

Zadanie 3.5. Wytworzenie materiałów wyjściowych borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) o wysokiej jakości owoców oraz analiza molekularna specyficznych fragmentów genomów.

Streszczenie

Zakres rzeczowy zadania oraz przyjęte cele realizowano zgodnie z założeniami na 2025 rok.

Wiosną 2025 r. wykonano dwa programy krzyżowań w obrębie gatunków z rodzaju *Vaccinium*. W ramach współpracy z Zakładem Biologii Stosowanej (ZBS) wykonano pierwszy międzygatunkowy (16 kombinacji krzyżowań) borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) i borówki czernicy, synonim jagody leśnej (*V. myrtillus* L.) oraz krzyżowania odwrotne, wykorzystując łącznie 12 form rodzicielskich. Zapyłono w sumie 851 kwiatów i uzyskano 453 owoce z zapyleń (średnio 51,8%). Z owoców z zapyleń wydobyto nasiona, oddzielnie z poszczególnych kombinacji krzyżowań. W sumie uzyskano dużo nasion – 2564 szt. Z nasion uzyskano stosunkowo dużo siewek hodowlanych – 276. W połowie grudnia 2025 r. siewki przeniesiono do tzw. zimnej szklarni, w celu przejścia spoczynku bezwzględego (zimowego). Drugi program krzyżowań (34 kombinacje krzyżowań) dotyczył 19 tetraploidalnych odmian (form) rodzicielskich borówki wysokiej (*V. corymbosum* L.) wykonany w Zakładzie Hodowli Roślin Ogrodniczych (ZHRO). W sumie wykonano 50 kombinacji krzyżowań na roślinach matecznych rosnących w donicach w tunelu foliowym oraz w polowej kolekcji odmian. W tym programie krzyżowań wewnątrzgatunkowych borówki wysokiej wykastrowano i zapyłono łącznie 3 170 pąków kwiatowych i uzyskano 1 426 owoców z zapyleń (44,0%). Wydobyte nasiona z owoców dla każdej kombinacji przygotowano do momentu stratyfikacji i przechowywano w lodówce (temperatura 6-8 °C). Nasiona aktualnie poddawane są procesowi stratyfikacji (przez około 3 miesiące) do poł. lutego 2026 roku w warunkach nieogrzewanej szklarni, w celu zapewnienia optymalnych warunków dla przebiegu stratyfikacji i ich dobrego kiełkowania na przedwiośniu 2026 r.

Oceniono żywotność pyłku wybranych form rodzicielskich borówki wysokiej (*V. corymbosum* L.) i jagody leśnej (*V. myrtillus* L.) użytych w programie krzyżowań na pożywkę z sacharozą (15%). W przypadku genotypów borówki wysokiej żywotność pyłku wynosiła 17A – 24,0 %, 3/P/M - 50,0% oraz 21A - 90,0%. Niestety, pyłek genotypu ‘Sierra Mutant’ nie kiełkował w ogóle. Świeży pyłek klonów tetraploidalnych borówki czernicy również nie kiełkował.

Potwierdzono tetraploidalność (4x) 4 badanych genotypów (klonów) borówki czernicy, przy użyciu cytometrii przepływowej z wykorzystaniem barwnika DAPI i standardu zewnętrznego dzikiej diploidalnej (2x) formy *V. myrtillus* L.

Wiosną oraz w całym okresie wegetacyjnym wykonano podstawowe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne w 5 kwaterach hodowlano-selekcyjnych założonych w latach 2015, 2016, 2019, 2020 i 2023 r. na polach w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach (ok. 0,6 ha). W sumie było to 10 942 siewek hodowlanych. Przeprowadzono kolejną ocenę fenotypową najstarszych siewek hodowlanych pod względem siły wzrostu i pokroju krzewów, intensywności kwitnienia oraz zawiązywania owoców i uszkodzeń przymrozkowych. W II półroczu br. kontynuowano ocenę najstarszych siewek pod względem plonowania roślin, wielkości i jakości owoców w celu selekcji wartościowych pojedynków borówki wysokiej. Wyselekcjonowane pojedynki wysadzone będą na nowo przygotowywanych podwyższonych zagonach wyścielonych specjalną tkaniną ściółkującą oraz z nawadnianiem kropłowym (podwójne linie) na polu w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach, wiosną 2026 r.

Wykonano wstępną ocenę fenotypową 10 nowych klonów hodowlanych w kolekcji pod względem wybranych cech morfologicznych, siły wzrostu i pokroju krzewów, intensywności kwitnienia oraz terminu dojrzewania, plonowania, masy (wielkości) i smaku owoców.

Podjęto próbę założenia kultur *in vitro* dla 10 wartościowych klonów hodowlanych, w celu ich wegetatywnego rozmnożenia. W sumie na pożywkę wyłożono 576 eksplantatów. Kultury pasażowano co 6 tygodni. Ze wszystkich założonych genotypów uzyskano razem 269 pędów. Kultury inicjowane w roku 2025 są na etapie stabilizacji. Na obecnym etapie rozmnażania klony: 12A, 19A, 10B/14, 16B/10, 23A/11 i 25C/1 cechuje słaby przyrost pędu na długość i brak przyrostu pędów bocznych.

W ramach prac molekularnych potwierdzono tożsamość genetyczną na poziomie DNA przy użyciu techniki SSR (Simple Sequence Repeat) 6 wyselekcjonowanych, wartościowych klonów hodowlanych borówki wysokiej. Łącznie wykonano 1 008 reakcji PCR, w wyniku których potwierdzono tożsamość genetyczną badanych genotypów.

Oszacowano stopień podobieństwa genetycznego na poziomie 57,17% wybranych 10 genotypów borówki wysokiej, w tym 2 odmiany ('Bluecrop' i 'Duke'), „zamieszane” odmiany Duke 1, Duke 2 oraz 6 klonów hodowlanych oznaczonych 12A/4, 17A/2, 19A/1, 20A/2, 21A/2, 22A/1 i wzorcowej odmiany 'Bluecrop' JW 3. Badane genotypy zgrupowano w dwa główne klastry podobieństwa na podstawie analizy dwóch metod PCA (Principle Component Analysis) i UPGMA (Unweighted pair-group average).

Opracowano profile ekspresyjne 4 genów kandydujących: DIR1-like (koduje białko inhibujące transfer lipidów), LipidModul (koduje białko modulujące białkowo lipidowy potencjał błony komórkowej), FAR (koduje reduktazę kwasów tłuszczowych) oraz DropLet (koduje białka rozpadu lipidów) wykorzystując próbki owoców niedojrzałych oraz miąższ i skórkę owoców dojrzałych w/w genotypów borówki wysokiej. Wysoka aktywność wytypowanych genów ma szczególne znaczenie w inicjacji procesów gromadzenia/akumulacji kwasów tłuszczowych, a liczba ich transkryptów zależy zarówno od genotypu jak i skolekcjonowanych tkanek badanych roślin. Scharakteryzowane perspektywiczne genotypy borówki wysokiej mogą stanowić cenne materiały wyjściowe, a rozpoznane funkcjonalne markery molekularne będą przydatne do monitorowania cech jakościowych i trwałości owoców tego gatunku.

Prowadzono 3 doświadczenia porównawcze założone w latach 2019, 2020 i 2023 r. na specjalnie przygotowanych polach w Sadzie Doświadczalnym w Skierniewicach. W roku 2025 wykonano kolejną ocenę fenotypową badanych klonów hodowlanych i odmian standardowych pod względem, cech morfologicznych, intensywności kwitnienia, plonowania, masy (wielkości) owoców oraz ich jędrności.

W pierwszym doświadczeniu porównawczym (**Borówka 1/2019**) oceniano 19 klonów hodowlanych borówki wysokiej (04/2010, 26/2010, 30/2010, 48/2010, 49/2010, 51/2010, 53/2010, 57/2010, 58/2010, 59/2010, 65/2010, 68/2010, 69/2009, 70/2010, 75/2010, 76/2010, 77/2009, 77/2010, 9P) oraz 3 odmiany standardowe ('Bluecrop', 'Duke' i 'KazPliszka'), pochodzące od dwóch metod wegetatywnego rozmnażania: sadzonki półzdrewniałe (*ex vitro*) i kultur tkankowych (*in vitro*). Oceniane genotypy różniły się pod względem ocenianych cech morfologicznych, siły wzrostu i pokroju krzewu. Siła wzrostu (wielkość roślin) określona na podstawie pomiaru wysokości i szerokości roślin była bardzo zróżnicowana i uzależniona od metody rozmnażania i badanych genotypów. Średnia ogólna wysokość roślin badanych odmian i klonów hodowlanych dla metody rozmnażania przez sadzonki (*ex vitro*) była wyższa i wynosiła 115,3 cm oraz 97,0 cm (*in vitro*), zawierała się w przedziale od 83,3 do 140,6 cm rozmnażanych *ex vitro* i od 72,2 cm do 112,3 cm (*in vitro*). Średnia szerokość roślin wszystkich badanych genotypów była także zróżnicowana i uzależniona od metody rozmnażania – 114,8 cm (*ex vitro*) i 102,3 cm (*in vitro*). Dla rozmnażanych przez sadzonki (*ex vitro*) szerokość roślin była w zakresie od 74,5 cm do 143,1 cm oraz od 80,5 cm do 116,5 cm (*in vitro*).

Siła wzrostu (wielkość roślin) określona poprzez pomiar wysokości i szerokości roślin była bardzo zróżnicowana i zależna od badanych genotypów i metody rozmnażania. Średnia siła wzrostu wszystkich genotypów była większa dla tradycyjnej metody rozmnażania (*ex vitro*) i wynosiła 1,34 m², w porównaniu do *in vitro* - 1,00 m².

Pokrój krzewu (jako wskaźnik pokroju krzewu) był także różny dla testowanych genotypów, ale mniej zróżnicowany dla obu metod rozmnażania: *ex vitro* (1,01) oraz *in vitro* (0,95). Najbardziej wzniesiony pokrój, czyli najwyższe wskaźniki pokroju krzewów miały 3 odmiany standardowe oraz klony hodowlane: 65/2010, 51/2009, 57/2010 i 68/2010 (*ex vitro*) oraz odmiana 'Duke' i klony 30/2009, 53/2009, 49/2010, 68/2010 i 4/2010 (*in vitro*).

Intensywność kwitnienia borówki wysokiej bardziej uzależniona była od badanego genotypu niż metody wegetatywnego rozmnażania. Zawiązanie owoców badanych genotypów skorelowane było z intensywnością kwitnienia oraz uszkodzeniami kwiatów i młodych zawiązków przez przymrozki wiosenne.

W 2025 roku plonowanie roślin borówki wysokiej było także zróżnicowane i uzależnione od badanego genotypu i metody wegetatywnego rozmnażania. Średni plon owoców z krzewów testowanych klonów hodowlanych oraz 3 odmian standardowych rozmnażanych przez sadzonki (*ex vitro*) wynosił 1,41 kg/krzew i był wyższy o około 58%, w porównaniu do metody *in vitro* (0,89 kg/krzew).

Wielkość i atrakcyjność owoców są ważnymi parametrami deserowych borówek oferowanych głównie do bezpośredniego spożycia. Cecha ta (oceniana jako masa 100 owoców w g) była także zróżnicowana i uzależniona od genotypu i metody rozmnażania badanych klonów i odmian. Ogólnie, średnia masa

owoców badanych genotypów rozmnażanych *in vitro* była wyższa o 5,7% niż dla metody *ex vitro*, wynosiła odpowiednio 177,3 g/100 szt. i 167,7 g/100 szt. owoców.

Jędrność owoców (pomiar przy użyciu jędrnościomierza cyfrowego - LT Lutron FR-5120) borówki wysokiej była bardziej uzależniona od badanego genotypu niż wegetatywnej metody rozmnażania. Średnia jędrność owoców wszystkich genotypów rozmnażanych z sadzonek półzdrewniałych (*ex vitro*) wynosiła 1,58 N i była wyższa od metody *in vitro* – 1,36 N.

Zgłoszono do badań rejestrowych i ochrony prawnej w COBORU w Słupi Wielkiej klon hodowlany oznaczony 77/2010 (BOR-21), proponowana nazwa 'Bluesun'. Odmiana średnio-wczesna. Krzew o silnym wzroście, pokrój wzniesiony z tendencją do rozchylania się w międzyrzędzia pod wpływem masy owoców. Plenność wysoka. Owoce są owalne, atrakcyjne i duże, średnia masa 2,0 g i średnica +18 mm i są jędrne, pokryte jasno niebieskim nalotem. Wytwarza typowo deserowe owoce. Rośliny są mrozowytężymałe.

W drugim doświadczeniu porównawczym (**Borówka 2/2020**) oceniano 15 klonów (BOR-91, BOR-101, BOR-134A), BOR-143, BOR-143, BOR-147, BOR-161, BOR-181, BOR-198, BOR-230, BOR-232, BOR-234B, BOR-234E, BOR-235B, BOR-251 i BOR-263) oraz 2 odmiany standardowe ('Bluecrop' i 'Duke') pochodzące od rozmnażania *in vitro*. Wiosną 2025 r. wykonano wstępną ocenę 4-letnich roślin w/w genotypów w doświadczeniu założonym jesienią 2020 r. Obserwacje i ocena dotyczyła głównie przezimowania roślin po zimie, siły wzrostu roślin i ich pokroju oraz intensywności kwitnienia i zawiązania owoców. Ponadto wykonano wizualną ocenę uszkodzeń kwiatów i zawiązków przez wiosenne przymrozki. Analiza wyników tej oceny oraz wygląd i wypadki roślin (ok. 30%) oraz niepełne plonowanie wielu testowanych genotypów dały podstawę do decyzji, że doświadczenie porównawcze (Borówka 2/2020) nie będzie prowadzone w kolejnych latach. Późną jesienią br. rośliny wybranych klonów hodowlanych w „dobrej kondycji” zostały wykopane i przewiezione do chłodni szkółkarskiej. Wiosną 2026 r. część roślin posadzona będzie na polu w kolekcji odmian w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach. Druga część przesadzona będzie do pojemników (15 l) wypełnionych torfem kwaśnym + trociny (3:1) i ustawiona w tunelu foliowym i w szklarni. Genotypy te używane będą jako potencjalne formy rodzicielskie w programach krzyżowań borówki wysokiej realizowanych w przyszłości w ZHRO IO - PIB.

Trzecie doświadczenie porównawcze (**Borówka 3/2023**) z 15 genotypami borówki wysokiej, w tym 12 klonami hodowlanymi (BOR-10, 102, 104, 132B, 140, 156A, 159, 160, 181, 228, 251, 'Mutant Sierra') oraz 3 odmianami standardowymi ('Duke', 'Bluecrop' i 'Calypso') założono wiosną 2023 r. W drugim roku prowadzenia tego doświadczenia wykonano wstępną ocenę fenotypową młodych roślin pod względem w/w cech użytkowych roślin i owoców.

Ocena i pomiary młodych roślin borówki wysokiej wykazały małe różnice w sile wzrostu (wielkości krzewów) badanych klonów hodowlanych i odmian rosnących w tym doświadczeniu. Na podstawie pomiaru wysokości i wielkości roślin można stwierdzić, że największe krzewy miały klony hodowlane: 132B, 10, 140, 159, 251 i 'Mutant Sierra'. Słabym wzrostem cechowały się odmiany standardowe oraz klony oznaczone 160, 181 i 102.

Pokrój krzewów (jako wskaźnik pokroju krzewu) był mniej zróżnicowany, ze względu na młody wiek ocenianych roślin. Średnia wartość tego wskaźnika dla badanych genotypów wynosiła 1,21 i oscylowała w zakresie od 1,02 do 1,35. Dla większości ocenianych genotypów wskaźniki pokroju krzewu były wyższe od średniej ogólnej.

Większość testowanych odmian i klonów hodowlanych po raz pierwszy zakwitła wiosną 2025 r. Wykonana ocena bonitacyjna (1-9) wykazała, że najintensywniej zakwitwały klony hodowlane o numerach 10, 102, 104, 132B i 181 oraz odmiana kontrolna 'Calypso'.

Wyniki plonowania młodych roślin borówki wysokiej w 2025 r. były także zróżnicowane i uzależnione od genotypu. Średni ogólny plon owoców wynosił 0,57 kg/poletko i zawierał się w przedziale od 0,11 do 1,11 kg/poletko. Najwyższe plony owoców zebrano z krzewów kilku klonów hodowlanych: 156A, 10, 102, 160, 104 i 132B. Najślabiej plonowały rośliny 3 odmian standardowych oraz klonów hodowlanych: 'Mutant Sierra', 159 i 181.

Wielkość owoców (oceniana jako masa 10 owoców w g) wszystkich genotypów wynosiła 17,8 g i zawierała się między 11,5 g a 26,5 g. Zdecydowanie największe owoce miały nowa odmiana 'Calypso' oraz 2 klony hodowlane 159 i 10, także duże owoce (większe od średniej ogólnej) stwierdzono dla

odmiany 'Bluecrop' i klonów oznaczonych 102, 228, 251. Najmniejsze owoce wytwarzała odmiana 'Duke' oraz klony hodowlane: 181, 104, 132B i 156A.

Testowane genotypy borówki wysokiej różniły się także pod względem jędrności owoców określonej przy użyciu jędrnościomierza cyfrowego (LT Lutron FR-5120). Średnia jędrność owoców wszystkich genotypów borówki wysokiej wynosiła 1,51 N i wahała się od 0,66 N do 2,61 N. Najwyższe wartości tej cechy jakościowej owoców określono dla odmian standardowych ('Bluecrop', 'Duke' i 'Calypso') oraz klonów hodowlanych: 102, 10 i 'Mutant Sierra'.

We wszystkich doświadczeniach porównawczych, w których oceniane były klony hodowlane i odmiany standardowe borówki wysokiej, w rzędach roślin stosuje się corocznie (jesienią lub wczesną wiosną) ściółkę organiczną z trocin drzew iglastych. Rośliny są regularnie nawadniane systemem kropłowym, najczęściej 2-krotnie: rano i wieczorem po 1-1,5 godz., w zależności o warunków pogodowych, głównie opadów atmosferycznych. Rosnące krzewy w tych 3 doświadczeniach polowych, a szczególnie dojrzałe owoce są zabezpieczone przed ptakami specjalną siatką ochronną rozciągniętą na drutach i konstrukcji z impregnowanych drewnianych słupów.

W ramach współpracy z Zakładem Przechowalnictwa i Przetwórstwa Owoców i Warzyw wykonano analizę składu chemicznego owoców (ekstrakt, sucha masa, pH, kwasowość, antocyjany i polifenoli ogółem) 15 wybranych genotypów borówki wysokiej. Stwierdzono, że badane odmiany i klony hodowlane różniły się zawartością poszczególnych parametrów chemicznych. Średnia zawartość ekstraktu w owocach borówki wysokiej analizowanych genotypów wynosiła 12,0⁰Brix i wahała się w granicach 10,7-13,4⁰Brix. Średnia zawartość suchej substancji w owocach badanych odmian i klonów hodowlanych borówki wysokiej wynosiła 14,5% i była także bardzo zróżnicowana (12,7-16,4%). Średnia ogólna kwasowość (w przeliczeniu na kwas cytrynowy) badanych genotypów wynosiła 0,88 % i mieściła się w przedziale 0,49-1,19 %. Średnia zawartość związków polifenolowych ogółem w owocach badanych genotypów wynosiła 317,7 mg/100 g i zawierała się od 190,0 do 441,0 mg/100 g. Średni poziom antocyjanów w owocach testowanych odmian i klonów wynosił 126,7 mg/100 g i mieścił się w granicach 70,0 -215,0 mg/100g. Z danych literaturowych wynika, że owoce borówki wysokiej są bogatym źródłem bioaktywnych związków, o charakterze prozdrowotnym m.in. polifenoli, w tym antocyjanów. Związki te posiadają właściwości antyutleniające, czyli mają naturalną zdolność do neutralizowania szkodliwego działania wszystkich metabolicznych procesów (w tym wolnych rodników), jakie zachodzą w organizmie człowieka.

Określono instrumentalnie twardość (jędrność) i średnicę owoców oraz wykonano podstawowe analizy jakości owoców (zawartość ekstraktu i kwasowości) 10 genotypów (8 klonów hodowlanych i 2 odmian standardowych) bezpośrednio po ich zbiorze oraz po krótkim okresie (6 dni) przechowywania w chłodni w normalnej atmosferze, w temperaturze (0-1°C).

W ramach wyjazdów zagranicznych zrealizowano udział 1 osoby (Wykonawcy) Zadania celowego 3.5 w International Scientific Conference "Sustainable Horticulture from Plant to Product: Challenges in Temperate Climate – 2025" Riga, Latvia, 20-22 August 2025 (<https://ej.uz/lathortconference>), podczas którego wygłoszono E-poster.

Ponadto 1 osoba (Wykonawca) Zadania celowego 3.5 uczestniczyła w szkoleniu (5 dni) dotyczącym cytometrii przepływowej w Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences w Ołomuńcu, Czechy, w dniach 21-25.07.2025 r.