

## Możliwości uprawy soi (*Glycine max* (L.) Merrill) w warunkach siedliskowych północnej Polski

### Streszczenie

W latach 2017 – 2019 w 10 stacjach i zakładach doświadczalnych oceny odmian (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin i Wróćkowo) badano reakcje genotypowo-środowiskową 13 odmian soi (Abelina, Aligator, Brunensis, Erica, GL Melanie, Kofu, Merlin, Moravians, Naya, Petrina, SG Anser, Sirelia i Sultana) pochodzących z Krajowego Rejestru (KR) i ze Wspólnotowego Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA). Ścisłe doświadczenia jednoczynnikowe założono w układzie losowanych bloków kompletnych z czterema (2017), bądź trzema (2018, 2019) powtórzeniami.

Doświadczenia prowadzono zgodnie z metodyką COBORU, na poletkach o powierzchni 16,5 m<sup>2</sup>, a w Radostowie na powierzchni 15 m<sup>2</sup>.

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

- siew – pełnia wschodów,
- pełnia wschodów – początek kwitnienia,
- siew – początek kwitnienia (rozwój wegetatywny),
- od początku do końca kwitnienia,
- od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej,
- od początku kwitnienia do dojrzałości technicznej (rozwój generatywny),
- siew – dojrzałość techniczna (okres wegetacji).

W analizowanych środowiskach na wszystkich badanych odmianach przeprowadzono na 10 roślinach, w czterech (2017) lub trzech (2018 i 2019) powtórzeniach, pomiary następujących cech morfologicznych:

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

Po zbiorze określono:

- na wszystkich poletkach plon nasion sprowadzony do stałej wilgotności 15%,
- masę 1000 nasion, na podstawie próby zbiorczej dla odmiany, sprowadzoną do stałej wilgotności 15%.

Analizy składu chemicznego wykonano na próbach zbiorczych dla odmian w 2017 roku w 3 środowiskach ( Białogard, Głębokie i Radostowo), a w latach 2018-2019 w 4 środowiskach (Białogard, Głębokie, Radostowo i Krzyżewo).

Analizy obejmowały oznaczenie:

- suchej masy – metodą suszarkowo-wagową w temperaturze  $105\pm 2$  °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.

W 2019 roku za pomocą odkrywek glebowych 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.

Dla badań prowadzonych w latach 2017 – 2018, na podstawie dostępnych map glebowych, zaktualizowano opisane typy gleb 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) 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 agro-ekosystemu (głównie żyzności gleby, stosunków wodnych, presji agrofagów i warunków fizjograficznych) oraz przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym.

Dla każdej analizowanej cechy, korzystając z poprawionych średnich w klasyfikacji podwójnej o postaci odmiana x środowisko z zastosowaniem modelu AMMI sporządzono wykresy łamanej funkcji reakcji adaptacyjnej badanych odmian na warunki przyrodnicze (agro-ekosystemu) i przebiegu pogody występujące na obszarze północnej Polski. Na podstawie poprawionych, metodą AMMI, średnich w klasyfikacji podwójnej o postaci odmiana x środowisko, dla każdej odmiany i cechy obliczono trzy wskaźniki: miarę stabilności i-tej odmiany:  $WAAS_i$ , a także dwie miary adaptacyjności i-tej odmiany, tj. Indeks selekcji i-tej odmiany:  $GSI_i$  oraz wskaźnik nadrzędności adaptacyjnej i-tej odmiany:  $W_i$  TOP X.

Do grupowania odmian, na podstawie średnich odmianowych dla wszystkich badanych cech, zastosowana została analiza skupień metodą Warda z kwadratową odległością euklidesową, co pozwoliło ocenić podobieństwo wielocechowe (wielowymiarowe) badanych genotypów soi, uprawianej w warunkach przyrodniczych 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, Karżniczka, Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, Świebodzin, Wróćkowo), co razem daje 25 środowisk.

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 ( 2017 rok – Białogard, Głębokie i Radostowo, a w latach 2018 i 2019 – Białogard, Głębokie, Radostowo oraz Krzyżewo).

Zróżnicowane warunki siedliskowe występujące w poszczególnych środowiskach pół-nocnej 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 zniwną rośliny powinny osiągnąć do końca września.

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 i Sirelia, w Krzyżewie - Abelina, Aligator, Erica, GL Melanie, Merlin, SG Anser, Sirelia i Sultana), we Wróciakowie - 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, w Białogardzie - Erica.

Zmienny w latach przebieg pogody kształtował wysokość roślin, wysokość osadzenia 1. go strąka, plon nasion, zawartość białka i tłuszczu oraz wydajność białka w większym stopniu niż czynnik odmianowy.

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.

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>.

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.

Najniższą miarę 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.

Najmniejszą wartość indeksu selekcji odmian 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.

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 Krzyżewo - 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 - Erica.

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, Wróćkowo), whereas in the years 2018 - 2019 in ten sites (Białogard, Chrzastowo, Głębokie, Karzniczka,



Krzyżewo, Marianowo, Nowa Wieś Ujska, Radostowo, 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 Krzyżewo - Abelina, SG Anser and Sirelia;
- Wrócikowo - 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.