserwować dla Brunensis, GL Melanie, Kofu i Sultana, które były w pierwszej czwórce tylko w kilku wybranych agroekosystemach, co może sugerować, że te genotypy wykazywały wąską adaptację do warunków występujących w Polsce północnej. W celu określenia schematu adaptacji obliczono wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 dla poszczególnych odmian (tab. VIII. 25.).

Tabela VIII. 25.

Średnie odmianowe masy 1000 nasion, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$ , oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP 4

Odmiana	Średnia [g]	$WAAS_i^*$	Indeks selekcji odmian $GSI_i^*$	$W_i$ TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	192 [12]	2,26 [9]	21	0	0	0	0
Aligator	219 [3]	1,24 [4]	<b>7</b>	<b>1</b>	0,89	<b>0,9</b>	<b>0,91</b>
Brunensis	201 [10]	1,37 [5]	15	0	0	0,1	0,04
Erica	206 [5]	3,29 [13]	18	0	0,44	0,2	0,26
GL Melanie	201 [9]	1,58 [6]	15	0	0	0,1	0,04
Kofu	205 [7]	1,11 [3]	10	0,25	0	0,2	0,13
Merlin	181 [13]	1,90 [8]	21	0	0	0	0
Moravians	218 [4]	3,18 [11]	15	<b>1</b>	<b>1</b>	0,4	0,74
Naya	220 [2]	3,27 [12]	14	0,5	0,56	0,6	0,56
Petrina	194 [11]	0,75 [2]	13	0	0	0	0
SG Anser	<b>230 [1]</b>	1,77 [7]	8	0,75	0,78	0,9	0,82
Sirelia	206 [6]	<b>0,74 [1]</b>	<b>7</b>	0	0	0	0
Sultana	203 [8]	2,29 [10]	18	0,5	0	0,3	0,22

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\*parametr  $W_i$  TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji;

w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Spośród badanych odmian, SG Anser miała najwyższą średnią masę 1000 nasion, niższą Naya, a najniższą Merlin (tab. VIII. 25.).

Najniższa wartość miary stabilności WAAS była u odmiany Sirelia, co świadczy o tym, że jej masa 1000 nasion była najbardziej stabilna. Kolejno wyższe wartości miary stabilności miały Petrina (0,75) oraz Kofu (1,11), a najwyższą Erica (3,29), która była najmniej stabilna.

Najmniejszą wartość indeksu selekcji (7) miały Aligator i Sirelia, nieco wyższą SG Anser (8), co oznacza, że te genotypy miały najwyższą średnią masę 1000 nasion, a zarazem były najbardziej stabilne spośród badanych odmian.

Wskaźnik  $W_i$  TOP 4 wyznaczony na podstawie 3-letnich badań był najwyższy u Aligator, a następnie kolejno niższy u Moravians, Naya, SG Anser, co wskazuje na ich większą zdolność adaptacyjną niż pozostałych odmian. Ponadto, tylko w przypadku odmiany Moravians można zauważyć znaczący spadek wartości tego współczynnika w roku 2019, a u pozostałych genotypów wartości tego wskaźnika były porównywalne w poszczególnych latach.

Najniższe wartości wskaźnika  $W_i$  TOP 4 otrzymano dla odmian Brunensis i GL Melanie ( $W_i$  TOP 4 = 0,04). Odmiana Brunensis wykazywała wąską adaptację do warunków występujących w miejscowości Marianowo w 2019. Z kolei odmiana GL Melanie wykazywała specyficzną adaptację do warunków w Chrzastowie w 2019.

Dla Kofu wartość wskaźnika  $W_i$  TOP 4 wynosiła 0,13, co świadczy, że ten genotyp wykazywał wąską adaptację, a ponadto wykazano adaptację tej odmiany do warunków w środowiskach 2017 G1, 2018 B, 2019 B, 2019 Ka, 2019 NWU.

Odmiana Sultana ( $W_i$  TOP 4 = 0,22), wykazywała specyficzną adaptację do warunków występujących w środowiskach 2017 B, 2017 G1, 2019 G1, 2019 Ka.

Kotecki i Lewandowska [2020] wykazali, że masę 1000 nasion ośmiu odmian soi w większym stopniu różnicował czynnik genetyczny niż zróżnicowany w latach układ warunków wilgotnościowo-termicznych.

Według Jareckiego i Bobreckiej-Jamro [2015] liczba strąków na roślinie i liczba nasion w strąku nie zależą od czynnika odmianowego, natomiast warto podkreślić, że odmiana Aldana wykształciła nasiona o większej MTN w porównaniu z Augusta.

Filoda i Mrówczyński [2016] wykazali, że MTN odmiany Aldana wyniosła powyżej 170 g. Bury i Nawracała [2004] uzyskali zbliżoną dorodność nasion u odmian Augusta i Aldana, przy czym ich MTN wynosiła tylko 135 g. Bujak i Frant [2009] dodają,



że masa 1000 nasion jest wielkością uwarunkowaną genetycznie, ale też modyfikowaną warunkami siedliska.

W badaniach własnych wykazano, że masę 1000 nasion w większym stopniu kształtowało siedlisko niż czynnik genetyczny.

## 6. Plon nasion

Plon i jego jakość podlegają istotnym wahaniom pod wpływem warunków środowiskowych i agrotechnicznych [Pyzik 1982, Rahman i in. 2011]. Z tych ostatnich największy wpływ na plon wywiera termin i gęstość siewu oraz nawożenie i ochrona roślin [Bobrecka-Jamro i in. 1995, Jasińska i in. 1987, Kotecki i Lewandowska 2020, Pyzik i in. 1987].

Tabela VIII. 26.

Analiza wariancji danych dla plonu nasion soi z serii doświadczeń odmianowych  
w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		41537			
Odmiany	12	867	72,3	4,90***	2,1
Środowiska	22	35866	1630,3	11,66***	86,3
GxE	263	3874	14,7		9,3
IPCA 1	33	1168	35,4	5,44***	30,1
IPCA 2	31	860	27,7	4,26***	22,2
IPCA 3	29	464	16,0	2,46***	12,0
IPCA 4	27	453	16,8	2,58***	11,7
Błąd	143	930	6,5		

\*\*\*  $P < 0,001$

Średnie dla plonu nasion dla środowisk (miejscowości x lata) różniły się istotnie, a efekty główne środowisk wyjaśniały 86,3% całkowitej sumy kwadratów (tab. VIII. 26.) i w największym stopniu decydowały o zmienności plonu nasion.

Z analizy wariancji wynika, że średnie dla odmian różniły się w sposób istotny, a różnice międzyodmianowe wyjaśniały 2,1%, natomiast efekty interakcji GxE 9,3% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA)

wyjaśniały 76% zmienności efektów interakcji odmian ze środowiskami (interakcji GxE). Pierwsza składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 30,1% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 22,2%, IPCA 3 za 12%, zaś IPCA 4 za 11,6% zmienności efektów interakcji GxE.

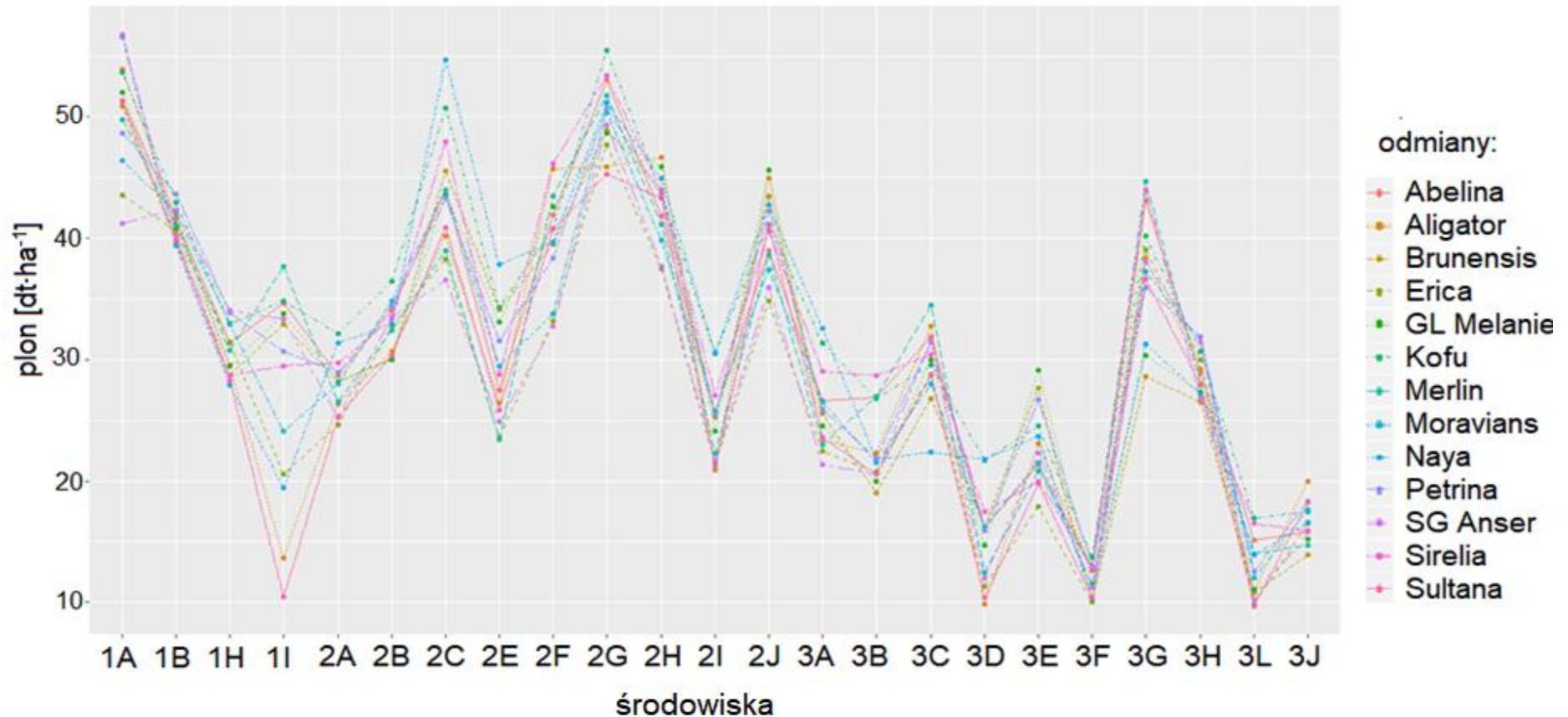
Procent wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty interakcyjne jest większy niż procent wyjaśnianej całkowitej zmienności przez efekty główne dla odmian. Reakcja plonu nasion (najważniejszej cechy charakteryzującej syntetycznie i miarodajnie adaptacyjność poszczególnych odmian do zróżnicowanych warunków przyrodniczych) odmian soi na warunki glebowo-pogodowe była wyraźnie nierównoległa (niezgodna) i położona na różnym średnim poziomie (co wynika z istotnego zróżnicowania średnich odmianowych). Oznacza to, że odmiany wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej do badanych środowisk. Dlatego wśród rozpatrywanych odmian mogą być takie, które wykazują duży stopień szerokiej adaptacyjności oraz odmiany o wąskiej adaptacji do warunków siedliskowych północnej Polski. W tym celu, na podstawie poprawionych średnich, za pomocą modelu AMMI, zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji odmiana x środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem plonu nasion na środowiska (rys. VIII. 10. - VIII. 12.).

Na rys. VIII. 10. przedstawiono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem plonu nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

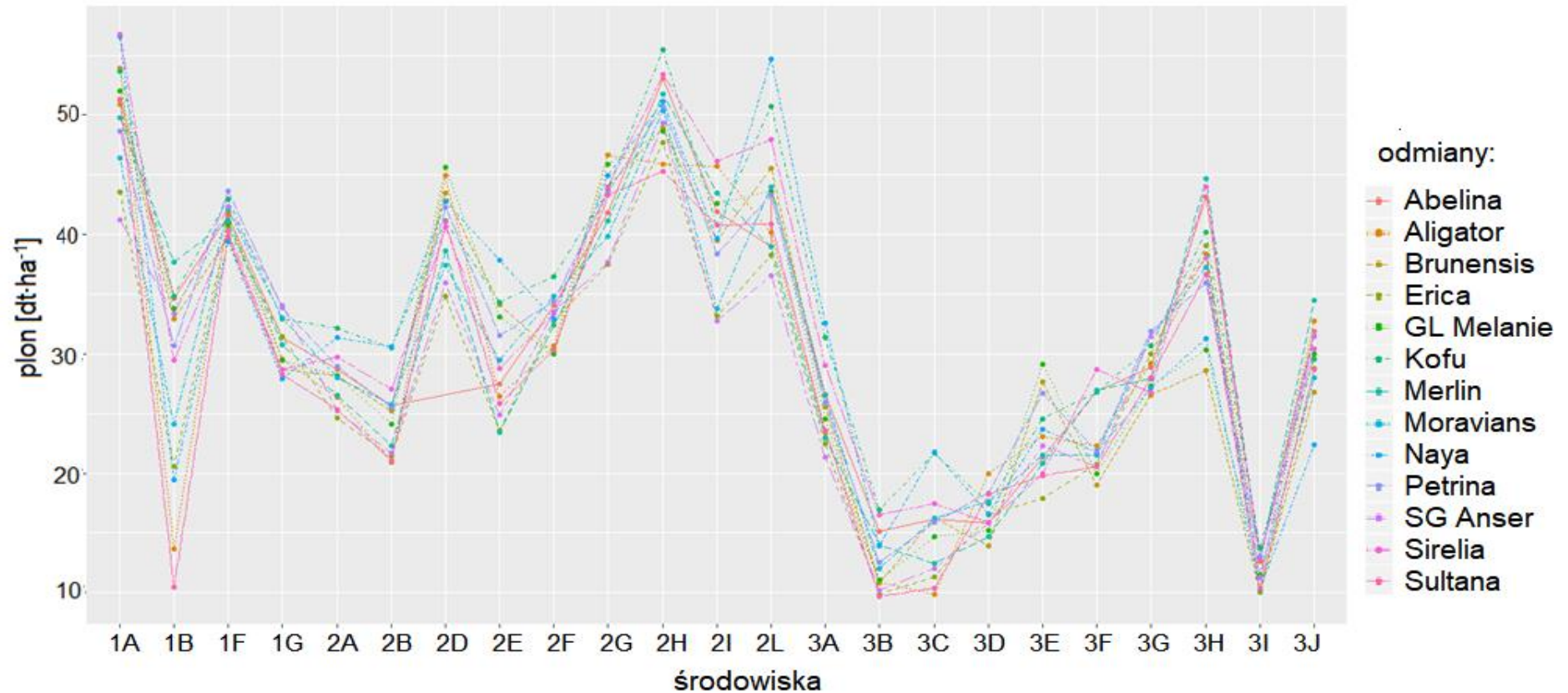
Na rys. VIII. 11. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem plonu nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

Na rys. VIII. 12. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem plonu nasion na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

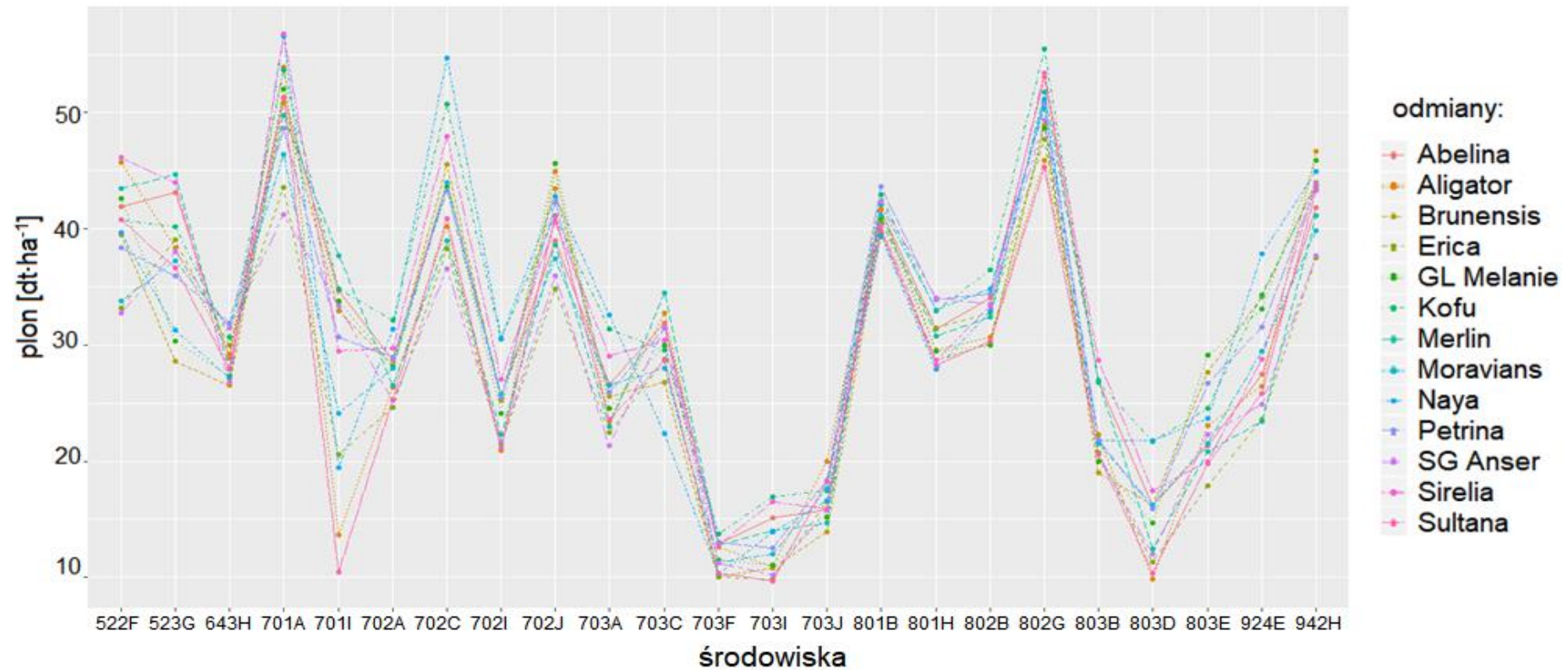
Analizując rys. VIII. 10. - VIII. 12. można znaleźć odmiany, które były w pierwszej czwórce najlepszych genotypów w większości środowisk oraz takie, które były najlepsze w kilku środowiskach, co podsumowano w tab. VIII. 27.



**Rys. VIII. 10.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian pod względem plonu nasion, w której miejscowości uporządkowano względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejne lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wróćkowo - G, Radostowo - H, Białogard - I, Karzniczka - J.



**Rys. VIII. 11.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian plonu nasion, w której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają kolejne lata 2017, 2018 i 2019, litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Białogard - B, Nowa Wieś Ujska - C, Karzniczka - D, Chrzastowo - E, Głębokie - F, Radostowo - G, Wróćkowo - H, Marianowo - I i Krzyżewo - J.



**Rys. VIII. 12.** Łamana funkcja adaptacyjności dla odmian plonu nasion, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 52, 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 kolejne lata 2017, 2018, 2019, natomiast litery A, B, C, D, E, F, G, H, I, J miejscowości: Świebodzin - A, Głębokie - B, Krzyżewo - C, Nowa Wieś Ujska - D, Chrzastowo - E, Marianowo - F, Wrócikowo - G, Radostowo - H, Białogard - I i Karzniczka - J.

Tabela VIII. 27.

Średnie środowiskowe dla plonu nasion oraz nazwy pierwszych czterech odmian soi  
 nadrzędnie plonujących w poszczególnych środowiskach

Środowisko	Średnia [dt ha <sup>-1</sup> ]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla plonu nasion			
			1	2	3	4
2017 B	27,4	-3,1776	Merlin	Kofu	Abelina	GL Melanie
2017 Gl	41,2	-0,5359	Petrina	Kofu	SG Anser	Moravians
2017 Ra	30,8	-1,0217	SG Anser	Petrina	Moravians	Kofu
2017 Św	50,5	1,6727	Sirelia	Naya	Aligator	Kofu
2018 B	24,7	0,6638	Naya	Kofu	Sirelia	Moravians
2018 Ch	29,3	1,7239	Naya	Kofu	Brunensis	GL Melanie
2018 Gl	32,8	-0,5498	Kofu	Moravians	Petrina	Abelina
2018 Ka	40,6	1,1614	GL Melanie	Aligator	Brunensis	Naya
2018 Krz	43,8	1,9019	Naya	Kofu	Sirelia	Brunensis
2018 Ma	39,9	0,5526	Sirelia	Aligator	Merlin	GL Melanie
2018 Ra	42,6	1,0406	Aligator	GL Melanie	Naya	Brunensis
2018 Św	28,0	0,4401	Kofu	Naya	Sirelia	Petrina
2018 Wr	50,1	-0,5508	Kofu	Sirelia	Abelina	Merlin
2019 B	12,6	-0,191	Kofu	Sirelia	Abelina	Merlin
2019 Ch	23,0	0,4459	GL Melanie	Brunensis	Petrina	Kofu
2019 Gl	22,9	-0,7366	Sirelia	Merlin	Abelina	Kofu
2019 Ka	16,6	0,1284	Aligator	Petrina	Sultana	Moravians
2019 Krz	29,8	-1,5209	Merlin	Aligator	Abelina	SG Anser
2019 Ma	11,7	-0,4389	Kofu	Petrina	Abelina	Merlin
2019 NWU	15,1	0,7146	Naya	Kofu	Sirelia	Moravians
2019 Ra	29,0	-0,672	Petrina	SG Anser	Moravians	Kofu
2019 Św	25,9	0,9862	Naya	Kofu	Sirelia	Abelina
2019 Wr	37,5	-2,0368	Merlin	Sirelia	Abelina	Kofu

Białogard (B), Chrzastowo (Ch), Głębokie (Gl), Karzniczka (Ka), Krzyżewo (Krz),  
 Marianowo (Ma), Nowa Wieś Ujska (NWU), Radostowo (Ra), Świebodzin (Św),  
 Wrócikowo (Wr)

Odmiany: Abelina, Aligator, Kofu, Naya, SG Anser, Sirelia i Sultana wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej w badanych środowiskach. Abelina, Kofu, Naya, i Sirelia były zawsze w pierwszej czwórce najlepszych odmian w większości środowisk, co może sugerować ich większą zdolność adaptacyjną do badanych środowisk. Odmiany: Aligator, SG Anser i Sultana były w pierwszej czwórce najlepszych odmian tylko w kilku analizowanych środowiskach, co wskazuje na wąski model reakcji adaptacyjnej.

Średnie plony, miary stabilności, indeksy selekcji odmian oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej i-tej odmiany zawiera tab. VIII. 28.

Tabela VIII. 28.

Średnie odmianowe dla plonów nasion, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$ , oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i TOP 4$

Odmiana	Średnia [dt ha <sup>-1</sup> ]	$WAAS_i$ *	Indeks selekcji odmian $GSI_i$ *	$W_i TOP 4$			
				2017**	2018**	2019**	2017- 2019*
Abelina	31,9 [3]	0,86 [5]	8	0,25	0,22	0,6	0,39
Aligator	30,0 [10]	1,65 [12]	22	0,5	0,22	0,2	0,26
Brunensis	30,3 [8]	1,38 [8]	16	0	0,44	0,1	0,22
Erica	27,7 [13]	1,16 [6]	19	0	0	0	0
GL Melanie	30,9 [6]	1,21 [7]	13	0,25	0,44	0,1	0,26
Kofu	<b>34,0 [1]</b>	0,80 [4]	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,67</b>	<b>0,8</b>	<b>0,78</b>
Merlin	30,9 [7]	1,48 [11]	18	0,25	0,22	0,5	0,35
Moravians	30,1 [9]	0,52 [2]	11	0,5	0,22	0,2	0,26
Naya	31,8 [4]	2,06 [13]	17	0,25	0,67	0,2	0,39
Petrina	31,7 [5]	<b>0,51 [1]</b>	6	0,5	0,22	0,3	0,30
SG Anser	28,8 [11]	1,46 [10]	21	0,25	0	0,2	0,13
Sirelia	31,5 [2]	0,54 [3]	<b>5</b>	0,25	0,56	0,5	0,48
Sultana	28,3 [12]	1,41 [9]	21	0	0	0,1	0,04

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\* parametr  $W_i TOP 4$  obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji;

w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Spośród badanych odmian, Kofu miała najwyższy średni plon, kolejno niższy Sirelia, a najniższy Erica (tab. VIII. 28.). Najmniejszą wartość WAAS otrzymano dla odmiany Petrina, co oznacza, że była najbardziej stabilna pod względem plonu. Kolejnymi odmianami pod względem stabilności były Moravians (0,52) i Sirelia (0,54), najbardziej niestabilna była Naya (2,06).

Najmniejszą wartość indeksu selekcji odmian uzyskano dla Kofu i Sirelia. Oznacza to, że te dwie odmiany były najwyżej średnio plonującymi i najbardziej stabilnymi spośród badanych genotypów, a trzecią w kolejności była Petrina. Wymienione wyżej odmiany wykazały duży stopień szerokiej adaptacji do warunków przyrodniczych północnej Polski.

Najwyższe wartości wskaźnika  $W_i$  dla całego okresu badań uzyskano dla odmian Abelina, Kofu, Naya, i Sirelia. Wskaźnik  $W_i$  wynosił odpowiednio 0,39, 0,78, 0,39 i 0,48. Wartości wskaźnika  $W_i TOP 4$  dla Kofu i Sirelia były w latach zbliżone. Z drugiej strony, można wskazać odmiany, które wykazywały wąską adaptację do warunków środowiska. Najniższą niezerową wartość wskaźnika  $W_i TOP 4$  otrzymano dla Brunensis (0,04), co wskazuje na wąską adaptację do warunków północnej Polski. Odmiana ta była w pierwszej czwórce w środowiskach 2018 Ch, 2018 Ka, 2018 Krz, 2018 Ra i 2019 Ch (tab. VIII. 27.), które charakteryzowały się wysokimi temperaturami w ciągu całego okresu wegetacji oraz sumą miesięcznych opadów podczas wykształcania strąków na poziomie średniej wieloletniej lub nieco poniżej, a ponadto preferowała jakość i przydatność rolniczą gleby większą od 70.

Wskaźnik  $W_i TOP 4$  dla odmiany Aligator wynosił 0,26, co wskazuje na specyficzną adaptację do warunków w środowiskach 2017 Św, 2018 Ka, 2018 Ma, 2019 Ka i 2019 Krz. Z kolei, odmiana SG Anser ( $W_i TOP 4 = 0,13$ ) była w pierwszej czwórce najlepszych odmian w środowiskach 2017 Gl, 2017 Ra, 2019 Krz i 2019 Ra. Odmianie GL Melanie najlepiej odpowiadały warunki występujące w środowiskach 2017 B, 2018 Ka, 2018 Ma, 2018 Ra i 2019 Ch (tab. VIII. 27.).

Plon nasion soi kształtuje liczba węzłów na pędzie głównym, liczba strąków na 1 węźle, liczba i masa nasion w strąku [Shroyer 1980]. Dzięki zjawisku kompensacji zmiana jednego parametru pociąga za sobą zmianę innego. Zmniejszenie liczby strąków u soi, przez ich usunięcie powodowało wzrost masy nasion w strąkach [McAlister i Krober 1958] i w niewielkim stopniu obniżało plony nasion.



Kaw i Menon [1972] wykazali, że liczba strąków na roślinie ma duży wpływ na plony nasion oraz, że masa 1000 nasion była ujemnie skorelowana z liczbą strąków i nasion z rośliny oraz wysokością roślin. Pandey i Torrie [1973] podają, że liczba strąków na roślinie, podobnie jak liczba nasion w strąku, jest silnie skorelowana z plonem nasion. Burlamaqui [1975] twierdzi jednak, że wpływ masy 1000 nasion i liczby nasion w strąku na kształtowanie plonu nasion jest niewielki. Pookpakdi [1978] podkreśla, że liczba strąków na roślinie jest najważniejszym składnikiem plonu.

De Bruin i Pedersen [2008] dowiedli, że wczesny termin siewu wykonany na przełomie kwietnia i maja wpływa istotnie na wzrost plonu i dochodów z 1 ha, jednakże nie wykazano istotnej różnicy przyrostu plonu i wyniku finansowego, przy zwiększeniu ilości wysiewu z 18 do 56 nasion na 1 m<sup>2</sup>.

Soja wymaga gleb o dobrych stosunkach powietrzno-wodnych i dobrej strukturze, nie toleruje gleb podmokłych, ciężkich iłów i głębokich piasków [Dybowicz 1955, Herse i Szyrmer 1968, Woynarowska 1972].

Wielu autorów [Kocur 1975, Lityński 1967, Mackiewicz 1965, Tabin i Hetman 1971] uważa, że soja jest typową rośliną gleb średnio zwięzłych. Daje wysoki plon nasion na czarnoziemach lessowych, bielcowych, glebach brunatnych wytworzonych z lessów i innych średniozwięzłych glebach oraz madach.

Pyzik [1982] wykazał, że plon nasion uzyskany w tych samych warunkach klimatycznych był wyższy średnio o 39% na kompleksie pszennym dobrym niż na kompleksie żytnim dobrym, przy czym różnica ta zmniejszała się w latach o dużej sumie opadów.

W badaniach własnych w Radostowie, soję uprawiano w 2017 roku na glebie o jakości i przydatności rolniczej zwaloryzowanej na 64, a w 2019 roku na 94 punkty. W stanowisku z lepszą glebą (jakość i przydatność rolnicza gleby 94), średni plon nasion soi był o 40% wyższy w porównaniu z glebą słabszą (jakość i przydatność rolnicza gleby 64). Zbliżone wyniki uzyskano we Wróćkowie, gdyż średnie plony nasion soi uprawianej na dobrej glebie (jakość i przydatność rolnicza gleby 80) w porównaniu ze słabszym stanowiskiem (jakość i przydatność rolnicza gleby 52) były o 33% wyższe. Wykazano również specyficzną reakcję odmian soi na warunki glebowe. Między innymi odmiana *Brunensis* preferowała gleby wycenione względem jakości i przydatności rolniczej na 70.

Popovic i in. [2013] wykazali, że na zasobnych czarnoziemach, wytworzonych na lessowych utworach w południowo-wschodniej Serbii, plon nasion, białka i tłuszczu dla 5 badanych odmian soi z grupy wczesności 0 był ściśle skorelowany z sumą opadów i temperaturą. Najwyższe plony uzyskano w roku, w którym suma opadów była wyższa o 60 mm, a średnia dobowa temperatura niższa o 1°C od średniej z badanego trzylecia.

Wielu autorów [Bobrecka-Jamro i Pizło 1996, Bujak i Frant 2009, Bury i Nawracała 2004, Kołodziej i Pisulewska 2000, Lorenc-Kozik i Pisulewska 2003, Michałek i Borowski 2006] wykazało, że plon nasion soi jest uzależniony od przebiegu warunków pogodowych.

Wyniki badań własnych potwierdziły dużą wrażliwość soi na układ warunków wilgotnościowo-termicznych podczas wegetacji (tab. VIII. 29.) i wskazują na to, że niedobór wody może być głównym czynnikiem limitującym wielkość plonu soi, a nie jak podaje Łykowski [1984] temperatura.

Tabela VIII. 29.

Wpływ przebiegu pogody w okresie IV – X na kształtowanie cech morfologicznych  
i plonów nasion soi

Lata	Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia 1.go strąka [cm]	Masa 1000 nasion [g]	Plon nasion [dt ha <sup>-1</sup> ]	Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji [°C]	Suma opadów w okresie wegetacji [mm]	Średnia wieloletnia temperatura powietrza w okresie wegetacji [°C]	Średnia wieloletnia suma opadów w okresie wegetacji [mm]
2017	98	10,7	218	37,5	14,2	601	14,3	402
2018	78	10,8	203	36,9	15,9	328	14,2	418
2019	68	8,4	204	22,4	14,7	343		

Tabela VIII. 30.

Wpływ jakości i przydatności rolniczej gleby na kształtowanie cech  
morfologicznych i plonów nasion soi na tle układu warunków  
wilgotnościowo-termicznych

Jakość i przydatność rolnicza gleby	Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia 1.go strąka [cm]	Masa 1000 nasion [g]	Plon nasion [dt ha <sup>-1</sup> ]	Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji [°C]	Suma opadów w okresie wegetacji [mm]
70 (A)	77,3	8,7	196	28,3	15,0	424
80 (B)	76,9	10,1	217	30,8	15,0	354
Zmiana [%] A/B	- 0,5	16,1	10,7	8,8	-	-

Soja uprawiana na glebach zwaloryzowanych pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby na 80 punktów w porównaniu z 70 punktami osadzała wyżej pierwszy strąk o 16,1%, miała większą masę 1000 nasion o 10,7% oraz wyższe plony nasion o 8,8%, pomimo, że suma opadów w okresie wegetacji w tych środowiskach była o 20% niższa. Przyczyną tego stanu był fakt, że gleby zwaloryzowane na 70 punktów były utworzone z utworów piaszczystych, a 80 punktów uzyskały gleby utworzone z utworów pochodzenia gliniastego (tab. VIII. 30.). Ze względu na małą liczebność grup nie porównywano gleb zwaloryzowanych pod względem jakości i przydatności rolniczej na 52, 64 i 94 punkty.

## 7. Zawartość białka

Podstawowym materiałem zapasowym w nasionach soi jest białko, którego zawartość uwarunkowana jest genetycznie i kształtowana jest przez układ warunków wilgotnościowo-termicznych, glebę i czynniki agrotechniczne, z których najistotniejszą rolę odgrywa aktywne współżycie z bakteriami brodawkowymi z rodzaju *Bradyrhizobium* i nawożenie azotem.

Tabela VIII. 31.

Analiza wariancji dla zawartości białka w nasionach z serii doświadczeń odmianowych  
w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		198880,0			
Odmiany (G)	12	10040,0	836,67	6,16***	5,1
Środowiska (E)	10	172667,0	17266,70	127,07***	86,8
GxE	119	16170,0	135,88		8,1
IPCA 1	21	6890,0	328,10	6,76***	42,6
IPCA 2	19	3440,0	181,05	3,73***	21,3
IPCA 3	17	1980,0	116,47	2,40**	12,2
IPCA 4	15	1570,0	104,67	2,16*	9,7
Błąd	47	2280,0	48,51		

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$

Średnie dla zawartości białka w nasionach dla środowisk (miejscowości x lata) różniły się istotnie, a efekty główne środowisk wyjaśniały 86,8% całkowitej sumy kwadratów (tab. VIII. 31.) i w największym stopniu decydowały o zmienności zawartości białka w nasionach.

Z analizy wariancji wynika, że średnie dla odmian różniły się w sposób istotny, a różnice międzyodmianowe wyjaśniały 5,1%, natomiast efekty interakcji GxE 8,1% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA) wyjaśniały ponad 85% zmienności efektów interakcji odmian ze środowiskami (interakcji GxE). Pierwsza składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 42,6% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 21,3%, IPCA 3 za 12,2%, zaś IPCA 4 za 9,7% zmienności efektów interakcji GxE.

Procent zmienności całkowitej wyjaśnianej przez efekty główne dla odmian był niższy niż procent wyjaśnianej zmienności przez efekty interakcyjne. Z tego wynika, że badane odmiany wykazywały różne modele reakcji adaptacyjnej do badanych środowisk.

Dlatego wśród analizowanych odmian mogą być takie, które wykazują duży stopień szerokiej adaptacyjności oraz genotypy o wąskiej adaptacji do warunków występujących w niektórych środowiskach. Na podstawie poprawionych za pomocą modelu AMMI średnich zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji o postaci odmiana x środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem zawartości białka na środowiska (rys. VIII. 13. - VIII. 15.).

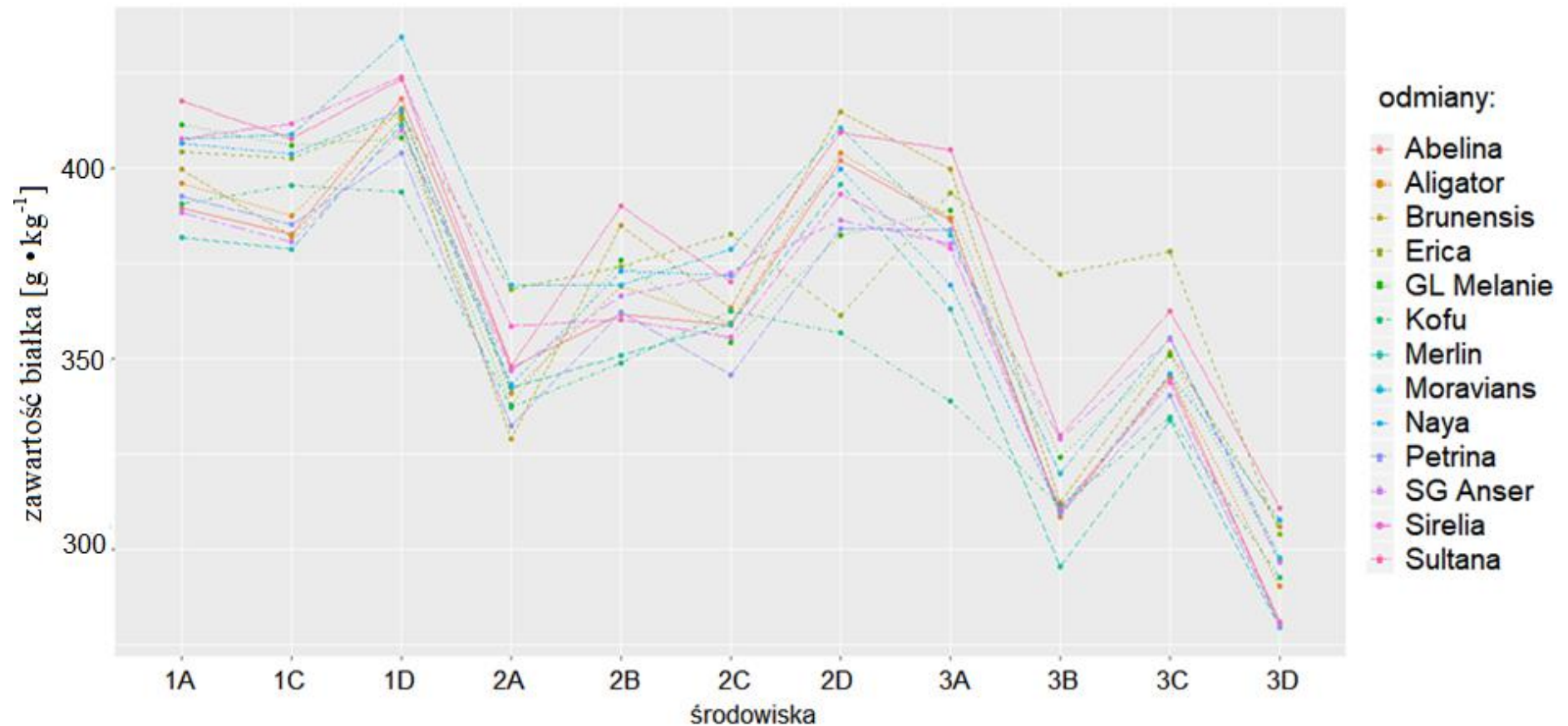
Rys. VIII. 13. przedstawia wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości białka w nasionach na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

Rys. VIII. 14. obrazuje wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości białka w nasionach na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

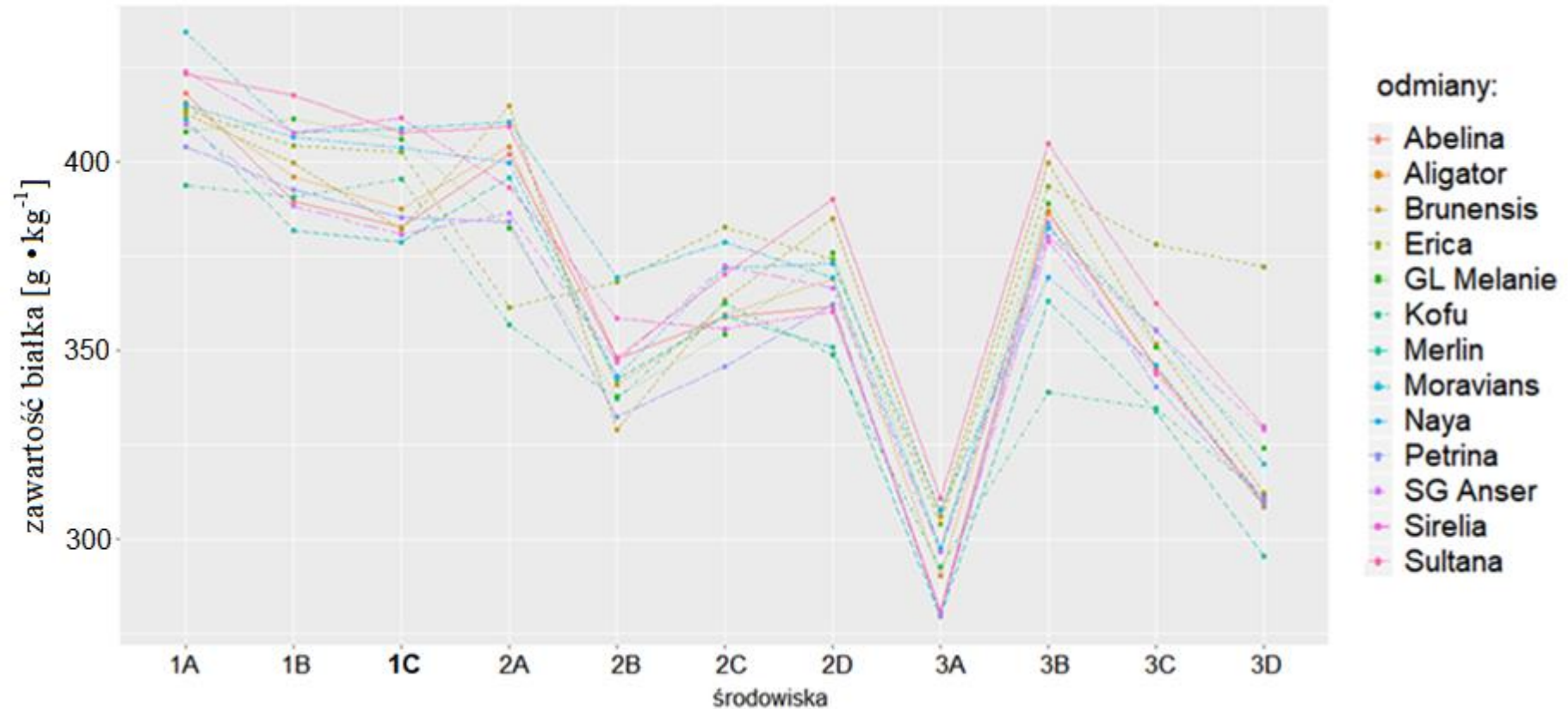
Rys. VIII. 15. opisuje wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości białka w nasionach na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat miejscowości uszeregowano pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agroekosystemach, obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4.

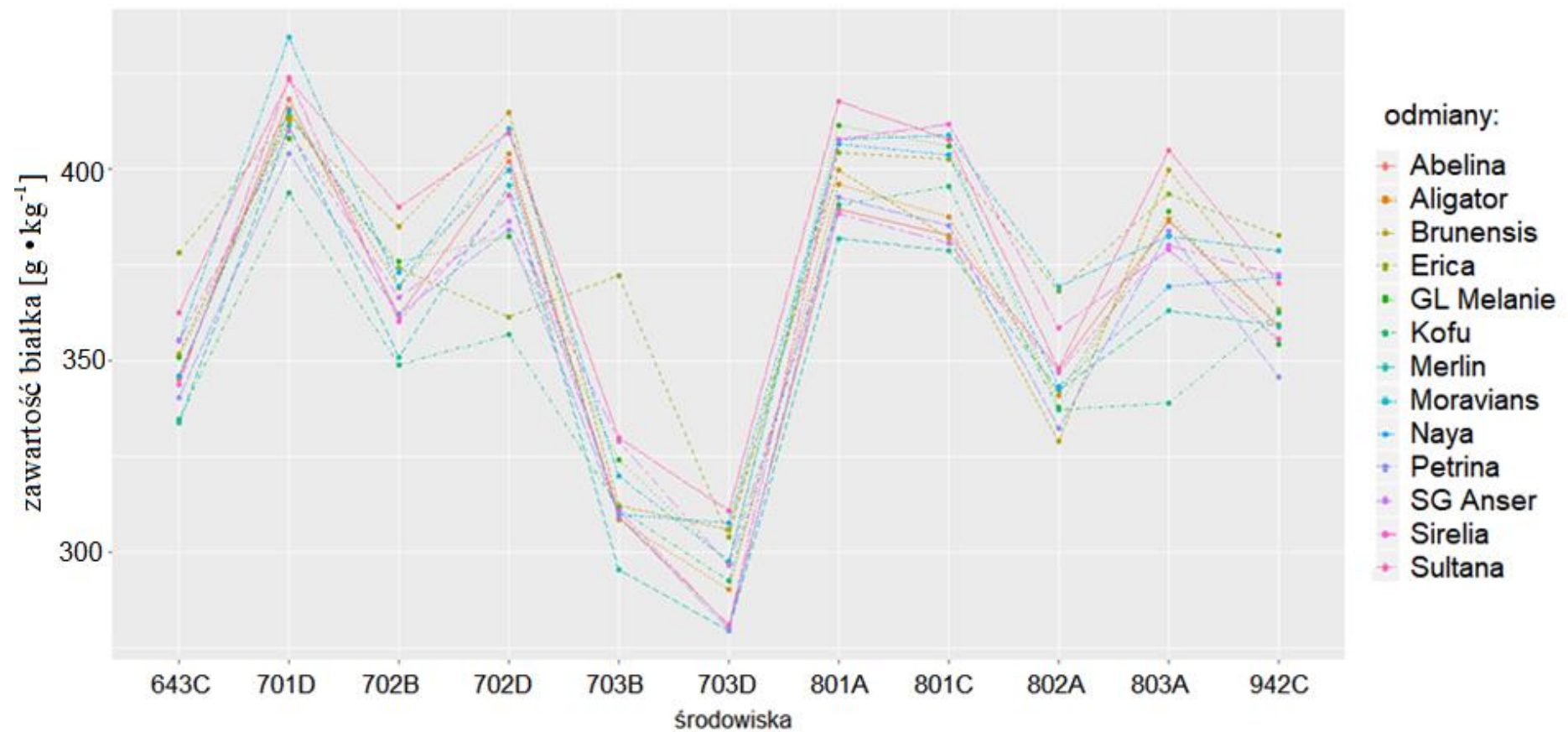
Analizując rys. VIII. 13. - VIII. 15. można znaleźć odmiany, które były w pierwszej czwórce najlepszych genotypów w większości środowisk oraz takie, które były najlepsze w kilku środowiskach, co podsumowują dane zawarte w tab. VIII. 32.



**Rys. VIII. 13.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości białka w nasionach dla odmian, w której miejscowości zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



**Rys. VIII. 14.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości białka w nasionach dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Białogard - A, Głębokie - B, Radostowo - C, Krzyżewo - D.



**Rys. VIII. 15.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości białka w nasionach dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 to kolejne lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



Tabela VIII. 32.

Średnie środowiskowe dla zawartości białka w nasionach oraz nazwy pierwszych czterech odmian w środowiskach

Środowisko	Średnia [g·kg <sup>-1</sup> ]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla zawartości białka			
			1	2	3	4
2017 B	414	0,5459	Moravians	Sirelia	Sultana	Abelina
2017 Gl	400	0,0539	Sultana	GL Melanie	Sirelia	Moravians
2017 Ra	395	-0,3004	Sirelia	Moravians	Sultana	GL Melanie
2018 B	392	2,0244	Brunensis	Moravians	Sultana	Aligator
2018 Gl	346	-0,4959	Moravians	Erica	Sirelia	Sultana
2018 Krz	368	0,3325	Sultana	Brunensis	GL Melanie	Erica
2018 Ra	364	-0,4265	Erica	Moravians	SG Anser	Naya
2019 B	294	-0,1489	Sultana	Naya	Brunensis	Erica
2019 Gl	381	0,5853	Sultana	Brunensis	Erica	GL Melanie
2019 Krz	319	-1,6117	Erica	Sultana	SG Anser	GL Melanie
2019 Ra	350	-0,5586	Erica	Sultana	Moravians	SG Anser

Białogard (B), Głębokie (Gl), Krzyżewo (Krz), Radostowo (Ra)

W większości środowisk Erica, Moravians i Sultana były zawsze w pierwszej czwórce najlepszych odmian, z kolei odmiany Abelina, Aligator, Naya i SG Anser były w pierwszej czwórce w kilku badanych środowiskach, co może oznaczać ich wąską adaptację.

Średnie odmianowe dla zawartości białka w nasionach, miary stabilności i wartości indeksu selekcji odmian oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej i-tej odmiany Wi TOP 4 podano w tab. VIII. 33.

Tabela VIII. 33.

Średnie odmianowe dla zawartości białka w nasionach, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$ , oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP 4

Odmiana	Średnia [g kg <sup>-1</sup> ]	$WAAS_i$ *	Indeks selekcji odmian $GSI_i$ *	$W_i$ TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	362 [10]	0,42 [4]	14	0,33	0	0	0,09
Aligator	364 [9]	0,39 [2]	11	0	0,25	0	0,09
Brunensis	369 [4]	0,87 [11]	15	0	0,5	0,5	0,36
Erica	378 [2]	1,32 [13]	15	0	<b>0,75</b>	<b>1</b>	0,64
GL Melanie	367 [6]	0,44 [7]	13	0,67	0	0,5	0,36
Kofu	351 [13]	0,96 [12]	25	0	0	0	0
Merlin	354 [12]	0,56 [10]	22	0	0	0	0
Moravians	376 [3]	0,44 [6]	9	<b>1</b>	0,75	0	0,54
Naya	368 [5]	0,43 [5]	10	0	0,25	0,25	0,18
Petrina	356 [11]	<b>0,28 [1]</b>	12	0	0	0	0
SG Anser	365 [8]	0,47 [9]	17	0	0,25	0,5	0,27
Sirelia	366 [7]	0,46 [8]	15	<b>1</b>	0,25	0	0,36
Sultana	<b>380 [1]</b>	0,41 [3]	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>	1	<b>0,91</b>

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\* parametr  $W_i$  TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji; w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Najwyższą średnią zawartość białka miała odmiana Sultana, a następnie kolejno mniejszą Erica, a najniższą Kofu (tab. VIII. 33.).

Porównanie wartości miary stabilności WAAS dla odmian wykazało, że najniższą wartość WAAS otrzymano dla Petryny (0,28), która była ze względu na zawartość białka, najbardziej stabilna. Kolejnymi odmianami pod względem stabilności tej cechy były Aligator (0,39) i Sultana (0,41). Najwyższą wartość miary stabilności otrzymano dla odmiany Erica (tab. VIII. 33.), która była najmniej stabilna.

Najmniejszą wartość indeksu selekcji dla odmian otrzymano dla Sultana, a kolejno niższą dla Moravians (tab. VIII. 33.), co znaczy, że miały one najwyższą zawartość białka, a zarazem były najbardziej stabilne spośród badanych genotypów.

Największe wartości  $W_i$  TOP 4 otrzymano dla Sultana, Erica i Moravians, które wynosiły odpowiednio 0,91, 0,64, 0,54 (tab. VIII. 33.). Dla odmiany Sultana wartości  $W_i$  TOP 4 były w poszczególnych latach na podobnym poziomie, natomiast dla genotypu Erica podlegały znacznym fluktuacjom w latach. Może to sugerować, że odmiany te wykazywały większą zdolność adaptacyjną niż pozostałe. Dla odmian Abelina, Aligator, Naya i SG Anser wartości tego współczynnika były najmniejsze i wynosiły odpowiednio: 0,09, 0,09, 0,18 i 0,27, co może wskazywać na wąską adaptację do warunków w analizowanych środowiskach.

Odmiana Aligator była w pierwszej czwórce w środowisku 2018 B, natomiast Abelina wykazywała wąską adaptację do warunków występujących w środowiskach 2018 B, 2019 B i 2019 Krz. Odmiana Naya wykazywała specyficzną adaptację do warunków środowisk 2018 Ra i 2019 B, co świadczy o wąskiej adaptacji do tych środowisk.

## 8. Zawartość tłuszczu

Tłuszcz jest drugim materiałem zapasowym pod względem wielkości akumulacji w nasionach soi. Chociaż pomiędzy zawartością białka i tłuszczu istnieje ujemna korelacja, a sumaryczna zawartość tych składników w nasionach soi często przekracza  $600 \text{ g kg}^{-1}$ , zawartość tłuszczu zależy od odmiany i kształtowana jest przez układ warunków wilgotnościowo - termicznych, glebę i czynniki agrotechniczne, z których najistotniejszą rolę odgrywa aktywne współżycie z bakteriami brodawkowymi z rodzaju *Bradyrhizobium* i nawożenie azotem.

Średnie zawartości tłuszczu dla analizowanych środowisk (miejscowości x lata) różniły się w sposób istotny, a efekty główne środowisk wyjaśniały 61,4% całkowitej sumy kwadratów. Efekty środowiskowe decydowały przeważająco o zróżnicowaniu i zawartości tłuszczu u odmian uprawianych w warunkach glebowo-klimatycznych i pogodowych północnej Polski. Z analizy wariancji wynika, że średnie dla odmian różniły się w sposób istotny, gdyż różnice międzyodmianowe wyjaśniały 15,0%, a efekty interakcji GxE 23,6%. Wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu były istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPCA) wyjaśniały 82,2%

zmienności efektów interakcji odmian G×E. Pierwsza interakcyjna składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 37,2% zmienności efektów interakcji G×E, IPCA 2 za 18,7%, IPCA 3 za 14,8%, zaś IPCA 4 za 11,40% zmienności efektów interakcji G×E (tab. VIII. 34.).

Tabela VIII. 34.

Analiza wariancji danych dla zawartości tłuszczu w nasionach z serii doświadczeń odmianowych w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		31332,0			
Odmiany (G)	12	4699,0	391,58	6,30***	15,0
Środowiska (E)	10	19237,0	1923,70	30,95***	61,4
G×E	119	7396,0	62,15		23,6
IPCA 1	21	2752,0	131,05	4,68***	37,2
IPCA 2	19	1385,0	72,89	2,60**	18,7
IPCA 3	17	1098,0	64,59	2,31*	14,8
IPCA 4	15	843,0	56,20	2,01*	11,4
Błąd	47	1316,0	28,00		

\*\*\* P<0.001; \*\* P<0,01; \* P<0,05

Procent zmienności całkowitej wyjaśnianej przez efekty główne dla odmian był niższy niż procent wyjaśnianej zmienności przez efekty interakcyjne. Badane odmiany wykazywały różne modele adaptacji do analizowanych środowisk. Wśród analizowanych genotypów mogły być formy o dużym stopniu szerokiej adaptacyjności, jak i wąskiej adaptacji do warunków środowisk północnej Polski.

Za pomocą modelu AMMI, na podstawie poprawionych średnich, zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji o postaci odmiana × środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem zawartości tłuszczu na środowiska (rys. VIII. 16. - VIII. 18.).

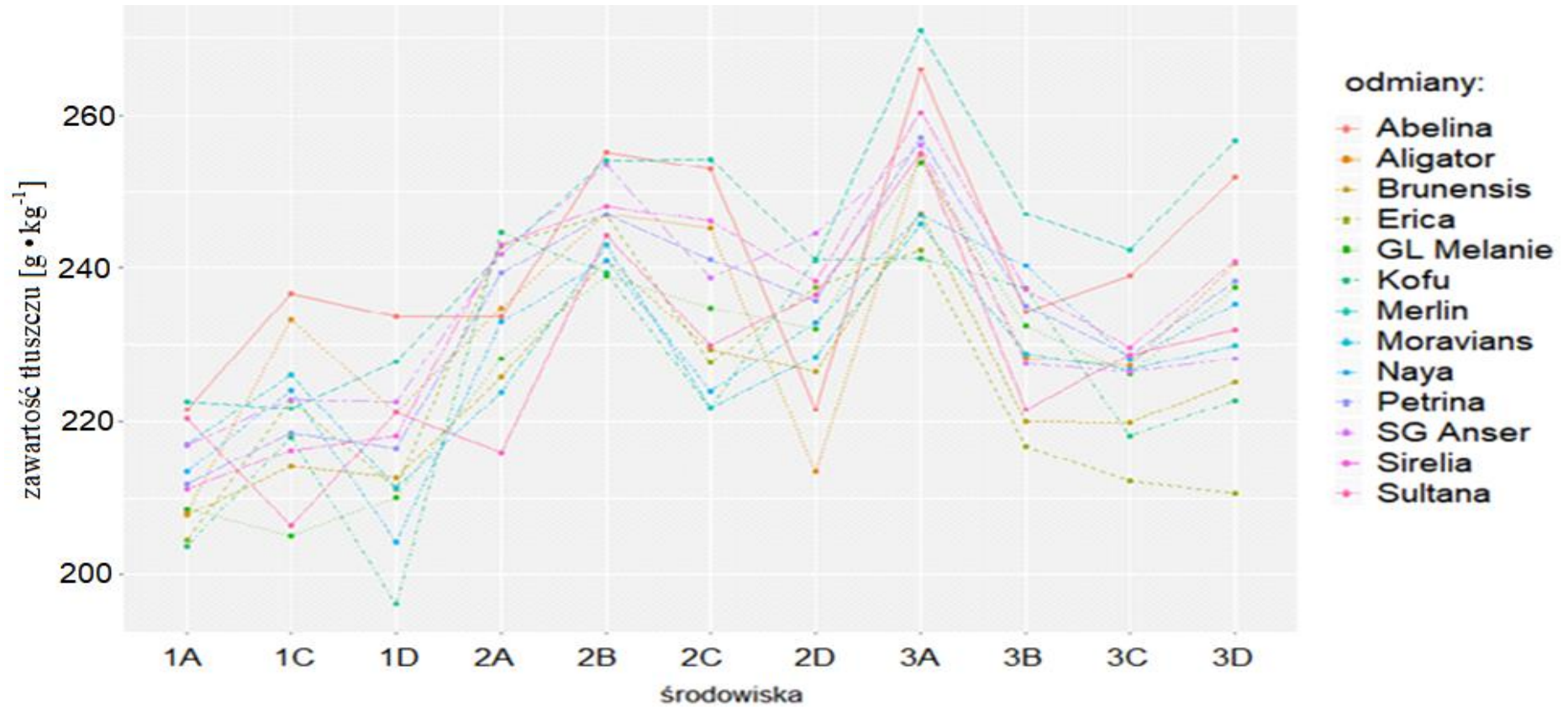
Na rys. VIII. 16. przedstawiono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości tłuszczu na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat badań miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

---

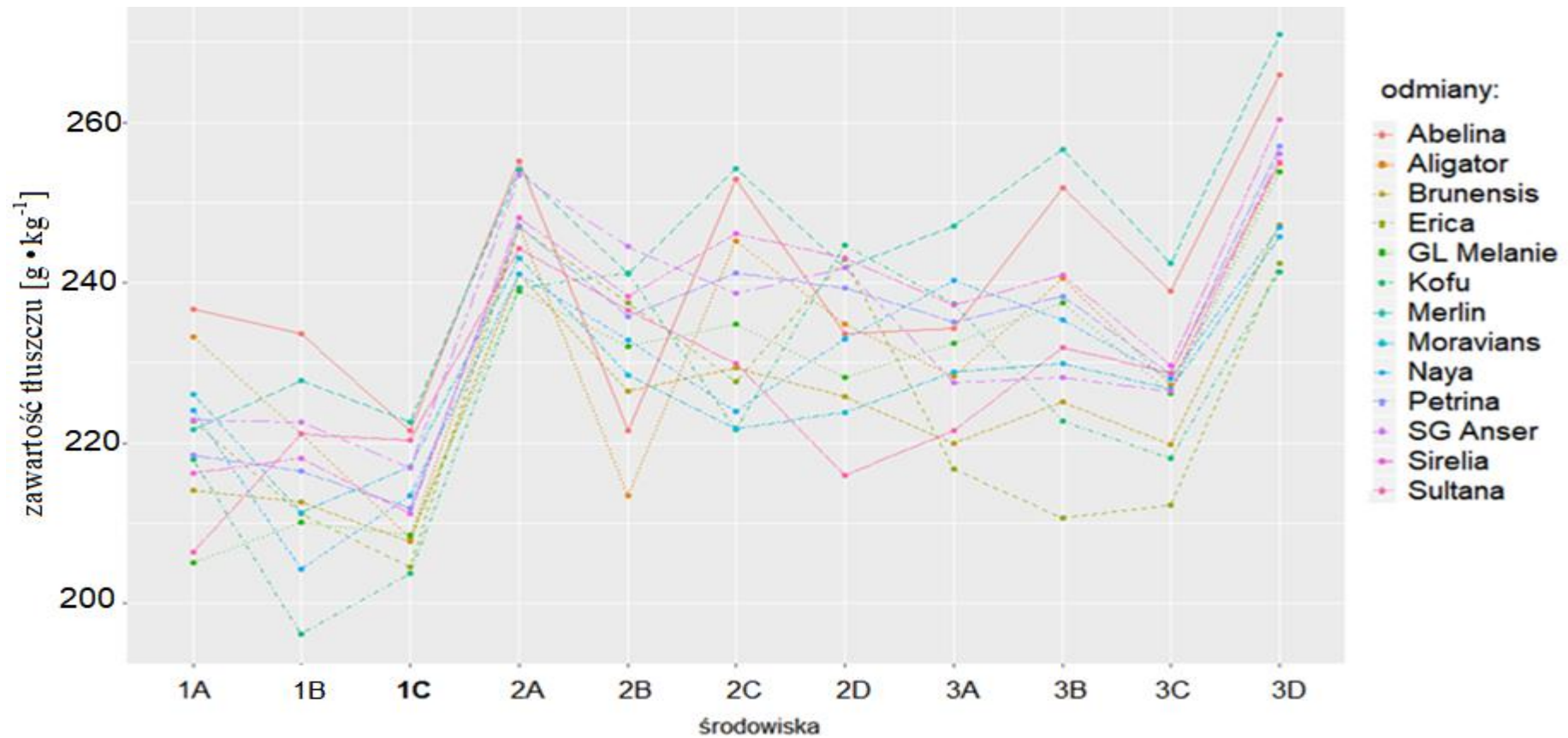
Na rys. VIII. 17. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości tłuszczu na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat badań miejscowości uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

Na rys. VIII. 18. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem zawartości tłuszczu na środowiska, uporządkowane na osi X w taki sposób, że dla kolejnych lat badań miejscowości uszeregowano pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

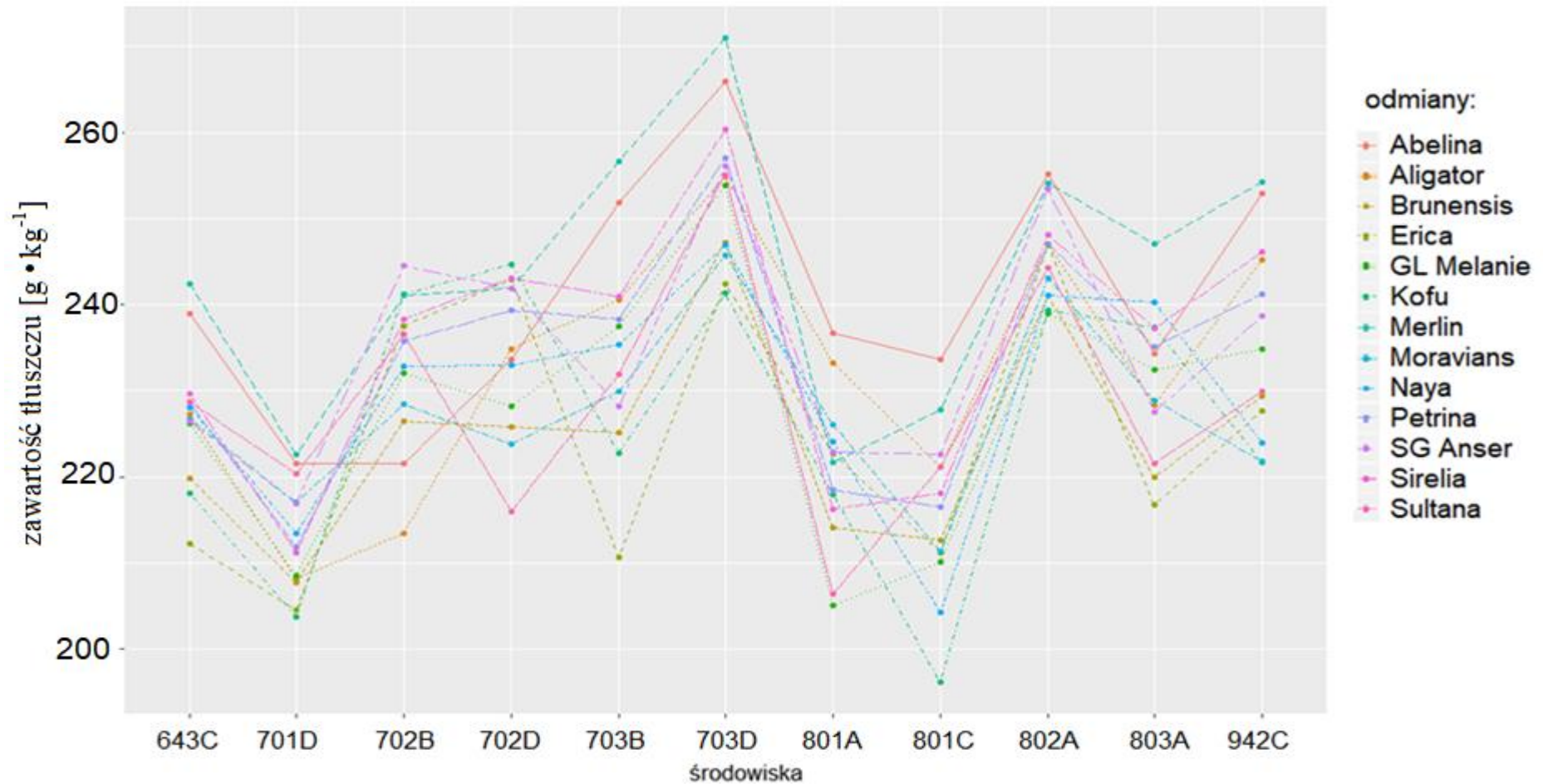
W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agro-ekosystemach, obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4.



**Rys. VIII. 16.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości tłuszczu w nasionach dla odmian, w której miejscowości zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



**Rys. VIII. 17.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości tłuszczu w nasionach dla odmian, w której miejscowości zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Białogard - A, Głębokie - B, Radostowo - C, Krzyżewo - D.



**Rys. VIII. 18.** Łamana funkcja adaptacyjności zawartości tłuszczu w nasionach dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości względem jakości i przydatności rolniczej gleby, liczby 1, 2, 3 kolejne lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



Analizując rys. VIII. 16. - VIII. 18. można znaleźć odmiany, które były w pierwszej czwórce najlepszych genotypów w większości środowisk oraz takie, które były najlepsze w kilku środowiskach, co podsumowują dane zawarte w tab. VIII. 35.

Tabela VIII. 35.

Średnie środowiskowe zawartości tłuszczu w nasionach oraz nazwy pierwszych czterech odmian w środowiskach

Środowisko	Średnia [g·kg <sup>-1</sup> ]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne uporządkowane według malejącej średniej dla zawartości tłuszczu			
			1	2	3	4
2017 B	213	-0,0527	Merlin	Abelina	Sultana	Moravians
2017 Gl	220	0,1818	Abelina	Aligator	Moravians	Naya
2017 Ra	216	-0,6438	Abelina	Merlin	SG Anser	Aligator
2018 B	235	1,0919	Kofu	Sirelia	Erica	SG Anser
2018 Gl	246	0,1654	Abelina	Merlin	SG Anser	Sirelia
2018 Krz	233	1,351	SG Anser	Kofu	Merlin	Sirelia
2018 Ra	236	-0,6601	Merlin	Abelina	Sirelia	Aligator
2019 B	254	-0,4622	Merlin	Abelina	Sirelia	Petrina
2019 Gl	231	0,3278	Merlin	Naya	Kofu	Sirelia
2019 Krz	235	-0,9238	Merlin	Abelina	Sirelia	Aligator
2019 Ra	227	-0,3753	Merlin	Abelina	Sirelia	Sultana

Białogard (B), Głębokie (Gl), Krzyżewo (Krz), Radostowo (Ra)

W większości środowisk Abelina i Merlin były zawsze w pierwszej czwórce najlepszych genotypów, co wskazuje na ich dużą zdolność adaptacyjną, natomiast Aligator, Erica, Kofu, Moravians, Naya, Petrina, SG Anser, Sirelia i Sultana były w pierwszej czwórce odmian tylko w kilku wybranych środowiskach, co świadczy o ich wąskiej adaptacji. By potwierdzić tę tezę, dla każdej odmiany obliczono miary stabilności, wartości indeksu selekcji odmian oraz wartości wskaźnika nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4 (tab. VIII. 36.).

Najwyższą średnią zawartość tłuszczu miała odmiana Merlin, nieco mniejszą Abelina, a najmniejszą Brunensis. Najniższą wartość miary stabilności odmiany WAAS<sub>i</sub> uzyskano dla odmiany Petrina (0,12), co oznacza, że była ona najbardziej stabilna ze

względem na zawartość tłuszczu, nieco wyższe wartości tego wskaźnika miały Brunensis (0,13) i Sirelia (0,20), a najwyższy Erica (tab. VIII. 36.), która była najmniej stabilna.

Najmniejszą wartość indeksu selekcji dla odmian uzyskano dla Petrina, Sirelia i Merlin, co znaczy, że miały one najwyższą zawartość tłuszczu, a zarazem, spośród badanych genotypów, były najbardziej stabilne pod względem tej cechy.

Tabela VIII. 36.

Średnie odmianowe dla zawartości tłuszczu w nasionach, miara stabilności odmiany  $WAAS_i$ , indeks selekcji odmianowej  $GSI_i$ , oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany  $W_i$  TOP 4

Odmiana	Średnia [g·kg <sup>-1</sup> ]	WAAS <sub>i</sub> *	Indeks selekcji odmian GSI <sub>i</sub> *	W <sub>i</sub> TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	242 [2]	0,69 [11]	13	<b>1</b>	0,5	0,75	<b>0,73</b>
Aligator	232 [6]	0,67 [10]	16	0,67	0,25	0,25	0,36
Brunensis	224 [13]	0,13 [2]	15	0	0	0	0
Erica	225 [12]	0,80 [13]	25	0	0,25	0	0,09
GL Melanie	228 [9]	0,31 [5]	14	0	0	0	0
Kofu	226 [11]	0,73 [12]	23	0	0,5	0,25	0,27
Merlin	<b>244 [1]</b>	0,48 [8]	9	0,67	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>0,73</b>
Moravians	228 [10]	0,21 [4]	14	0,33	0	0	0,09
Naya	229 [7]	0,44 [7]	14	0,33	0	0,25	0,18
Petrina	234 [5]	<b>0,12 [1]</b>	<b>6</b>	0	0	0,25	0,09
SG Anser	234 [4]	0,40 [6]	10	0	<b>0,75</b>	0	0,27
Sirelia	235 [3]	0,20 [3]	<b>6</b>	0,33	<b>0,75</b>	<b>1</b>	0,45
Sultana	228 [8]	0,57 [9]	17	0,33	0	0,25	0,18

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\*parametr  $W_i$  TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji;  
 w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Najwyższe wartości  $W_i$  TOP 4 otrzymano dla Abelina i Merlin, co sugeruje, że miały one większą zdolność adaptacyjną od pozostałych odmian, natomiast najwyższe wartości tego wskaźnika miały: Erica, Kofu, Moravians, Naya, Petrina, SG Anser i Sultana, co wskazuje na wąską adaptację do warunków w badanych środowiskach.

W pierwszej czwórce odmiana Erica była w środowisku 2018 B, Moravians 2017 G1, natomiast Naya wykazywała wąską adaptację do warunków występujących w środowiskach 2017 G1 i 2019 G1.

Analizując warunki pogodowo-glebowe w Głęboke, można zauważyć, że zarówno w roku wilgotnym 2017, jaki i suchym 2018, najlepsza była Abelina, co świadczy o dużej zdolności adaptacyjnej tej odmiany.

Z kolei odmiana Petrina wykazywała specyficzną adaptację do warunków występujących w środowisku 2019 B. Odmiana SG Anser była w pierwszej czwórce najlepszych odmian w środowiskach 2018 B, 2018 G1 i 2018 Krz.

Odmiana Sultana była w pierwszej czwórce najlepszych odmian tylko w środowiskach 2017 B i 2019 Ra.

## 9. Wydajność białka

Wydajność białka odmian soi to funkcja dwóch zmiennych: plonu nasion i zawartości białka. Ze względu na występującą u soi ujemną korelację między zawartością białka i tłuszczu, wzrost wydajności pierwszego składnika łatwiej jest uzyskać poprzez zwiększenie plonu nasion, niż na drodze wzrostu zawartości białka.

Średni plon białka dla środowisk (miejscowości x lata) różniła się istotnie, a efekty główne środowisk wyjaśniały 84,9% całkowitej sumy kwadratów dla średnich z powtórzeń w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko (tab. VIII. 37.). Głównie efekty środowiskowe decydowały przeważająco o zmienności wydajności białka, a średnie dla odmian nie różniły się w sposób istotny.

Efekty główne dla odmian wyjaśniały 1,7% całkowitej sumy kwadratów, natomiast efekty interakcji GxE wyjaśniały 13,4% całkowitej sumy kwadratów. Ponadto, wszystkie interakcyjne składowe główne ujęte w modelu były wysoko istotne. Cztery pierwsze interakcyjne składowe główne (IPC A) wyjaśniały 91,7% zmienności efektów interakcji GxE. Pierwsza interakcyjna składowa główna (IPCA 1) odpowiadała za 47,8% zmienności efektów interakcji GxE, IPCA 2 za 29,2%, IPCA 3 za 7,9%, a IPCA 4 za 6,7% zmienności efektów interakcji GxE. Ponadto, procent wyjaśnianej zmienności całkowitej przez efekty główne dla odmian był w przybliżeniu osiem razy mniejszy niż procent wyjaśnianej zmienności przez efekty interakcyjne. Z danych tych wynika, że odmiany wykazywały różne modele adaptacji do badanych środowisk. Wśród analizowanych odmian mogą być takie, które wykazują duży stopień szerokiej adaptacyjności oraz

genotypy o wąskiej adaptacji środowiskowej. Dlatego, za pomocą modelu AMMI, na podstawie poprawionych średnich, zestawionych w dwukierunkowej klasyfikacji o postaci odmiana x środowisko, sporządzono wykresy łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji odmian pod względem wydajności białka na środowiska (rys. VIII. 19. - VIII. 21.).

Tabela VIII. 37.

Analiza wariancji dla wydajności białka z serii doświadczeń odmianowych  
w klasyfikacji dwukierunkowej odmiana x środowisko

Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka F	Wyjaśniana zmienność [%]
Całkowita		1551,9			
Odmiany (G)	12	25,7	2,14	1,23 <sup>ns</sup>	1,7
Środowiska (E)	10	1318,0	131,80	735,33***	84,9
GxE	119	208,2	1,75		13,4
IPCA 1	21	99,5	4,74	12,61***	47,8
IPCA 2	19	60,8	3,20	8,51**	29,2
IPCA 3	17	16,4	0,96	2,56**	7,9
IPCA 4	15	13,9	0,93	2,17**	6,7
Błąd	47	17,7	0,38		

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; <sup>ns</sup> nie istotne

Na rys. VIII. 19. przedstawiono wykres łamanej adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem wydajności białka na środowiska. Na osi X dla kolejnych lat, miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem szerokości geograficznej (z południa na północ).

Na rys. VIII. 20. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem wydajności białka na środowiska. Na osi X dla kolejnych lat, miejscowości (agroekosystemy) uszeregowano pod względem długości geograficznej (z zachodu na wschód).

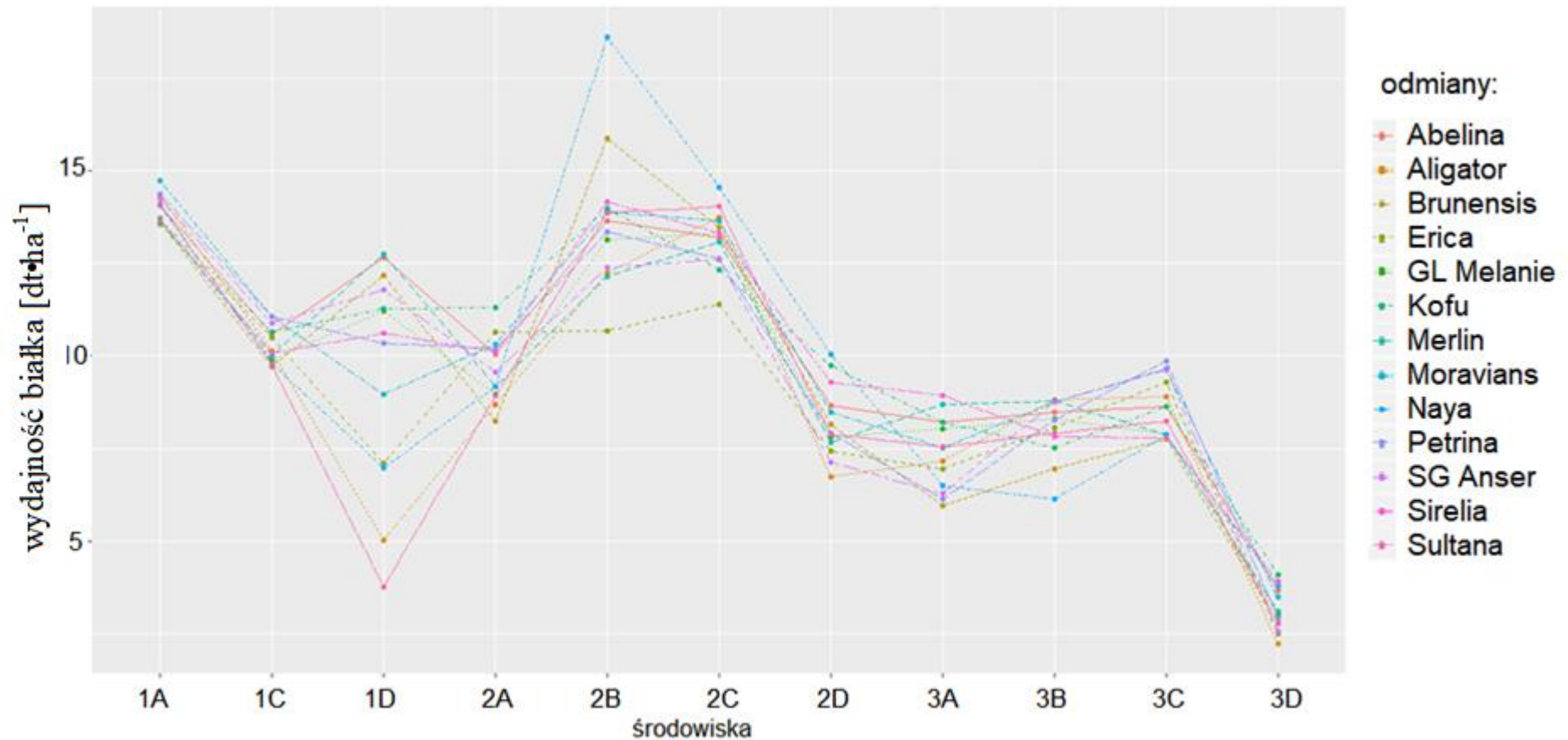
Na rys. VIII. 21. przedstawiono wykres łamanej funkcji adaptacyjnej reakcji badanych odmian pod względem wydajności białka na środowiska. Na osi X dla kolejnych lat, przedstawiono miejscowości (agroekosystemy) uporządkowane pod

---

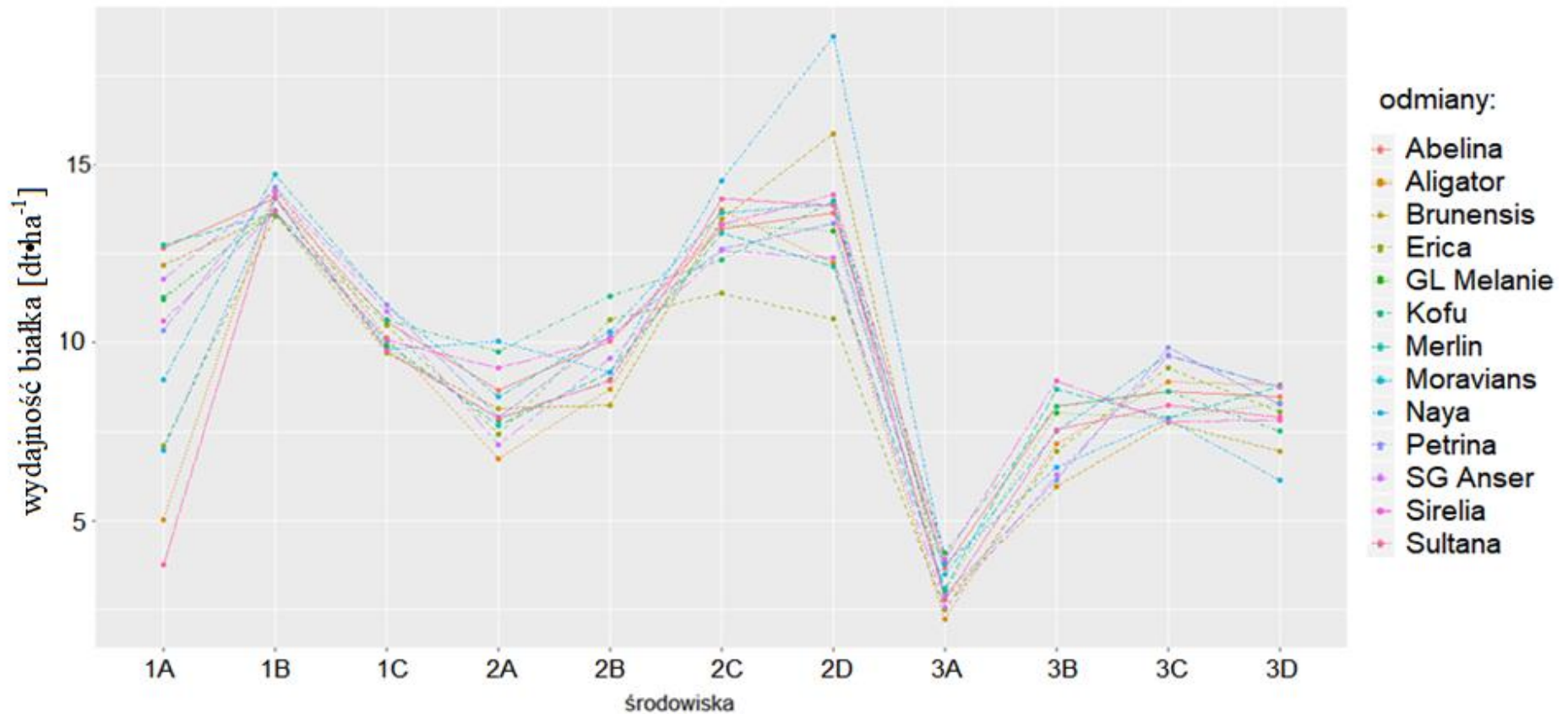
względem jakości i przydatności rolniczej gleby oraz współrzędnych geograficznych.

W celu identyfikacji dobrze zaadaptowanych (nadrzędnych) odmian w różnych agro-ekosystemach, obliczono wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4.

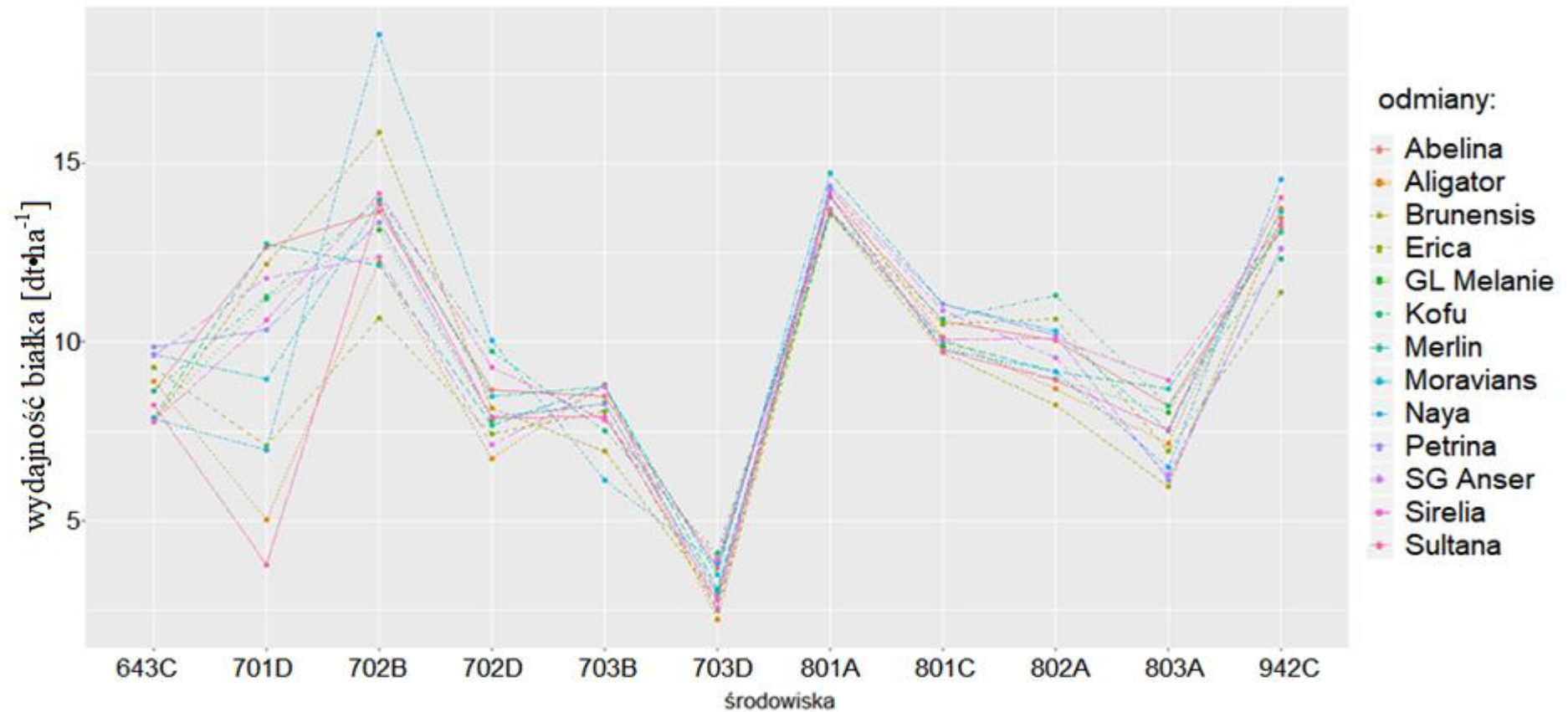
Analizując rys. VIII. 19. - VIII. 21. można znaleźć odmiany, które były w pierwszej czwórce najlepszych odmian w większości środowisk oraz takie, które były najlepsze w kilku środowiskach, co podsumowują dane w tab. VIII. 38.



**Rys. VIII. 19.** Łamana funkcja adaptacyjności wydajności białka z 1 ha dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem szerokości geograficznej (z południa na północ). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



**Rys. VIII. 20.** Łamana funkcja adaptacyjności wydajności białka z 1 ha dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem długości geograficznej (z zachodu na wschód). Liczby 1, 2, 3 oznaczają odpowiednio lata 2017, 2018 i 2019, a litery A, B, C, D miejscowości: Białogard - A, Głębokie - B, Radostowo - C, Krzyżewo - D.



**Rys. VIII. 21.** Łamana funkcja adaptacyjności wydajności białka z 1 ha dla odmian, w której środowiska zostały uporządkowane względem jakości i przydatności rolniczej gleb oraz współrzędnych geograficznych. Liczby 64, 70, 80, 94 oznaczają wartości jakości i przydatności rolniczej gleby. Liczby 1, 2, 3 kolejne lata 2017, 2018, 2019, natomiast litery A, B, C, D miejscowości: Głębokie - A, Krzyżewo - B, Radostowo - C, Białogard - D.



Tabela VIII. 38.

Średnie środowiskowe dla wydajności białka oraz nazwy pierwszych czterech odmian  
w środowiskach

Środowisko	Średnia [dt·ha <sup>-1</sup> ]	IPCA 1	Cztery odmiany nadrzędne w porządku malejącej średniej dla plonu białka			
			1	2	3	4
2017 B	9,6	-2,9008	Merlin	Abelina	Brunensis	SG Anser
2017 Gl	14,0	0,485	Moravians	Petrina	Aligator	SG Anser
2017 Ra	10,3	0,1185	Moravians	Petrina	SG Anser	Kofu
2018 B	8,2	0,3032	Naya	Kofu	Sirelia	Abelina
2018 Gl	9,7	0,0746	Kofu	Erica	Moravians	Petrina
2018 Krz	13,7	0,8313	Naya	Brunensis	Sirelia	Kofu
2018 Ra	13,2	0,7022	Naya	Sultana	Aligator	Moravians
2019 B	3,1	0,1445	Kofu	Sirelia	Naya	Abelina
2019 Gl	7,4	0,0237	Sirelia	Merlin	Kofu	Abelina
2019 Krz	8,0	0,0183	Aligator	Merlin	Moravians	SG Anser
2019 Ra	8,6	0,2759	Petrina	Moravians	SG Anser	Erica

Białogard (B), Głębokie (Gl), Krzyżewo (Krz), Radostowo (Ra)

W większości środowisk odmiany Kofu i Moravians były zawsze w pierwszej czwórce najlepszych, co świadczy o ich większej zdolności adaptacyjnej od pozostałych, natomiast odmiany Abelina, Aligator, Brunensis, Naya, SG Anser, Sirelia i Sultana były w pierwszej czwórce tylko w kilku wybranych środowiskach, co może sugerować ich wąską adaptację. By potwierdzić tę tezę, dla każdej odmiany obliczono miary stabilności, wartości indeksu selekcji odmian oraz wartości wskaźnika nadrzędności adaptacyjnej odmiany TOP 4 (tab. VIII. 39.).

Najwyższą średnią wydajność białka uzyskano z odmiany Abelina, kolejno niższą z Kofu, a najniższą z Aligator (tab. VIII. 39.).

Najniższą wartość WAAS<sub>i</sub> otrzymano dla odmiany Moravians (0,29), co oznacza, że spośród badanych genotypów był on najbardziej stabilny pod względem wydajności białka. Kolejnymi odmianami pod względem stabilności tej cechy były Sirelia (0,32) i Petrina (0,33). Z kolei najwyższą wartość miary stabilności otrzymano dla Naya, co oznacza, że była ona najmniej stabilna.

Tabela VIII. 39.

Średnie odmianowe dla wydajności białka, miara stabilności odmiany WAAS<sub>i</sub>, indeks selekcji odmianowej GSI<sub>i</sub>, oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej odmiany W<sub>i</sub> TOP 4

Odmiana	Średnia [dt ha <sup>-1</sup> ]	WAAS <sub>i</sub> *	Indeks selekcji odmian GSI <sub>i</sub> *	W <sub>i</sub> TOP 4			
				2017**	2018**	2019**	2017-2019**
Abelina	<b>10,2 [1]</b>	0,51 [6]	7	0,33	0,25	<b>0,5</b>	0,36
Aligator	8,9 [13]	0,98 [11]	24	0,33	0,25	0,25	0,27
Brunensis	9,5 [10]	0,80 [10]	20	0,33	0,25	0	0,18
Erica	8,9 [12]	0,63 [7]	19	0	0,25	0,25	0,18
GL Melanie	9,6 [9]	0,38 [4]	13	0	0	0	0
Kofu	10,1 [2]	0,43 [5]	7	0,33	<b>0,75</b>	<b>0,5</b>	0,64
Merlin	9,7 [7]	0,76 [9]	16	0,33	0,0	<b>0,5</b>	0,27
Moravians	10,0 [3]	<b>0,29 [1]</b>	<b>4</b>	0,67	0,5	<b>0,5</b>	0,54
Naya	9,8 [5]	1,28 [13]	18	0	<b>0,75</b>	0,25	0,36
Petrina	9,7 [6]	0,33 [3]	9	0,67	0,25	0,25	0,36
SG Anser	9,6 [8]	0,66 [8]	16	<b>1</b>	0	0,25	0,36
Sirelia	10,0 [4]	0,32 [2]	6	0	0,5	0,5	0,36
Sultana	8,9 [11]	1,04 [12]	23	0	0,25	0	0,09

\*parametry obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla wszystkich badanych środowisk;

\*\*parametr W<sub>i</sub> TOP 4 obliczono na podstawie danych (średnich poprawionych za pomocą metody AMMI) dla agroekosystemów w obrębie danego roku wegetacji; w nawiasach kwadratowych podano rangi dla odmian na podstawie rozpatrywanych parametrów; pogrubioną czcionką zostały zaznaczone najlepsze wyniki, natomiast kursywą najgorsze

Najmniejszą wartość indeksu selekcji miała odmiana Moravians, a kolejno wyższą Sirelia, co oznacza, że te genotypy były najwyżej średniowydajne, a zarazem najbardziej stabilne.

Wskaźniki TOP 4 uzyskały największe wartości dla odmian Kofu i Moravians, co oznacza ich większą zdolność adaptacyjną od pozostałych.

Najniższe wartości W<sub>i</sub> TOP 4 otrzymano dla odmian Abelina, Aligator, Brunensis, Naya, SG Anser, Sirelia i Sultana, które wykazywały wąską adaptację do warunków występujących w badanych środowiskach.

Odmiana Abelina była w pierwszej czwórce odmian w środowisku 2017 B, a Aligator

w 2018 B, natomiast odmiana Brunensis wykazywała wąską adaptację do warunków występujących w środowiskach 2018 B, 2019 B i 2019 G1. Analizując warunki pogodowo-glebowe w Radostowie można zauważyć, że w pierwszej czwórce we wszystkich latach była odmiana Moravians.

Odmiana Naya wykazywała specyficzną adaptację do warunków występujących w środowiskach 2018 Ra, 2018 Krz i 2018 B.

Odmiana Sirelia była w pierwszej czwórce najlepszych odmian w środowiskach 2017 B, 2017 Ra i 2018 G1, Sultana w 2018 Ra.

Plon i jakość nasion to funkcja genotypu (G), środowiska (E) i praktyk zarządzania (M), jednak udział tych czynników w kształtowaniu plonu i składu chemicznego nasion soi nie jest dobrze poznany [Assefa i in. 2018, 2019, Rao i in. 2002].

Zawartość tłuszczu i białka w nasionach soi wynosi odpowiednio od 120 do 230 gkg<sup>-1</sup> i od 255 do 589 gkg<sup>-1</sup> [Bils i Howell 1963]. Zróżnicowanie w zawartości tych składników spowodowane jest właściwościami genetycznymi i interakcją z czynnikami środowiska [Brumm i Hurburgh 2006, Hurburgh i in. 1990, Hymowitz i in. 1972, Watanabe i Nagasawa 1990, Weber 1950], w tym, uzależnione jest zwłaszcza od układu warunków wilgotnościowo-termicznych podczas sezonu wegetacyjnego [Gibson i Mullen 1996 b, Howell i Cartter 1958, Thomas i in. 2003, Wilson 2004, Wolf i in. 1982, Yaklich i Vinyard 2004].

Wolf i in. [1982] wykazali w warunkach wyższych temperatur, podczas wypełniania nasion, wzrost zawartości białka, tłuszczu i kwasu oleinowego oraz zmniejszenie kwasu linolowego i linolenowego. Jednak wyniki badań dotyczące wpływu temperatury i promieniowania słonecznego na skład chemiczny nasion soi nie są jednoznaczne [Dardanelli i in. 2006, Goldflus i in. 2006, Grieshop i Fahey 2001]. Odnotowano wzrost zawartości tłuszczu bez wpływu na zawartość białka w miarę wzrostu temperatury [Mourtzinis i in. 2017, Ren i in. 2009]. Kumar i in. [2006] wykazali dodatnią liniową zależność między temperaturą i zawartością białka, a ujemną między temperaturą, a zawartością tłuszczu.

Assefa i in. [2019] wykazali, że czynniki środowiska w ponad 70% różnicowały skład chemiczny nasion soi. Szyrmer [1969 a, 1971] na podstawie badań przeprowadzonych w środkowej i południowo-wschodniej Polsce stwierdził, że zawartość tłuszczu wzrastała przy niższej temperaturze i wyższej wilgotności powietrza, a zawartość białka była ujemnie skorelowana z wysokością plonu.

Nakasathien i in. [2000] wykazali wzrost zawartości białka i obniżenie poziomu tłuszczu w nasionach soi pod wpływem nawożenia azotem, natomiast Wood i in. [1993] nie stwierdzili takiej zależności. Rotundo i Westgate [2009] wykazali z kolei, że uzupełniające dawki N zwiększały zawartość białka, przy czym równocześnie nieznacznie zmniejszały poziom tłuszczu.

Niedobór opadów podczas rozwoju generatywnego powodował zmniejszenie w nasionach zawartości białka [Carrera i in. 2009], natomiast Kumar i in. [2006] wykazali wzrost zawartości białka przy zmniejszonych opadach. Rotundo i Westgate [2009] wykazali korzystny wpływ stresu wodnego na zawartość białka i negatywny wpływ na poziom tłuszczu.

Badania własne potwierdzają wyniki tych autorów, które mówią o tym, że gromadzeniu w nasionach soi większej zawartości białka sprzyja niższa temperatura i większa suma opadów podczas wegetacji, natomiast korzystnie na syntezę tłuszczu działają wyższe temperatury i umiarkowany niedobór opadów (tab. VIII. 40.). W porównaniu z 2017 rokiem, wzrost temperatury, w okresie IV - IX w latach 2018 - 2019 średnio o 1°C, powodował w nasionach przyrost zawartości tłuszczu średnio o 20,2 g·kg<sup>-1</sup>. W USA wzrost temperatury podczas wykształcania i dojrzewania strąków o 1°C skutkował przyrostem zawartości tłuszczu od 5,2 do 8 g·kg<sup>-1</sup> [Kane i in. 1997, Keirstead 1952, Naeve i Huerd 2008, Serretti 1993].

Wykazano niekorzystny wpływ uprawy soi w monokulturze, w porównaniu do uprawy w płodozmianie, na zawartość białka i tłuszczu [Bellaloui i in. 2010, Elsheikh i in. 2009].

Wczesny termin siewu zwiększa w nasionach zawartość tłuszczu, a późny białka [Bellaloui i in. 2015 a, b, Robinson i in. 2009].

Tabela VIII. 40.

Wpływ przebiegu pogody w latach badań w okresie IV - X na kształtowanie zawartości białka i tłuszczu w nasionach soi

Lata	Zawartość [ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]		Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Suma opadów w okresie wegetacji [mm]	Średnia wieloletnia temperatura powietrza w okresie wegetacji [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Średnia wieloletnia suma opadów w okresie wegetacji [mm]
	Białka	tłuszczu				
2017	403	216	13,8	612	14,3	402
2018	368	238	15,9	313	14,2	418
2019	336	237	14,5	331		

## 10. Grupowanie odmian

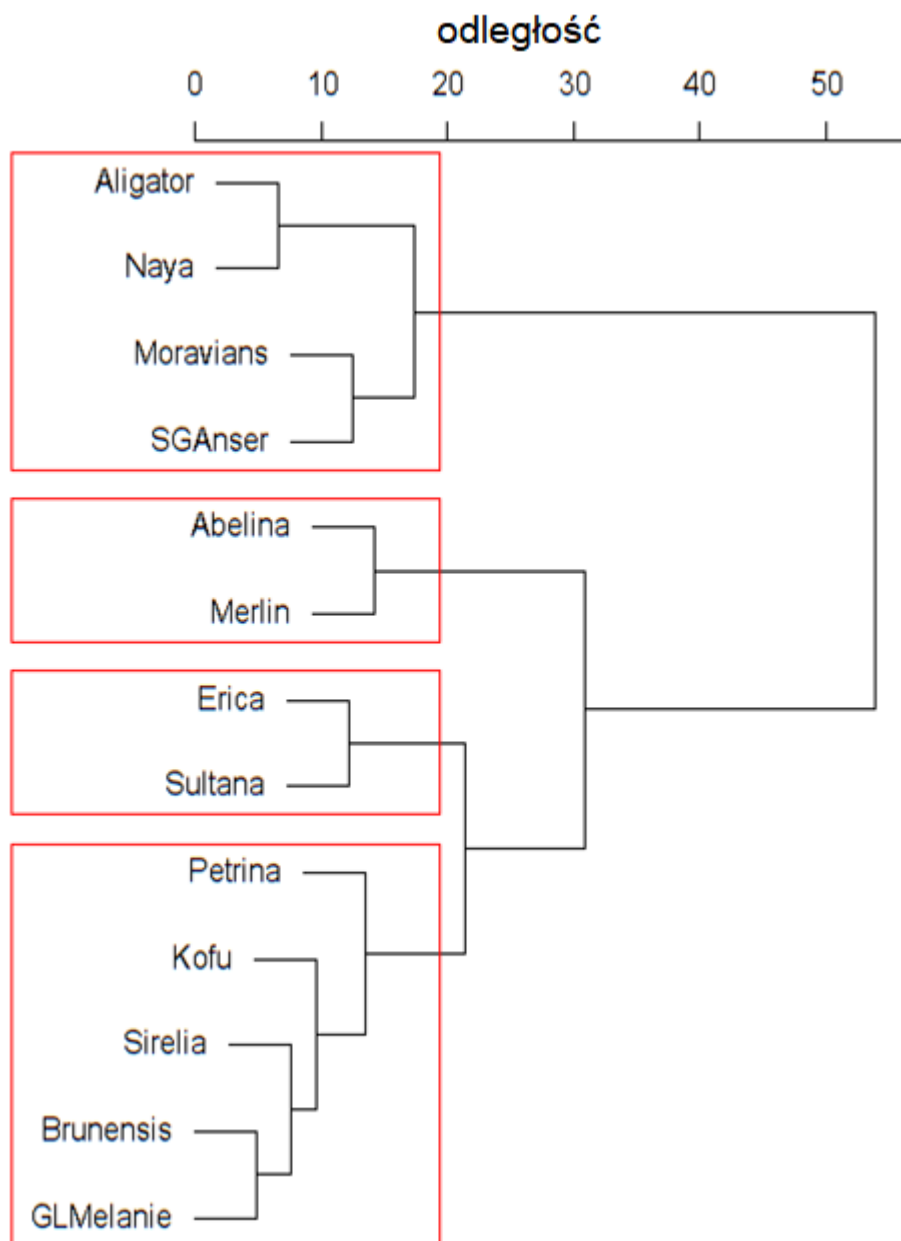
Do grupowania odmian, na podstawie średnich odmianowych dla badanych cech, zastosowano analizę skupień metodą Warda z kwadratową odległością euklidesową [Ward 1963]. Metoda Warda to jeden ze sposobów grupowania, który do oszacowania odległości między obiektami wykorzystuje analizę wariancji.

Zmierza ona do minimalizacji sumy kwadratów odchyłeń dwóch dowolnych obiektów. Metoda Warda jest bardzo efektywna, jednak tworzy skupienia o małej liczebności. W wyniku zastosowania metod hierarchicznych uzyskujemy dendrogram, który ilustruje hierarchiczną strukturę zbioru obiektów ze względu na zmniejszające się podobieństwo między nimi.

Analiza skupień pozwoliła ocenić podobieństwo wielocechowe (wielowymiarowe) badanych odmian soi, uprawianej w warunkach przyrodniczych północnej Polski. Pomiędzy odmianami obliczono odległości euklidesowe i na ich podstawie wykreślono dendrogram (rys. VIII. 22.). Spośród 13 badanych odmian można wyróżnić cztery grupy podobnych genotypów o zróżnicowanej liczebności. Grupę (i) tworzą odmiany SG Anser, Moravians, Aligator, Naya. W grupie (ii) znalazły się Merlin i Abelina. Grupę (iii) tworzą odmiany Erica i Sultana, a grupę (iiii) Brunensis, GL Melanie, Kofu, Petrina i Sirelia.

W celu łatwiejszego zinterpretowania danych otrzymanych za pomocą analizy skupień, średnie dla odmian (tab. VIII. 41.) pogrupowano według numeru grupy ze

względu na podobieństwo analizowanych cech (tab. VIII. 42.). W grupie pierwszej odmiany charakteryzowały się wysoką zawartością białka (średnia dla grupy 36,7%) i najwyższą masą 1000 nasion. Odmiany w grupie drugiej charakteryzowały się najniższą masą 1000 nasion, natomiast genotypy w grupie trzeciej cechowały się tym, że miały najniższy plon nasion, były najniższe i miały najniżej osadzony pierwszy strąk, a zarazem ich nasiona zawierały najwięcej białka. Z kolei odmiany w grupie czwartej charakteryzowały się podobną wysokością roślin i osadzenia 1.go strąka.



Rys. VIII. 22. Grupowanie odmian soi metodą Warda ze względu na podobieństwo analizowanych cech

Tabela VIII. 41.

Średnie z lat 2017 – 2019 badanych cech dla odmian soi

Odmiana	Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia 1.go strąka [cm]	Masa 1000 nasion [g]	Plon nasion [dt ha <sup>-1</sup> ]	Zawartość [g kg <sup>-1</sup> ]		Wydajność białka [dt ha <sup>-1</sup> ]	Okres wegetacji* [dni]
					białka ogółem	tłuszczu surowego		
Abelina	84,3	10,2	192	33,9	362	241	10,2	132
Aligator	75,2	9,9	219	30,0	364	232	8,9	141
Brunensis	82,7	9,8	201	30,3	369	224	9,5	139
Erica	69,7	8,9	206	27,7	378	225	8,9	127
GL Melanie	78,3	10,4	201	30,9	367	228	9,6	137
Kofu	80,6	9,4	205	34,0	351	226	10,1	144
Merlin	75,9	9,5	181	30,9	354	244	9,7	133
Moravians	82,2	10,4	218	30,1	376	227	10,1	136
Naya	73,7	9,1	220	31,8	368	229	9,8	147
Petrina	75,3	9,8	195	31,7	356	234	9,7	144
SG Anser	80,2	10,6	230	28,8	365	234	9,6	134
Sirelia	77,4	9,8	206	32,5	366	235	10,0	136
Sultana	70,0	9,3	204	28,3	380	228	9,0	139

\*okres wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej

Tabela VIII. 42.

Odmiany soi pogrupowane według numeru grupy ze względu na podobieństwo analizowanych cech

Grupa	Odmiana	Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia 1.go strąka [cm]	Masa 1000 nasion [g]	Plon nasion [dt ha <sup>-1</sup> ]	Zawartość [g kg <sup>-1</sup> ]		Wydajność białka [dt ha <sup>-1</sup> ]	Okres wegetacji* [dni]
						białka ogółem	tłuszczu surowego		
1	Aligator	75,2	9,9	219	30,0	364	232	8,9	141
1	Moravians	82,2	10,4	218	30,1	376	227	10,1	136
1	Naya	73,7	9,1	220	31,8	368	229	9,8	147
1	SG Anser	80,2	10,6	230	28,8	365	234	9,6	134
2	Abelina	84,3	10,2	192	33,9	362	241	10,2	132
2	Merlin	75,9	9,5	181	30,9	354	244	9,7	133
3	Erica	69,7	8,9	206	27,7	378	225	8,9	127
3	Sultana	70,0	9,3	204	28,3	380	228	9,0	139
4	Brunensis	82,7	9,8	201	30,3	369	224	9,5	139
4	GL Melanie	78,3	10,4	201	30,9	367	228	9,6	137
4	Kofu	80,6	9,4	205	34,0	351	226	10,1	144
4	Petrina	75,3	9,8	195	31,7	356	234	9,7	144
4	Sirelia	77,4	9,8	206	32,5	366	235	10,0	136

\*okres wegetacji od siewu do dojrzałości technicznej



## IX. WNIOSKI

Na podstawie badań przeprowadzonych w latach 2017 – 2019 w 25 środowiskach (miejscowości x lata) w warunkach przyrodniczych północnej Polski można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zróżnicowane warunki siedliskowe występujące w poszczególnych środowiskach północnej Polski powodują, że podstawowym determinantem ograniczającym możliwości uprawy soi jest długość okresu wegetacji, który od siewu do dojrzałości technicznej nie powinien przekraczać 140 dni, a dojrzałość żniwną rośliny powinny osiągnąć do końca września.
2. Stwierdzono, że w warunkach środowiskowych występujących w miejscowościach Chrzastowo, Głębokie i Świebodzin można uprawiać wszystkie spośród badanych odmian soi, natomiast w pozostałych lokalizacjach liczba odmian soi przydatnych do uprawy była coraz mniejsza:
  - w Radostowie, można było uprawiać odmiany: Abelina, Aligator, Brunensis, Erica, GL Melanie, Merlin, Moravians, SG Anser i Sirelia,
  - w Krzyżewie - Abelina, Aligator, Erica, GL Melanie, Merlin, SG Anser, Sirelia i Sultana,
  - we Wróćkowie - Abelina, Erica, Merlin i SG Anser,
  - w Karzniczce - Abelina, Erica i SG Anser,
  - w Marianowie - Abelina, Erica i Merlin,
  - w Nowej Wsi Ujskiej - Erica i GL Melanie,
  - a w Białogardzie jedynie odmiana Erica była najbardziej przystosowaną do uprawy w warunkach środowiskowych tej miejscowości.
3. Zmienny w latach przebieg pogody, w większym stopniu niż czynnik odmianowy wpływał na wysokość roślin, wysokość osadzenia 1.go strąka, plon nasion, zawartość białka i tłuszczu w nasionach oraz plon białka.
4. Gromadzeniu w nasionach soi większej zawartości białka sprzyja niższa temperatura i wyższa suma opadów podczas wegetacji, natomiast korzystnie na syntezę tłuszczu działają wyższe temperatury i umiarkowany niedobór opadów.

5. W porównaniu z 2017 rokiem, wzrost temperatury w okresie IV – IX w latach 2018 - 2019 średnio o 1°C, powodował w nasionach przyrost zawartości tłuszczu średnio o 20,2 g·kg<sup>-1</sup>.
6. Soja uprawiana na glebach zwaloryzowanych pod względem jakości i przydatności rolniczej gleby na 80 punktów, w porównaniu z 70, osadzała wyżej pierwszy strąk o 16,1%, miała większą masę 1000 nasion o 10,7% oraz wyższe plony nasion o 8,8%, pomimo, że suma opadów w okresie wegetacji w tych środowiskach była o 20% niższa. Przyczyną tego stanu był fakt, że gleby zwaloryzowane na 70 punktów były wytworzone z utworów piaszczystych, a 80 punktów uzyskały gleby wytworzone z utworów pochodzenia gliniastego.
7. Wysokość osadzenia 1.go strąka była dodatnio skorelowana z wysokością roślin.
8. Najniższymi wartościami miary stabilności odmiany miały w odniesieniu do:
  - wysokości roślin - Sirelia, GL Melanie i Moravians,
  - wysokości osadzenia 1.go strąka - Abelina, Petrina i Erica,
  - masy 1000 nasion - Sirelia, Petrina i Kofu,
  - plonu nasion - Petrina, Moravians i Sirelia,
  - zawartości białka w nasionach - Petrina, Aligator i Sultana,
  - zawartości tłuszczu w nasionach - Petrina, Brunensis i Sirelia,
  - wydajności białka - Moravians, Sirelia i Petrina,

co oznacza, że wymienione wyżej genotypy były najbardziej stabilne pod względem badanej cechy.

9. Najmniejszą wartość indeksu selekcji odmiany miały w odniesieniu do:
  - wysokości roślin - Moravians, Brunensis, GL Melanie i Sirelia,
  - wysokości osadzenia 1.go strąka - Abelina, Petrina i Moravians,
  - masy 1000 nasion - Sirelia, Aligator i SG Anser,
  - plonu nasion - Kofu, Sirelia i Petrina,
  - zawartości białka w nasionach - Sultana, Moravians i Naya.
  - zawartości tłuszczu w nasionach - Petrina, Sirelia i Merlin,
  - wydajności białka - Moravians, Sirelia i Kofu,

co oznacza, że wymienione wyżej genotypy miały średnio najwyższą wartość cechy, a zarazem były najbardziej stabilne pod względem badanej cechy.

10. Uwzględniając długość okresu wegetacji oraz wąską i szeroką adaptację badanych odmian pod względem poziomu plonowania w warunkach przyrodniczych północnej Polski należy rekomendować dla środowisk:
- Chrzastowo, Głębokie i Świebodzin - Kofu, Sirelia i Petrina.
  - Radostowo i Krzyzewo - Abelina, SG Anser i Sirelia,
  - Wróćkowo - Abelina, Merlin i SG Anser,
  - Karzniczka - Abelina, Erica i SG Anser,
  - Marianowo - Abelina, Erica i Merlin,
  - Nowa Wieś Ujska - Erica i GL Melanie,
  - Białogard – odmiana Erica.
11. W północnych rejonach kraju możliwa jest uprawa soi, pod warunkiem wprowadzenia efektywnego systemu sprawdzania przydatności odmian do uprawy, wraz z ich rekomendacją, która powinna uwzględniać potencjał plonowania i odpowiednią wczesność zapewniającą osiągnięcie dojrzałości pełnej w terminie umożliwiającym zbiór w tej części Polski.

## X. PIŚMIENNICTWO

1. Alsajri F. A., Singh B., Wijewardana C., Irby J. T., Gao W., Reddy K. R. 2019. Evaluating soybean cultivars for low- and high-temperature tolerance during the seedling growth stage. *Agronomy* 9, 13; doi:10.3390/agronomy9010013.
2. Anderson W. K. 2010. Closing the gap between actual and potential yield of rainfed wheat. The impacts of environment, management and cultivar. *Field Crops Res.* 116: 14-22.
3. Anderson W. K., Van Burgel A. J., Sharma D. L., Shackley B. J., Zaicou-Kunesch C. M., Miyan M. S., Amjad M. 2011. Assessing specific agronomic responses of wheat cultivars in a winter rainfall environment. *Crop and Pasture Sci.* 62: 115-124.
4. Annicchiarico P. 2002 a. Defining adaptation strategies and yield stability targets in breeding programmes W: Kang M.S. (Ed.) *Quantitative genetics, genomics and plant breeding.* CAB, Wallingford, UK.: 165-183.
5. Annicchiarico P. 2002 b. Genotype-environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 174.* Food and Agriculture Organization, Rome.
6. Annicchiarico P. 2009. Coping with and exploiting genotype  $\times$  environment interactions. In: Ceccarelli S., Guimarães E. P., Weltzien E. (eds), *Plant Breeding and Farmer Participation.* Food and Agricultural Organization, Rome: 519-564.
7. Annicchiarico P., Chiapparino E., Perenzin M. 2010 a. Response of common wheat varieties to organic and conventional production systems across Italian locations and implications for selection. *Field Crops Res.* 116: 230-238.
8. Annicchiarico P., Russi L., Piano E., Veronesi F. 2006. Cultivar adaptation across Italian locations in four turf grass species. *Crop Sci.* 46: 264-272.
9. Annicchiarico P., Scotti C., Carelli M., Pecetti L. 2010 b. Questions and avenues for lucerne improvement. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 46:1-13.
10. ARiMR 2022. <https://www.arimr.gov.pl>.
11. Assefa Y., Archontoulis S., Bajjalieh N., Casteel S., Davidson D., Kovács P. et al. 2018. Spatial characterization of soybean yield and quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. *Scientific Reports:* 8, 14653.

12. Assefa Y., Purcell L. C., Salmeron M., Naeve S., Casteel S. N., Kovács P., Archontoulis S., Licht M., Below F., Kandel H., Lindsey L. E., Gaska J., Conley S., Shapiro C., Orłowski J. M., Golden B. R., Kaur G., Singh M., Thelen K., Laurenz R., Davidson D., Ciampitti I. A. 2019. Assessing variation in US soybean seed composition (protein and oil). *Front. Plant Sci.*, 11 March 2019 <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00298>
13. Basford K. E., Cooper M. 1998. Genotype × environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 153-174. Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101, 1: 1-23.
14. Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101, 1: 1-23.
15. Bednarczyk M., 2020. Wpływ rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie odmian soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 4-134.
16. Bellaloui H., Abbas H. K., Bruns H. A., Fisher D. K., Mengistu A., Reddy N. K. 2015 a. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. *Frontiers in Plant Science*: 6, 31.
17. Bellaloui H., Abbas H.K., Bruns H.A., Fisher D.K., Mengistu A., Reddy N.K. 2015 b. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under us Mississippi Delta conditions. *PLoS ONE*: 10, 1-23.
18. Bellaloui N., Bruns H. A., Gillen A. M., Abbas H. K., Zablutowicz R. M., Mengistu M. et al. 2010. Soybean seed protein, oil, fatty acids and mineral composition as influenced by soybean-corn rotation. *Agric. Sci.* 1, 102-109. doi: 10.4236/as.2010.13013.
19. Bellaloui N., Mengistu A. 2008. Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar. *Irrigation Science*: 26, 261-268.
20. Berschneider J. 2016. Chances and Limitations of European Soybean Production: Market Potential Analysis. Institute of Agricultural Policy and Markets (420), Agricultural and Food Policy (1-161).
21. Bezdicek D. F., Abede E. B., Evans D. W., Witters R. E. 1978. Evaluation of peat and granular inoculum for soybean yield and N fixation under irrigation. *Agronomy Journal*, 70, 865–868.
22. Bils R. F., Howell R. W. 1963. Biochemical and cytological changes in developing soybean cotyledons, *Crop Sci.* 3:304-308.

23. Bobrecka-Jamro D. 1980. Badania nad wpływem gęstości siewu na rozwój roślin i strukturę plonu nowych form soi. Praca doktorska AR, Kraków.
24. Bobrecka-Jamro D., Pałka M., Sierpińska W. 1995. Wpływ gęstości siewu i przedplonów na cechy morfologiczne nowych odmian soi. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie: Rolnictwo 32, 5-17.
25. Bobrecka-Jamro D., Pizło H. 1996. Wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie soi w warunkach Polski południowo-wschodniej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin: 198, 31-44.
26. Bocianowski J., Księżak J., Nowosad K. 2019. Genotype by environment interaction for seeds yield in pea (*Pisum sativum* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. Euphytica 215, 191.
27. Borkowski R. 1930. Soja a nasze rolnictwo. Księgarnia Rolnicza, Warszawa.
28. Boydak E., Alpaslan M., Hayta M., Gercek S., Simsek M. 2002. Seed composition of soybeans grown in the Harran region of Turkey as affected by row spacing and irrigation. Journal of Agricultural and Food Chemistry: 50, 4718-4720.
29. Brevedan R. E., Egli D. B. 2003. Short period of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science: 43, 6, 2083-2088.
30. Brumm T. J., Hurburgh C. R. 2006. Changes in long-term soybean compositional patterns. Journal of the American Oil Chemists' Society: 83, 981-983.
31. Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 a. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. Biul. IHAR 250: 189-201.
32. Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 b. Zastosowanie metody rang grup jednorodnych i współczynnika zmienności do badania stabilności plonowania odmian żyta. Biul. IHAR 250: 217-224.
33. Bujak H., Tratwal G. 2011. Ocena stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej na podstawie doświadczeń porejestrowych w Polsce. Biul. IHAR 260/261.
34. Bujak K., Frant M. 2009. Wpływ mieszanek herbicydów na plonowanie i zachwaszczenie pięciu odmian soi. Acta Agrophysica: 13, 3, 601-613.
35. Burlamaqui P. F. 1975. Variation in soybean yield components in relation to genotype and productivity level. Unpublished Ph.D. Dissertation. Iowa State Univ. *University Microfilms*, Ann Arbor, Mich. (Microfilm number DCJ 76-01823).

36. Burton J. W. 1987. Quantitative genetics: results relevant to soybean breeding. In: Wilcox JR (ed) Soybeans: improvement, production and uses, 2nd edn. The American Society of America, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, 211-24.
37. Bury M., Nawaracza J. 2004. Wstępna ocena potencjału plonowania odmian soi (*Glycine max* (L.) Merrill) uprawianych w rejonie Szczecina. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops*: 25, 415-422.
38. Carrera C., Balzarini M., Dardanelli J., Martínez M. 2009. Water deficit effect on the relationship between temperature during the seed fill period and soybean seed oil and protein concentrations. *Crop Science*: 49, 990-998.
39. Chapman G. W., Budrick D., Robertson J. A. 1976. Chemical composition and lipoxygenase activity in soybean affected by genotype and environment. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 53, 54-56.
40. Christensen J. H., Busuioc A., Hewitson B. et al. 2007. Regional Climate Projections. [w:] *Climate Change 2007: The physical science basis. contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.
41. Chy W. S., Sheldon V. L. 1979. Soybean oil quality as influenced by planting site and variety. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 56, 71-75.
42. Cober E. R., Voldeng H. D. 2001. a new soybean maturity and photoperiodsensitive locus linked to E1 and T. *Crop Science*: 41, 698-701.
43. COBORU. [www.coboru.gov.pl](http://www.coboru.gov.pl).
44. COBORU 2019. Wstępne wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porównawczych. Soja.
45. Cooper R. L. 2003. a delay flowering barrier to higher soybean yields. *Field Crops Research*: 82, 27-35.
46. Criswell J. G., Hume D. J. 1972. Variation in sensitivity to photoperiod among early maturing soybean strains. *Crop Science*: 12, 5, 657-660.
47. Cure J. D., Patterson R. P., Raper C. D., Jackson W. A. 1982. Assimilate distribution in soybeans as affected by photoperiod during seed development, *Crop Sci.* 22:1245-1250.
48. Dardanelli J. L., Balzarini M., Martínez M. J., Cuniberti M., Resnik S., Ramunda S. F., et al. (2006). Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-

- environments for seed composition in Argentina. *Crop Sci.* 46, 1939-1947. doi: 10.2135/cropsci2005.12-0480.
49. De Bruin J. L., Pedersen P. 2008. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. *Agronomy Journal*: 100, 704-710.
50. De Vita P., Mastrangelo A. M., Matteu L., Mazzucotelli E., Virzi N., Palumbo M., Lo Storto M., Rizza F., Cattivelli L. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. *Field Crops Res.* 119: 68-77.
51. Dembiński F., Horodyski A., Jaruszewska H. 1962. Porównanie 17 gatunków jarych roślin oleistych. *Pamiętnik Puławski*: 8,3-82.
52. Derejko A. i Mądry W. 2012. Przegląd zastosowań metod statystycznych w analizie danych z serii doświadczeń odmianowych i odmianowo-agrotechnicznych. *Biul. IHAR*, 273, 101-118.
53. Devi J. M., Carter T. E., Chen P., Sinclair T. R. 2014. Evaluation of elite southern maturity Soybean breeding lines for drought-tolerant traits. *Agronomy Journal*: 106, 1947-1954.
54. Dias C., Krzanowski W. 2003. Model selection and cross validation in additive main effect and multiplicative interaction models. *Crop Science* 43, 865-873.
55. Dima, D. C. 2015. Soybean Crop in Romania, Bulgaria and the Republic of Moldova: Current Situation and Perspectives. Vol. 6. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. Austria, Vienna. pp. 3-8.
56. Donau Soya Annual Report 2019: 1-83,
57. Dornbos D. L., Mullen R. E. 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *Ibid.* 69:228-231.
58. Duke S. H., Schrader L. E., Miller M. G. 1977. Low temperature effects on soybean (*Glycine max* L. Merr. cv. Wells) mitochondrial respiration and several dehydrogenases during imbibition and germination. *Plant Physiol.* 60, 716-722.
59. Dybowicz F. 1955. o uprawie soi. *Biuletyn Hodowli i Selekcji Roślin*, 4, 82, 5-6.
60. Dz.U. 2012 poz.1246. Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów.
61. Dzikowski B. 1937. *Studia nad soją Glycine hispida (Moench.) Maxim.* Cz. 1. Morphologia. *Mémoires de l'Institut National Polonais d'Économie Rurale à Pulawy*: 254, 69-100.



62. Egli D. B. 1993. Cultivar maturity and potential yield of soybean. *Field Crops Research*: 32, 1-2, 147-158.
63. Egli D. B., Wardlaw I. F. 1980. Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. *Agronomy Journal*: 72, 560-564.
64. Elsheikh E. A. E., Salih S. S. M., Elhussein A. A. and Babiker E. E. 2009. Effects of intercropping, Bradyrhizobium inoculation and chicken manure fertilisation on the chemical composition and physical characteristics of soybean seed. *Food Chem.* 112, 690-694. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.06.037.
65. Eurostat 2015-2019. <https://ec.europa.eu/eurostat>
66. FAOSTAT 2021 <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
67. Filoda G., Mrówczyński M. 2016. Metodyka integrowanej ochrony i produkcji soi dla doradców. Instytut Ochrony Roślin-Państwowy Instytut Badawczy: Poznań, 7-137.
68. Finlay K. W., Wilkison G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Sci.* 14.
69. Fletcher A. L., Allen L. H., Sinclair, T. R. 2007. Transpiration response to vapor pressure deficit in well watered 'slow wilting' and commercial soybean. *Environmental and Experimental Botany*: 61, 145-152.
70. Fox C. M., Cary T. R., Nelson R. L., Diers B. W. 2015. Confirmation of a seed yield QTL in soybean. *Crop Science*: 55, 992-998.
71. Freeman J. P., Philips S. W. 1959. Results of the Kentucky soybean variety performance, date of planting and fertilizer tests. Progress Report Agricultural Experiment Station University Kentucky: 87, 1960, 11.
72. Freiria G. H., Leite R. S., Lima W. F., Mandarino J. M. G., Prete C. E. C., da Silva J. B. 2016. Productivity and chemical composition of food type soybean different sowing dates. *Acta Scientiarum: Agronomy Maringá*, 38, 3, 371-377.
73. Gacek E. 1998. Program porejestrowego doświadczeń odmianowego w Polsce. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 3: 32-34.
74. Gacek E., Behnke M. 1999. Stan realizacji porejestrowego doświadczeń odmianowego w Polsce. *Hod. Rośl. Nasien.* 3: 42-47.
75. Gacek E., Behnke M. 2006. Wdrażanie postępu biologicznego do praktyki rolniczej w warunkach gospodarki rynkowej. *Biul IHAR 240/241*: 83-90.

76. Garner W. W., Allard H. A. 1930. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors, *Journal of Agricultural Research*: 41, 10, 719-735.
77. Gauch H. G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44, 705-715.
78. Gauch H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science, New York, NY.
79. Gauch H. G., Piepho H. P., Annicchiarico P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Sci.* 48: 866-889.
80. Gauch H. G., Zobel R. W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.* 37: 311-326.
81. Gaynor L. G., James A. T., Lawn R. J. 2012. Agronomic studies on irrigated soybean in southern New South Wales. I. Phenological adaptation of genotypes to sowing date. *Crop and Pasture Science*: 62, 12, 1056–1066.
82. Gibson L. R., Mullen R. E. 1996 a. Influence of day and night temperature on soybean seed yield. *Crop Science*: 36, 98–104.
83. Gibson L. R., Mullen R. E. 1996 b. Soybean seed composition under high day and night growth temperatures. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 73, 733-737.
84. Goldflus F., Ceccantini M., Santos W. 2006. Amino acid content of soybean samples collected in different Brazilian states - Harvest 2003/2004. *Braz. J. Poult. Sci.* 8, 105-111. doi: 10.1590/S1516-635X2006000200006.
85. Gollob H. F. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika* 33, 73–155
86. Goto K., Yamamoto T. 1972. Studies on cool injury in bean plants. III. Abnormalities in the reproductive processes relating to pod dropping as affected by cool temperature before anthesis in soybean plants. *Res. Bull. Hokkaido National Agricultural Experimental Station.* 100: 14-19\*.
87. Green D. E., Cavanah L. E., Pinnel E. L., Williams L. F. 1965. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. *Agronomy Journal*: 57, 2, 165-168.
88. Griebisch A., Bellingrath-Kimura D., Rosner G., Schmidtke K. 2019. Wie tief intensive wurzeln Sojabohnen unter kontinental geprägten Bedingungen Zentraleuropas? Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Innovatives Denken für eine

- nachhaltige Land-und Ernährungswirtschaft. Universität Kassel: 05-09 Marz 2019, 108-109.
89. Grieshop C. M., Fahey G. C. Jr. 2001. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China and the United States. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2669-2673. doi: 10.1021/jf0014009.
90. Haegele J. W., Below F. E. 2013. The six secrets of soybean success: improving management practices for high yield soybean production. Available at: <<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2012%20Six%20Secrets%20of%20Soybean%20Success%20report.pdf>>. Access on: Nov. 8, 2015.
91. Ham G. E., Liener I. E., Evans S. D., Frazier R. D., Nelson W. W. 1975. Yield and Composition of Soybean Seed as Affected by N and S Fertilization, *Agronomy Journal*: 67, 3, 293-297.
92. Hartman G. L., Rupe J. C., Sikora E. J., Domier L. L., Davis A. J., Steffey K. L. 2015. *Compendium of Soybean Diseases and Pests*. 5th ed. APS press. St. Paul, Minnesota, USA, pp. 1-8.
93. Hartwig E. E. 1970. Growth and reproduction characteristics of soybean grown under short-day conditions. *Crop Science*: 12, 47-53.
94. Hartwig E. E. 1973. Varietal development. In: Caldwell B. E. (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses*. *Agronomy Journal*: 16, 187-207.
95. Harue T., Hirokadzu T. 1971. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds. *Japanese Journal of Crop Science*: 40, 530-534.
96. He L., Jin N., Yu Q. 2019. Impacts of climate change and crop management practices on soybean phenology changes in China. *Science of The Total Environment*: 707, 135638
97. Heatherly L. G., Elmore R. W. 2004. Managing inputs for peak production. In *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. *Agronomy Monographs*: 3rd edn. No. 16. Edited by Specht J.E. and Boerma H.R. 451-536.
98. Herse J., Szyrmer J. 1968. Wyniki badań nad uprawą soi. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
99. Heyland K. U. 1996. *Landwirtschaftliches Lehrbuch: Spezieller Pflanzenbau (Agricultural textbook: specific crop production)*. 7th ed. Ulmer. Stuttgart, Germany.
100. Hinson K., Hartwig E. E. 1982. Soybean production in the tropics. *FAO Plant Production and Protection*: Paper 4, 2-12.

101. Holmberg S. A. 1973. Soybeans for cool temperate climates. *Agri Hortique Genetica*: 31, 1-20.
102. Horiguchi I. 1980. The damage forecast of rice and soybean yield caused by cool summer temperature. *Memoirs of the Faculty of Agriculture Hokkaido University*. 12 (3) : 222-229\*.
103. Howell R. W., Cartter J. L. 1958. Physiological factors affecting composition of soybeans: II. Response of oil and other constituents of soybeans to temperature under controlled conditions. *Journal*: 50, 664-667.
104. Hu M., Wiatrak P. 2011. Effect of planting date on soybean growth, yield and grain quality: Review. *Agronomy Journal*: 104, 3, 785-790.
105. Hume D. J., Jackson A. K. H. 1981. Pod formation in soybeans at low temperatures. *Crop Sci*. 21 : 933-937.
106. Hurburgh C., Brumm T. Jr., Guinn J., Hartwig R. 1990. Protein and oil patterns in U. S. and world soybean markets. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 67, 966-973.
107. Hymowitz T., Collins F. I., Panczer J., Walker W. M. 1972. Relationship between the content of oil, protein and sugar in soybean seed. *Agron. J.* 64:613-616.
108. IDH and IUCN NL 2019. European Soy Monitor: Insights on the European supply chain and the use of responsible and deforestation-free soy in 2017.
109. iGrow 2015. A Service of SDSU Extension. Soybean Physiology: Relative Maturity Explained. Available online: <http://igrow.org/agronomy/soybeans/soybean-physiology-relative-maturity-explained/>. Last access: 04.08.2016.
110. IPCC. 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-spm-1.pdf> Ishizuka J.
111. Iwańska M., Mądry W., Drzazga T., Rajfura A. 2008. Zastosowanie miar statystycznych do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian pszenicy ozimej na podstawie serii doświadczeń przedrejstrowych. *Biul. IHAR* 250: 67-86.
112. Iwańska M., Mądry W., Rajfura A., Drzazga T. 2009. Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejstrowych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 253: 31-45.

113. Jaranowski J., Konieczny G., Muszyński A., Skorupska H., Torz L. 1983. Charakterystyka zmienności ważniejszych pod względem gospodarczych cech użytkowych soi. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych: 253, 7-24.
114. Jaranowski J., Muszyński A., Skorupska H., Torz L. 1984. Charakterystyka zmienności i ważniejszych pod względem gospodarczym cech użytkowych soi (*Glycine max* L.). Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych: LVII, 149-159.
115. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2015. Wpływ nawożenia dolistnego na plon i skład chemiczny nasion soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Fragmenta Agronomica: 32 (4), 22-31.
116. Jasińska Z., Kotecki A. 1993. Rośliny strączkowe. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 5-194.
117. Jasińska Z., Kotecki A., Kozak M. 1996. Reakcja soi odmiany Polan na nawożenie azotem i mikroelementami. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin: 198, 71-79.
118. Jasińska Z., Kotecki A., Malarz W. 1987. Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na plonowanie soi na glebie brunatniej-średniej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin: 167, 117-124.
119. Jordan D. C. 1984. Family III. Rhizobiaceae comm. 1938. In: Boergey's Manual of Determinative Bacteriology. Vol. 1. Ed. N.R. Krieg et al. 234-256. Williams and Wilkins. Baltimore, USA
120. Kamp J., Van Berkum S., Van Reeuwijk P., Timmer R. 2010. Verkenning naar de mogelijkheden van eiwithoudende teelten in Europa. Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten, Publicatienummer: 412. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant and Omgeving, Wageningen UR., 1-27.
121. Kane M. V., Steele C. C., Grabau L. J., MacKown C. T., Hildebrand D. F. 1997. Early-maturing soybean cropping system: III. Protein and oil contents and oil composition, Agron. J. 89: 464-469.
122. Kaw R. N., Menon P. M. 1972. Association between yield and components in soybeans. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding: 32, 276-280.
123. Keirstead C. H. 1952. Marketing study of factors affecting the quantity and value of products obtained from soybeans, U.S. Department of Agriculture, Production and Marketing Administration, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, C35 pp.

124. Kocur J. 1972. Vplyv klimaticko-poveternostnych podmienok na urodu soje. Pol'nohospodarstvo, 18, 1, 14-26.
125. Kocur J. 1975. Agroekologicke problemy pestovani soje. Uroda, 23, 9, 340-342.
126. Kołodziej J., Pisulewska E. 2000. Wpływ czynników meteorologicznych na plon nasion i tłuszczu oraz zawartość tłuszczu w nasionach dwóch odmian soi. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 21, 759-776.
127. Kondracki J. 2009. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009.
128. Kotecki A., Lewandowska S. 2020. Studia nad uprawą soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce, 5-226. Monografie CCXXVIII, DOI: 10.30825/1.15.2020 ISSN 2083-5531 ISBN 978-83-7717-346-6.
129. Kozak M., Černý I., Kotecki A., Malarz W., Serafin-Andrzejewska M. 2008. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu i biostymulatora Asahi SL na skład chemiczny nasion i resztek pozbiorowych soi uprawnej. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops: 29, 217-230.
130. Koźmiński C. 1981. Temperatura gleby na głębokości 5 cm w Polsce. Akademia Rolnicza w Szczecinie. Instytut Uprawy i Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach: 1-76.
131. Krichner O. 1896. Die Wurzellknöllchen der Sojabohne. Beitr. Biol. Pflanzen 7: 213-223.
132. Kruppa B. 2015. Non-GMO Soy Synopsis – Global supply of certified non-GMO soy. Pro Terra Foundation and Danube Soya Association. Bilthoven, Netherlands.
133. Kruppa B. 2016. Danube Soya Market Report. Soy area, output and price in Europe. June 2016. Danube Soya Association. Vienna, Austria.
134. Kucharik Ch. J., Serbin P. S. 2008. Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. Environmental Research Letters: 3, 3, 10.
135. Kumar V., Hussain S. M., Rani A., Solanki S. 2006. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. Journal of Food Composition and Analysis: 19, 188-195.
136. Kuperman P. 1965 Biologiczne obserwacje w rolnictwie. PWRiL, Warszawa 1965.
137. Kurosaki H., Yumoto S. 2003. Effects of low temperature and shading during flowering on yield components in soybeans. Plant Prod. Sci. 6(1): 17-23.

138. Kurosaki H., Yumoto S., Matsukawa I. 2003. Pod setting pattern during and after low temperature and the mechanism of cold-weather tolerance at the flowering stage in soybeans, *Plant Prod. Sci.* 6(4): 247-254 (2003).
139. Kusano M., Achard F., Ballam J. M., Baxter I., Bouvrette D. J., Culler A. H., Fukushima A., Harrigan G. G., Jakubowski A. R., Nakabayashi R., Oikawa A., Okazaki Y., Phillips J. R., Saito K. 2015. Assessing metabolomic and chemical diversity of a soybean lineage representing 35 years of breeding. *Metabolomics*: 11, 261-270.
140. Lista odmian zalecanych do uprawy na terenie województwa opolskiego 2017, 2019.
141. Listy odmian zalecanych do uprawy na terenie województw COBORU 2019.
142. Lista odmian zalecanych do uprawy w województwie podkarpackim na rok 2020.
143. Lista odmian roślin rolniczych COBORU 1992, 2002, 2017, 2021.
144. Lista opisowa odmian roślin rolniczych COBORU 2015, 2017, 2019.
145. Lityński A. 1967. Dotychczasowe osiągnięcia w hodowli i uprawie soi oraz jej znaczenie w gospodarce narodowej, *Biuletyn IHAR*, 6, 29-41.
146. Lorenc-Kozik A. M., Pisulewska E. 2003. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i mikroelementami na plonowanie wybranych odmian soi. *Rośliny Oleiste*: 24, 131-142.
147. Lozovaya V. V., Dayde J., Lygina. V., Nelson R. L., Ulanov A. V., Widholm J. M. 2005. Effect of temperature and soil moisture status during seed development on soybean seed isoflavone concentration and composition. *Crop Science*: 45, 1934-1940.
148. Łykowski B. 1984. Warunki klimatyczne rozwoju i plonowania soi w Polsce. *Rozprawy Naukowe i Monografie. Dział Wydawniczy Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*: Warszawa, 41, 1-84.
149. Ma B. L., Yan W., Dwyer L. M., Fregeau-Reid J., Voldeng H. D., Dion Y., Nass H. 2004. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agron. J.* 96: 169-180.
150. Mackiewicz Z. 1954 a. Porównanie odmian soi w latach 1947-1951 w Bydgoszczy i Minikowie. *Roczniki Nauk Rolniczych*: 69 A, 2, 292-294.
151. Mackiewicz Z. 1954 b. Terminy siewu soi w Polsce. *Doniesienia o pracach naukowo-hodowlanych. Roczniki Nauk Rolniczych*: 69 A, 2, 295.
152. Mackiewicz Z. 1955. Zagadnienie uprawy soi w Polsce w świetle badań krajowych. *Roczniki Nauk Rolniczych, ser. D, Monografie, ISSN 0080-3685, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne*: 71, 168.

153. Mackiewicz Z. 1959. Krytyczne okresy wilgotnościowe w rozwoju soi. *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo*: 3, 4, 507-514.
154. Mackiewicz Z. 1965. *Uprawa soi*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne: Warszawa, 69.
155. Major D. L., Anderson I. C., Johnson D. J., Tanner J. W. 1975. Effects of day length and temperature on soybean development. *Crop Science*: 15, 174-179.
156. Maluleke I. 2021. Implications of geographic soya bean production concentration: Historical production, consumption and trade. *Oil Seeds Focus*, 7(2), 2021, pp. 35-37.
157. McAlister D. F., Krober O. A. 1958. Response of soybeans to leaf and pod removal. *Agronomy Journal*: 50, 674-677.
158. Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. *Rośliny rolnicze, strączkowe*. Słupia Wielka 1998.
159. Michailov Y. G., Marjuskin Y. F., Sichkar V. I. 1989. Cold tolerance during reproductive growth of soybean. *Soybean Genetic Newsletter* 16: 211-213.
160. Michałek S., Borowski E. 2006. Plonowanie oraz zawartość tłuszczu, kwasów tłuszczowych i białka w nasionach krajowych odmian soi w warunkach suszy. *Acta Agrophysica*: 8, 2, 459-471.
161. Mikel M. A., Diers B. W., Nelson R. L., Smith H. H. 2010. Genetic diversity and agronomic improvement of North American soybean germplasm. *Crop Science*: 50, 1219-1229.
162. Miladinović J., Hrustić M., Vidić M. 2011. *Soybean*. Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad and Sojaprotein. Bečej, AMB Grafika, Novi Sad, Serbia. p 513.
163. Mohammadi R., Amri A. 2009. Analysis of genotype × environment interactions for grain yield in durum wheat. *Crop Sci.* 49: 1177-1186.
164. Mohammadi R., Sadeghzadeh D., Armion M., Amri A. 2011. Evaluation of durum wheat experimental lines under different climate and water regime conditions of Iran. *Crop Pasture Sci.* 62: 137-151.
165. Mondal M. M. A., Puteh M., Malek A., Ismail M. R. 2012. Optimizing seed rate of mungbean. *Legume Research*: 35, 126-131.
166. Mota F. S. 1973. Soybean and weather. Technical Note, 160, WMO no. 498, 64.
167. Mota F. S. 1978. Soya bean and weather. World Meteorological Organization, XVI, 498, 64.



168. Mourtzinis S., Conley S. P., Specht J. E. 2019. Defining optimal soybean sowing dates across the US. *Scientific Reports* volume 9, Article number: 2800.
169. Mourtzinis S., Gaspar A., Naeve S., Conley S. P. 2017. Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal*: 109, 5, 2040-2049.
170. Muszyński J., Strażewicz W. 1933. Soja, jej historia, znaczenie gospodarcze, uprawa, użytkowanie oraz dotychczasowe wyniki uprawy w Polsce, Wilno, 4 -81.
171. Naeve S.L., Huerd S.C., 2008. Year, region, and temperature effects on the quality of Minnesota's soybean crop. *Agronomy Journal*, 100, 690–695.
172. Nakasathien S., Israel D. W., Kwanyuen P., Wilson R. F. 2000. Regulation of seed protein concentration in soybean by supra-optimal nitrogen supply. *Crop Science*: 40, 1277-1284.
173. Navabi A., Yang R. C., Helm J., Spaner D. M. 2006. Can spring wheat-growing mega environments in the Northern Great Plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes? *Crop Sci.* 46: 1107-1116.
174. Nawracała J., 2001. Efektywność kwitnienia zróżnicowanych genotypów soi (*Glycine max* (L.) Merrill) w warunkach środowiskowych Wielkopolski. *Rośliny Oleiste*: 22, 27-44.
175. Nawracała J., Konieczny G. 1997. Możliwości wykorzystania zmienności introdukowanej, mutacyjnej i rekombinacyjnej w hodowli soi. *Hodowla Roślin – i Krajowa Konferencja*: 91-94.
176. OECD FAO 2016. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025. OECD Publishing. Available online: <http://www.fao.org/3/a-i5778e.pdf>. Last access: 27.07.2016.
177. Olesen J. E., Ånguez M. I., Carter T. R., Daaz-Ambrona C. H., Fronzek S., Heidmann T., Hickler T., Holt T., Morales P., Palutikof J., Quemada M., Ruiz-Ramos M., Rubak G., Sau F., Smith B., Sykes M. 2007. Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change*: 81, 123-143.
178. Olivoto T., Lucio A. D. C., Da Silva J. A. G., Marchioro S., De Souza Q., Jost E. 2019. Mean performance and stability in multienvironment trials I: Combining features of AMMI and BLUE techniques. *Agronomy Journal* 111, 2949-2960.

179. Osier R. L., Cartter J. H. 1954. Effect of planting date on chemical composition and growth characteristics of soybeans. *Agronomy Journal*: 46, 6, 267-270.
180. Owsiański J. 1899. *Soja wczesna (Soja hispida praecox)*. Warszawa: 1-4.
181. Paderewski J., Gauch H. G., Mądry W., Drzazga T., Rodrigues P. C. 2011 Yield response of winter wheat to agro-ecological conditions using additive main effects and multiplicative interaction and cluster analysis. *Crop Sci.* 51: 969-980.
182. Paderewski J., Mądry W. 2012. Zastosowania modelu AMMI do analizy reakcji odmian na warunki środowisk rolniczych. *Biul. IHAR* 263: 161-188.
183. Palle P., Licht M. 2014. *Soybean Growth and Development*. Iowa State University – Extension and Outreach. Iowa, USA. pp 2-8.
184. Pandey J. P., Torrie J. H. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean. *Crop Science*: 13, 505-507.
185. Paschal H., Berger G., Nari C. 2000. Soybean breeding in South America. pp. 11-18. In: *Understanding Soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability*. Crop Society of America. Madison, USA.
186. Pasternakiewicz A., Dżugan M. 2009. Ocena zawartości podstawowych makroskładników w nasionach soi. *Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie*: 1, 217-222.
187. Patil G., Carter T. C., Chen P., Mian R., Nguyen H. T., Pantalone V., Shannon G. J., Song Q., Vuong T. 2017. Molecular mapping and genomics of soybean seed protein: a review and perspective for the future. *Theoretical and Applied Genetics*: 130, 1975-1997.
188. Pecetti L., Annicchiarico P., Abdelguerfi A., Kallida R., Mefti M., Porqueddu C., Simoes N., Volaire F., Lelievre F. 2011. Response of mediterranean tall fescue cultivars to contrasting agricultural environments and implications for selection. *J. Agron. Crop Sci.* 197: 12-20.
189. Piper E. L., Kenneth J. 1999. Boote Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations American Oil Chemists' Society. October 1999. DOI: 10.1007/s11746-999-0099.
190. Podolsky K. 2015. Soybean maturity: it's complicated. Manitoba Pulse Growers Association. Available online:

- [http://www.mmpp.com/mmpp.nsf/ym\\_2015\\_06\\_soybean\\_maturity.pdf](http://www.mmpp.com/mmpp.nsf/ym_2015_06_soybean_maturity.pdf). Last access: 08.08.16.
191. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych - PTG 2008, Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 2009, 60(2): 6-15.
  192. Polson D. E. 1972. Day-neutrality in soybeans. *Crop Science*: 12, 6, 773.
  193. Pookpakdi A. 1978. a study of growth and yield components of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). Ph.D. Dissertation: Univ. of Missouri.
  194. Popovic V., Malesevic M., Miladinovic J., Maric V., Zivanovic L. 2013. Effect of agroecological factors on variations in yield, protein and oil contents in soybean grain. *Romanian Agricultural Research*: 30, 241-247.
  195. Purcell L., Specht J. E. 2004. Physiological traits for ameliorating drought stress. In Boemma H. R., Specht J. E. *Soybeans: Improvement, Production and Uses* 3<sup>rd</sup> edn American Society of Agronomy: 569-620.
  196. Pyzik J. 1982. Wpływ warunków przyrodniczych i czynników agrotechnicznych na plon i skład chemiczny nasion oraz niektóre cechy morfologiczne nowych form soi. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 87, 80.
  197. Pyzik J., Bobrecka-Jamro D., Rząsa B., 1987. Wpływ gęstości siewu na cechy morfologiczne wczesnych odmian i rodów soi w południowo-wschodnim rejonie Polski. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*: 164, 71–82.
  198. Rahman M., Hossain M., Anwar P., Juraimi A. S. 2011. Plant density influence on yield and nutritional quality of soybean seed. *Asian Journal of Plant Sciences*.: 10, 2, 125-132.
  199. Rao M. S. S., Mullinix B. G., Rangappa M., Cebert E., Bhagsari A. S., Sapra V. T. et al. (2002). Genotype × environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotypes. *Agron. J.* 94, 72-80. doi: 10.2134/agronj2002.0072.
  200. Ren C., Bilyeu K. D., Beuselinck P. 2009. Composition, vigor and proteome of mature soybean seeds developed under high temperature. *Crop Science*: 49, 1010-1022.
  201. Rinker K., Cary T., Casteel S., Schapaugh W., Chen P., Cianzio S. R., Conley S., Davis V., Diers B., Fox C., Graef G., Godsey C., Holshouser D., Jiang G. L., Kantartzi S. K., Kenworthy W., Lee C., Mian R., McHale L., Naeve S., Nelson R., Orf J., Poysa V., Shannon G., Sleper D., Specht J., Uniatowski R., Wang D. 2014. Genetic improvement of U. S. soybean in maturity groups II, III and IV. *Crop Science*: 54, 1419-1432.

202. Robinson A. P., Conley S. P., Santini J. B., Volenec J. J. 2009. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. *Agronomy Journal*: 101, 131–139.
203. Robinson S. L., Wilcox J. R. 1998. Comparison of determinate and indeterminate soybean near-isolines and their response to row spacing and planting date. *Crop Science*: 38, 1554–1557 SAS, 2010. SAS User's Guide: Statistics Version 9.3. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
204. Rotundo J. L., Westgate M. E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. *Field Crops Research*: 110, 147-156.
205. Runge E. C. A., Odell R. T. 1960. The relation between precipitation, temperature and the yield of soybeans on the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois. *Agronomy Journal*: 52, 245-247.
206. Saito M., Yamamoto T., Goto K., Hashimoto K. 1970. Influence of cool temperature before and after anthesis, on pod - setting and nutrients in soybean plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* 39 (4) : 511-519.
207. Sato K., Ikeda T. 1979. The growth responses of soybean to photoperiod and temperature. iV. The effect of temperature during the ripening period on the yield and characters of seeds, *Jpn. J. Crop. Sci.* 48:283-290.
208. Schlenker W., Roberts M. J. 2008. Estimating the impact of climate change on crop yields the importance of nonlinear temperature effects. *National Bureau of Economic Research: Working Paper*, 13799.
209. Schlenker W., Roberts M. J. 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U. S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*: 106, 37, 15594-15598.
210. Schmid J., Keller E. R. 1980. The behavior of three cold-tolerant and a standard soybean cultivar in relation to the level and the duration of a cold stress. *Canadian Journal of Plant Science*: 60, 821-829.
211. Schuster W., Jobehdar-Honarnejad R. 1976. Die Reaktion verschiedener Sojabohnensorten auf Photoperiode und Temperatur. *Zeitschrift für Acker-und Pflanzenbau*: 142, 1-19.
212. Scott W. O., Aldrich S. R. 1970. *Modern soybean production*. 1st Ed. S & a Publications: Champaign, Illinois.

213. Sebastian S. A., Fabrizius M. A., Feng L., Hedges B. R., Hinds M. A., Hoeck J. A., Kallem R. L., Schmidt D. H., Soper J. F., Stephens P. A., Streit L. G., Thompson J. A. 2010. Context-specific marker-assisted selection for improved grain yield in elite soybean populations. *Crop Science*: 50, 1196-1206.
214. Serretti C. 1993. Influence of high protein, genotype and environment on protein quality of soybean, Master's Thesis, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
215. Shanmu-Gasundaram S., Tsou S. C. S. 1978. Photoperiod and critical duration for flower induction in soybean. *Crop Science*: 18, 4, 598-601.
216. Shroyer J. P. 1980. Soybean morphological characters and yield components as influenced by growth type, row spacing, population and planting date. *Retrospective Theses and Dissertations Iowa State University Capstones*: 1-187.
217. Shurtleff W., Aoyagi A. 2015 a. History of soybeans and soyfoods in Italy (1597-2015): extensively annotated bibliography and sourcebook, 1 – 618, Copyright © 2015 by Soyinfo Center.
218. Shurtleff W., Aoyagi A. 2015 b. History of soybeans and soyfoods in France (1665-2015): extensively annotated bibliography and sourcebook, 1 – 1202, Copyright © 2015 by Soyinfo Center.
219. Shurtleff W., Aoyagi A. 2015 c. History of soybeans and soyfoods in Austria and Switzerland (1781-2015): extensively annotated bibliography and sourcebook, 1 – 705, Copyright © 2015 by Soyinfo Center.
220. Sinclair T. R., Holbrook N. M., Zwieniecki M. A. 2008. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean. *Physiologia Plantarum*: 132, 446-451.
221. Skład granulometryczny - uziarnienie gleb według klasyfikacji z 1956/1975 roku.
222. Skrudlik G., Kościelniak J. 1996. Effects of low temperature treatment at seedling stage on soybean growth, development and final yield. *J. Agron. Crop Sci.* 176, 111-117.
223. Smith A. B., Cullis B. R., Thompson R. 2005. The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *J. Agric. Sci.* 143: 449-462.
224. Sprawozdania z działalności COBORU za 2017-2019, [www.coboru.gov.pl](http://www.coboru.gov.pl).
225. Strażewicz W. 1928. Wczesna odmiana brunatna soi szorstkiej (*Soja hispida* var. *tangora*) aklimatyzowanej w w Ogrodzie Roślin Lekarskich U.S.B. w Wilnie. *Rośliny Lecznicze i Przemysłowe*, Nr 1, 2, 3, Warszawa.

226. Strzelec A. 1989. Możliwości zwiększenia aktywności symbiotycznego wiązania N<sub>2</sub>. Materiały Konferencji Naukowej: Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion strączkowych, 8–9.11.1989 r. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Cz. I. Referaty, 43–50.
227. Summerfield R. J., Brouwer J. B., Chay P. M., Ellis R. H., Lawn R. J., Qi A., Roberts E. H., Rose J. L., Sandover S., Shanmugasundaram S., Yeates S. J. 1993. Towards the reliable prediction of time of flowering in six annual crops. II. Soybean (*Glycine max*). *Experimental Agriculture*: 29, 253-289.
228. Szyrmer J. 1968. Badania przebiegu wegetacji niektórych zagranicznych odmian soi w warunkach Polski. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie: Rolnictwo*, 11, 165-173.
229. Szyrmer J. 1969 a. Wpływ odmiany i zróżnicowanych warunków siedliska na plon nasion soi. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie: Rolnictwo*, 12, 117-139.
230. Szyrmer J. 1969 b. Vlijanie srokov siewa na urozajnost i chemiczeskij sostav semjon różnych sortov soi. *Izwiestia Timiriaziewskiej Siel'skochozajstwiennoj Akademii*: 5, 73-79.
231. Szyrmer J. 1971. Wpływ niektórych czynników środowiska i agrotechniki na plon nasion soi oraz zawartość tłuszczu i jego jakość. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Rozprawy Naukowe*: 15, 99.
232. Szyrmer J. 1977. Selected results of researobe on soybean. *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo*: 21, 2, 165-170.
233. Szyrmer J., Federowska B. 1975. Kierunki badań i hodowli roślin soi. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*: 126/127, 3-4, 3-7.
234. Szyrmer J., Federowska B. 1978. Badania odmian i form soi ze światowej kolekcji. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 134, 1978, 123-144.
235. Szyrmer J., Janicka M. 1985. Screening of soybean genotypes for cold-tolerance during flowering. *Eurosoya* 3: 31-54.
236. Szyrmer J., Szczepańska K. 1982. Screening of soybean genotypes for cold-tolerance during germination. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtg*: 88, 255-260.
237. Tabin S., Hetman J. 1971. Wpływ nawożenia mineralnego na wzrost, rozwój i plon soi; *Biuletyn IHAR*, 5, 29-34.

- 
238. Taj F. H., Arif A., Kakar K. M. 2003. Effect of seed rates on mungbean varieties under dryland conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*: 5, 160-161.
239. Thomas J. M. G., Allen L. H., Boote K. J., Davis J. M., Gallo-Meagher M. 2003. Elevated temperatures and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Science*: 43, 1548-1557.
240. Thompson J. A., Nelson R. L. 1998. Utilization of diverse germplasm for soybean yield improvement. *Crop Science*: 38, 5, 1362-1368.
241. Tillie P., Rodríguez-Crezo E. 2015. Markets for non-Genetically Modified, Identity-Preserved soybean in the EU. JRC Science and Policy Report (EUR 27203). Available online: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC95457/report.pdf>.
242. Upadhyay A. P., Ellis R. H., Qi A., Roberts E. H., Summerfield R. J. 1994. Variation in the duration of the photoperiod-sensitive phases of development to flowering among eight maturity isolines of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Annals of Botany*: London, 74, 97-101.
243. Vertucci C. W., Leopold A. C., 1983. Dynamics of imbibition by soybean embryos. *Plant Physiol.* 72, 190-193.
244. Wajid A., Ahmed A., Goheer A. R., Hussain A., Ibrahim M., Mussaddique M. 2004. Effect of sowing date and plant population on biomass, yield and yield components of wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*: 6, 1003-1005.
245. Wallace D. H., Yan W. 1998. Plant breeding and whole crop systems, improving adaptation, maturity and yield. Centre for Agriculture and Biosciences International: Oxon New York, Wallingford, UK, 390.
246. Ward J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58, 301, 236-244.
247. Watanabe I., Nagasawa T. 1990. Appearance and chemical composition of soybean seeds in germplasm collection of Japan II. Correlations among protein, lipid and carbohydrate percentage. *Japan Jour. Crop Sci.* 59:661-666.
248. Wademekum klasyfikatora gleb, wydanie II uzupełnione i poprawione. 2007 Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach; Puławy 480 pp.

249. Weber C. R. 1950. Inheritance and interrelation of some agronomic and chemical characters in an interspecific cross in soybeans. *Glycine max* × *G. ussuriensis*, Iowa Agricultural Experiment Station Research Bulletin No. 374.
250. Wheeler T. R., Craufurd P. Q., Elis R. H., Porter J. R., Prasad P. V. V. 2000, Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82: 159-167. Wilcox.
251. Wilcox J. R., Cavins J. F. 1995. Backcrossing high seed protein to a soybean cultivar. *Crop Science*: 35, 1036-1041.
252. Wilson R. F. 2004. Seed composition. In: H. R. Boerma and J. E. Specht, editors, *Soybeans: Improvement, production and uses*. The American Society of America, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, WI. 621-677.
253. Wojtysiak A., Jasińska Z. 1959. Soja w doświadczeniach polowych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin. Cz. I. Wpływ terminu siewu i rozstawy rzędów na wielkość i jakość plonów dwóch odmian soi. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Rolniczej we Wrocławiu*: 23, Rolnictwo, 19-32.
254. Wolf R. B., Cavins J. F., Kleiman R., Black L. T. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: Oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 59, 230-232.
255. Wood C. W., Torbert H. A., Weaver D. B. 1993. Nitrogen fertilizer effects on soybean growth, yield and seed composition. *J. Prod. Agric.* 6, 354-360. doi: 10.2134/jpa1993.0354.
256. Woodward R. G., Begg J. E. 1976. The effect of atmospheric humidity on the yield and quality of soybean. *Australian Journal of agricultural research*: 27, 4, 501-508.
257. Woynarowska S. 1972. Soja. PWRiL, Warszawa, 91.
258. [www.prograin-zia.com](http://www.prograin-zia.com)
259. [www.saatbau.pl](http://www.saatbau.pl)
260. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Bobowate grubonasienne i soja 2020.
261. Yaklich R., Vinyard B. 2004. a method to estimate soybean seed protein and oil concentration before harvest. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 81, 1021-1027.
262. Zhang L. X., Freeland T. B., Kyei-Boahen S., Liu X., Zhang J., Zhang M. H., Watson





C. E. 2007. Modifications of optimum adaptation zones for soybean maturity groups in the USA. Online. Crop Management <http://dx.doi.org/10.1094/CM-2007-0927-01-RS>