

УДК 631:57-047.44:[635.655:631.526.3](477.4)

## Агробіологічне оцінювання колекційних сортів сої овочевої в умовах Лісостепу України

В. В. Яценко\*, С. П. Полторецький, А. О. Яценко

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20301, Україна,  
\*e-mail: slaviksklav16@gmail.com

**Мета.** Агробіологічне оцінювання сортів сої *Glycine max* var. *Shirofumi* за комплексом господарсько-цінних ознак для інтродукції в умовах Лісостепу України. Добір перспективних селекційних форм за морфо-біологічними та фізіолого-біохімічними характеристиками. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні, розрахунково-аналітичні. Дослідження проводили в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2021 рр., використовували колекційні сорти різного еколого-географічного походження (Україна, Білорусь, Швеція, Японія і Росія). Оцінювання сортів проводили за наступними параметрами: висота рослин, листкова площа, чиста продуктивність фотосинтезу та показники індивідуальної продуктивності (маса бобів з однієї рослини, кількість насінин у бобі та ін.), врожайність зелених бобів та біологічно зрілого насіння і відповідно якісні показники продукції (суха речовина, вміст цукрів і протеїну). Обліки проводили у фазі технічної стиглості бобів. **Результати.** Мінливість ознаки «висота рослини» досліджуваних сортів мала середню варіацію – коефіцієнт варіювання склав 22%. Результати вказали, що сорт-стандарт 'Романтика' та колекційні сорти 'Karikachi' та 'Астра' відносяться до напівдетермінантного типу росту (97–109 см), сорти 'Fiskeby V', 'Л 380-2-13', 'Fiskeby V-E5', 'СибНИИСОХ 6', 'Sac', 'Веста' належать до детермінантного типу росту. За кількістю насінин у стручку досліджувані сорти чітко розділилися на дві групи: з двонасінними бобами (сорти 'Karikachi', 'Астра', 'Л 380-2-13') та тринасінними бобами (сорти 'Романтика' (St), 'Fiskeby V', 'Веста', 'СибНИИСОХ 6', 'Sac', 'Fiskeby V-E5'). Максимальну врожайність бобів едамаме формували рослини сорту 'Л 380-2-13' (17,3 т/га), 'Веста' (18,8 т/га), 'Sac' (19,6 т/га), 'Fiskeby V' (21,4 т/га), 'Fiskeby V-E5' (22,4 т/га). Виявлено істотну диференціацію сортів сої овочевої за показниками біохімічного складу недозрілих бобів. Сухий залишок становив 22,70–31,70%. Частка протеїну у зелених бобах едамаме становила 28,2–38,6%, у біологічно зрілому насінні його частка зростала до 36,1–42,8%. Серед розчинних цукрів найбільшу концентрацію відзначено для сахарози – 7,70–9,38 мг/100 г сухого насіння, що в середньому складало 81,6–86,2% усіх цукрів. Наведені результати забезпечують комплексну оцінку для селекційної роботи над сортами сої овочевої з низьким вмістом олігосахаридів. **Висновки.** Оцінювання колекційних сортів сої овочевого напряму використання за варіабельністю морфологічних ознак та продуктивністю дозволило виділити серед інтродукованих колекційних сортів за комплексом цінних ознак для використання у селекційному процесі сорт 'Sac' для створення нових сортів сої овочевого напряму, адаптованих до умов Лісостепу України.

**Ключові слова:** едамаме; врожайність; протеїн; вміст цукрів; насіння.

### Вступ

Споживання соєвих бобів значно збільшилось у світі за останні роки. Незважаючи на зростаючий попит, більшість едамаме (незрілі соєві боби) імпортується з країн Азії. Тому адаптовані до умов України, комерцій-

но життєздатні сорти, що відповідають потребам споживачів, стають важливою складовою для соєпереробного сегменту промислового виробництва.

Едамаме – соя овочева (*Glycine max* var. *Shirofumi*) упродовж століть широко вживається в Східній Азії і є поширеним продуктом харчування у Європі та Північній Америці. Завдяки великому вмісту білка (з ізофлавонами, вітамінами С і Е, мононенасиченими жирними кислотами), вона дуже поживна [1–4]. Унікальне поєднання цих біохімічних компонентів дає можливість використовувати сою овочевого типу для вироб-

Viacheslav Yatsenko  
<https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>  
Serhii Poltoretskyi  
<https://orcid.org/0000-0003-3334-0880>  
Anatolii Yatsenko  
<https://orcid.org/000-0002-4755-9675>

ництва різноманітної харчової продукції, а саме: соєві молочні продукти, сир тофу, соуси, проростки (мікрогрін), свіжі, заморожені і консервовані боби.

У США едамаме відомо під назвою «соєва овочева», також поширеними є назви «їстівна соєва», «свіжа зелена соєва», «садова соєва», «зелена соєва», «соєві боби в зеленій стиглості», «зелена соєва овочева», «незріла соєва», «крупнонасінна соєва», «боби до пива», «соєва овочевого типу» [5]. У Північній Америці дослідженнями сої овочевої займаються вже більше 70 років. Впродовж 1929–1931 рр. селекціонери Дорсетт і Морс зібрали велику колекцію зародкової плазми, яку Морс використовував як вихідний матеріал для створення 49 сортів едамаме [6].

У 1930–1940 рр. розпочався активний етап у вивченні сої типу «едамаме», обумовлений браком вмісту білка в системі харчування населення [7]. Наступний сплеск інтересу до вивчення овочевих бобів сої почався зі збільшенням темпів зростання органічного сільського господарства в 1970-х роках. На сьогодні відзначається третя хвиля інтенсивного поширення і популяризація сої овочевої.

Вітчизняне виробництво значною мірою відстає від споживчого попиту. Зумовлено це тим, що найбільший попит припадає на жителів Сполучених Штатів та Західної Європи. Часто вітчизняний споживач навіть не знає про існування цього продукту.

Однією з основних перешкод для внутрішнього виробництва едамаме є загальна відсутність конкурентних сортів, створених для природних умов України. Сорти інших країн погано адаптовані, що спричиняє їхню низьку продуктивність і рентабельність [8]. З агрономічного погляду важливо забезпечити виробників сортами, які краще пристосовані до умов вирощування, мають більшу толерантність до впливу шкочинних і фітопатогенних організмів, та дозволять отримати високий, якісний урожай. Споживач надає перевагу сортам едамаме, які не є генетично модифікованими, формують відносно великі боби з мінімальною частотою випадків одного боба в стручку [9].

Високоякісні стручки едамаме мають яскраво-зелене забарвлення з легким опушенням (від білого до сірого), гарну форму з бездоганною поверхнею, без ушкоджень та зовнішніх дефектів, і містять два і більше бобів [10]. Едамаме збирають, коли боби ще незрілі (між репродуктивними стадіями росту R6 і R7), коли насіння заповнило 80–90% стручка і зберігає близько 65% вологості [11].

У фазі технічної стиглості едамаме на стадії R6 мають інтенсивний зелений колір, низьку концентрацію олігоцукрів і антипоживних речовин, а також високий вміст сахарози і велику масу недозрілого насіння [12, 13]. Овочеві сорти сої відрізняються від олійних підвищеним вмістом моноцукрів (приблизно на третину вище), сахарози (в 1,5 рази більше), зменшеним вмістом трисахаридів (майже в 2 рази). У сухому залишку насіння сої овочевої частка моно- і олігоцукрів коливається в межах 14–24%, іноді досягає 35%, але у світових колекціях є зразки сої овочевого типу, в яких частка  $C_{12}H_{22}O_{11}$  є більшою. Такі боби є приємнішими на смак, при вживанні не викликають проблем з травленням, тому їх також називають «солodka соєва» [14]. Важливим елементом в інтродукції сої овочевої з підвищеним вмістом біологічно активних речовин є вивчення продуктивності вихідного матеріалу *Glycine max* var. *Shirofumi* L.

*Мета досліджень* – агробіологічна оцінка вихідного матеріалу сої овочевого напрямку (*Glycine max* var. *Shirofumi* L.) за комплексом господарсько-цінних ознак і якості продукції для інтродукції в умовах Лісостепу України і добір селекційних форм, перспективних за комплексом морфо-біологічних та фізіолого-біохімічних характеристик.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження з вивчення технології вирощування сортів сої овочевої в умовах Лісостепу України проводилися у 2020–2021 роках на дослідному полі кафедри овочівництва в навчально-науковому відділі Уманського національного університету садівництва з географічними координатами за Грінвічем 48° 46' північної широти, 30° 14' східної довготи і висотою над рівнем моря 245 м.

Схема досліду включала сім колекційних сортів сої овочевої (табл. 1).

Закладання дослідів виконували методом рендомізації. Повторність досліду – чотириразова. Площа дослідної ділянки 10 м<sup>2</sup>. Посів сої овочевої проводили 5–10 травня за схемою 45 × 5 см (444 000 шт./га).

Колекційні зразки сої овочевої були надані Національним центром генетичних ресурсів Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва для дослідження придатності вирощування на овочеві цілі і визначення технологічних властивостей продукції. Надані колекційні зразки походять з різних регіонів, тому характеризуються істотними відмінностями між собою. Згідно рекомендацій Інституту овочівництва і баштанництва НААН за

Таблиця 1

## Походження колекційних сортів сої овочевої

Номер згідно Державного каталогу зразків бобових культур Національного центру генетичних ресурсів рослин України	Назва сорту	Країна походження
'Романтика' St		Україна
UD0200177	'Fiskeby V'	Швеція
UD02200640	'Karikachi'	Японія
UD0201068	'Астра'	Росія
UD0201080	'Веста'	Росія
UD0201152	'СибНИИСОХ 6'	Росія
UD0202500	'Sac'	Японія
UD0202625	'Fiskeby V-E5'	Білорусь
UKR001:02894	'Л 380-2-13'	Україна

стандарт взято сорт 'Романтика', оскільки в Інституті він досліджується як сорт сої овочевого напрямку використання.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий [15].

За період проведення досліджень погодні умови були сприятливими для вирощування сої овочевої. Погодні умови впродовж 2020–2021 рр. за основними показниками відрізнялися, тому мінливість морфологічних ознак та продуктивність сортів сої овочевої оцінено об'єктивно.

Технологія вирощування колекційних сортів сої овочевої була загальноприйнятою для Лісостепу.

В польових і лабораторних дослідах в умовах Правобережного Лісостепу України впродовж 2020–2021 рр. вивчали продуктивність і біохімічний склад сої овочевої залежно від сорту.

Біометричні вимірювання (висота рослини, см; листкова площа, тис. м<sup>2</sup>; кількість пагонів, шт./росл.; кількість насінин, шт./біб; чисту продуктивність фотосинтезу у період між фазами наливу бобів – технічна стиглість, г/добу/м<sup>2</sup>) та показники індивідуальної продуктивності (маса бобів, г/росл.) проводили у чотирьох повтореннях на 100 типових рослинах у кожному.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали за фазами розвитку рослин (налив бобів – технічна стиглість) діленням приросту фітомаси за певний проміжок часу на середню площу листа за формулою:

$$\Phi_v = \frac{2 \cdot (B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2) \cdot T} \quad (1)$$

Сухий залишок визначали методом висушування відповідно до ДСТУ 7804:2015 [16].

Цукри екстрагували з подрібнених (1 г) недозрілих бобів водою й аналізували за допомогою високоефективної рідинної хроматографії (high-performance liquid chromatography – HPLC) з використанням хрома-

трографа HPLC Waters-2695. Вимірювання вмісту цукрів визначали з використанням диференціального рефрактометра Waters 410 за методом Johansen та ін. [17]. Вміст білка – методом К'ельдаля, відповідно до ДСТУ ISO 5983-2003 [18].

Для аналізу мінливості ознак використовували показник коефіцієнта варіації, відносної величини, що характеризує розсіювання (мінливість) ознаки. Цей показник є відношенням середнього квадратичного відхилення SD до середнього арифметичного і виражається у відсотках:

$$CV = \frac{SD}{X} \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації застосовувався для порівняння мінливості ознак, що виражені в різних одиницях вимірювання. Ступінь варіювання вимірювали за шкалою відношень:

$CV < 10\%$  – варіація слабка;

$CV 11\text{--}25\%$  – середня;

$CV > 25\%$  – значна [19] з використанням комп'ютерних програм Excel та Statistica 10.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного (x) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2016. Отримані дані порівнювали, використовуючи дисперсійний аналіз.

### Результати досліджень

При оцінюванні колекційного матеріалу селекціонери аналізують, крім загального періоду вегетації, міжфазний період «сходивцвітіння», який показує швидкість формування вегетативних органів сої. Цей показник здебільшого залежить від генетичних чинників, меншою мірою – від агрокліматичних умов. Тривалість вегетаційного періоду сої контролюється домінуючим алелем гена *E1* [20]. Для зони Лісостепу України тривалість вегетаційного періоду має стано-

вити близько 55–65 днів; при тривалішому періоді є ймовірність того, що сорт не встигне сформувати урожай насіння. При створенні скоростиглих овочевих сортів важливо зважати на те, що деякі сорти у процесі онтогенезу мають більш тривалий період вегетативного розвитку, проте, в цілому, час їхнього дозрівання не збільшується [21].

Дослідження виявили, що процеси росту і розвитку сої овочевої впродовж періоду вегетації істотно відрізнялися залежно від сорту рослин. Сходи всіх досліджуваних сортів з'являлися на 9–11 добу після посіву, тоді як настання фази бутонізації у зразках сортів 'Астра', 'Веста' і 'СибНІИСОХ 6' настає пізніше від інших на 24–30 діб.

За ознакою «період вегетації» рослини істотно відрізнялися. Технічна стиглість бобів наставала на 61–100 добу від появи сходів. Це дозволяє створення конвеєрної схеми споживання зелених бобів едамаме шляхом використання сортів різних груп стиглості.

За результатами досліджень встановлено, що сорт-стандарт 'Романтика' та колекційні зразки 'Karikachi' та 'Астра' відносяться до напівдетермінантного типу росту. Рослини сор-

тів 'Karikachi' та 'Астра' у фазі технічної стиглості мали більший розмір. У порівнянні зі стандартом їхня висота відрізнялась на 11,3 та 12,4%. Колекційні сорти 'Fiskeby V', 'Л 380-2-13', 'Fiskeby V-E5', 'СибНІИСОХ 6', 'Sac', 'Веста' належать до детермінантного типу росту, висота яких була у межах 62,0–78,0 см, що є менше від стандарту на 19,6–36,1%.

Відомо, що 90–95% сухого залишку врожаю культурних рослин створюється за рахунок фотосинтезу, який проходить в листках. Зважаючи на це, урожайність сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від динаміки наростання площі листків рослин та інтенсивності їх роботи впродовж вегетаційного періоду. Площа листової поверхні є досить мінливою величиною на формування якої істотно впливають сортові особливості, умови вологозабезпечення, живлення та інші технологічні прийоми вирощування. За цим показником зразки сої овочевої були середньоваріативними – CV = 11%. Найбільшу площу асиміляційної поверхні утворювали рослини сортів 'Астра', 'Karikachi', 'Fiskeby V', 'Sac', 'Fiskeby V-E5', 'Веста' – 30,6–39,0 тис. м<sup>2</sup>/га, що більше від стандарту на 1,3–29,1% (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри продуктивності різних сортів сої овочевої (2020–2021 рр.)

Зразок	Параметри продуктивності сої овочевої у фазі технічної стиглості бобів					
	Висота рослин, см	Листкова площа посівів, тис. м <sup>2</sup>	Кількість пагонів, шт./росл.	Кількість бобів, шт./росл.	Кількість насінин, шт./біб	ЧПФ налив бобів – технічна зрілість, г/добу/м <sup>2</sup>
'Романтика' St	97±5,2	30,2±0,64	2,0±0,11	31,0±1,9	2±0,10	2,52±0,07
'Fiskeby V'	62±1,7	34,6±0,98	2,0±0,08	31,8±0,7	2±0,07	2,65±0,14
'Karikachi'	108±3,3	33,0±1,13	2,0±0,06	34,0±0,5	2±0,07	2,41±0,04
'Астра'	109±2,9	30,6±1,60	2,5±0,07	38,0±2,1	3±0,07	2,43±0,07
'Веста'	78±3,1	39,0±0,99	2,5±0,09	48,5±1,2	3±0,07	2,95±0,09
'СибНІИСОХ 6'	70±2,5	30,0±0,83	3,0±0,11	49,0±1,3	3±0,21	2,55±0,08
'Sac'	72±0,6	35,0±1,12	3,0±0,08	58,0±1,3	3±0,04	2,74±0,07
'Fiskeby V-E5'	67±3,6	37,5±1,32	3,5±0,17	71,0±5,1	3±0,13	2,83±0,10
'Л 380-2-13'	64±2,9	28,1±0,89	4,0±0,08	76,0±1,7	3±0,06	2,62±0,05
X med.	80,8	33,1	2,7	48,6	2,7	2,6
SD	17,7	3,5	0,7	15,8	0,5	0,2
CV, %	22	11	25	33	18	6

Меншу листову площу порівняно зі стандартом формували рослини сортів 'Л 380-2-13', 'СибНІИСОХ 6' – 28,1 і 30,0 тис. м<sup>2</sup>/га, що є меншим від стандарту на 0,7 і 7,0%.

За показником кількості пагонів рослини більшості зразків значно варіювали (CV = 25%). Максимальну кількість пагонів утворювали рослини сорту 'Fiskeby V-E5' – 4 шт./росл., що більше від стандарту на 60%, або 1,5 шт./росл. Неістотно вищими показниками відносно стандарту за даною ознакою характеризувалися сорти 'Karikachi', 'Астра', 'Веста' – 3,0–3,5 шт./росл., що більше від

стандарту на 0,5–1,0 шт./росл., або 20–40%. Рослини сортів 'Fiskeby V', 'СибНІИСОХ 6', 'Л 380-2-13' утворювали по два пагони, що менше від стандарту на 0,5 шт., тобто по 50% рослин утворювали 2 і 3 пагони на рослині.

Чиста продуктивність фотосинтезу мало варіювала у всіх варіантах дослідження (CV = 6%). Максимальний показник чистої продуктивності фотосинтезу відзначали у зразків 'Веста' – 2,95 г/м<sup>2</sup>/добу та 'Fiskeby V-E5' – 2,83 г/м<sup>2</sup>/добу, що більше від стандарту на 17,1 і 12,3%. Істотно вищою від сорту 'Романтика' була чиста продуктивність фото-

синтезу у зразків 'Fiskeby V', 'Sac' – 2,65 і 2,74 г/м<sup>2</sup>/добу, що більше на 5,2 і 8,7%.

За показником кількості бобів на рослині істотно переважали сорт 'Романтика' зразки 'Sac', 'Fiskeby V-E5', 'Астра' – 58–76 шт./роsl., що більше на 19,6–56,7%. Меншу кількість бобів від стандарту формували сортозразки 'СибНІИСОХ 6', 'Karikachi', 'Fiskeby V', 'Л 380-2-13' – 31–38 шт./роsl., що менше на 21,6–36,1%. Варіювання даної ознаки було сильним – CV = 33%.

За показником кількості насінин у одному бобі сорти були середньоваріабельними, коефіцієнт варіації становив 18%, і чітко розділилися на дві групи: з двонасінними бобами ('Karikachi', 'Астра', 'Л 380-2-13') та трінасінними бобами ('Романтика' St, 'Fiskeby V', 'Веста', 'СибНІИСОХ 6', 'Sac', 'Fiskeby V-E5').

Від маси бобів залежить товарна врожайність на овочеві цілі та ефективність технології вирощування загалом. Варіювання цієї ознаки було значним, коефіцієнт варіювання становив 29%.

Істотно більшою масою бобів характеризувалися сорти 'Л 380-2-13', 'Sac', 'Веста', 'Fiskeby V', 'Fiskeby V-E5'. Так, зразки 'Веста', 'Fiskeby V', 'Fiskeby V-E5' мали боби масою 163–176 г/роsl., що більше від стандарту на 81,1–95,6%; зразки 'Л 380-2-13', 'Sac' – 138,6 і 156,6 г/роsl. (+54,0 і 74,0%). Меншою масою бобів характеризувався лише один сорт – 'Karikachi' – 81 г/роsl., що менше на 10%, порівняно зі стандартом.

Формування врожаю – це складна сукупність численних фізіолого-біохімічних процесів життєдіяльності рослинного організму, на інтенсивність яких впливає чимала кількість факторів. Величина врожайності сільськогосподарських культур залежить від ґрунтово-кліматичних умов, особливостей біології культури, технологічних прийомів вирощування та інших чинників.

Урожайність культури – показник від якого залежить доцільність і ефективність технології вирощування. Більшість колекційних зразків істотно переважали сорт-стандарт 'Романтика', їхня врожайність коливалася у межах 11,3–22,4 т/га. Максимальною врожайністю характеризувалися сорти 'Л 380-2-13' (17,3 т/га), 'Веста' (18,8 т/га), 'Sac' (19,6 т/га), 'Fiskeby V' (21,4 т/га), 'Fiskeby V-E5' (22,4 т/га), що більше від стандарту на 6,2–98,2%. Варіювання врожайності едамаме також було сильним – CV = 27%.

Отже, врожайність сої овочевої значною мірою залежить від сортових особливостей, які істотно різняться між собою за всіма показниками.

Продуктивність сортів доцільно оцінювати не тільки за врожайністю товарної продукції, а й за можливістю отримання якісного посівного матеріалу. Високу врожайність насіння, вищу від стандарту, отримано у зразків 'Л 380-2-13' (2,88 т/га), 'Sac' (3,10 т/га), 'Веста' (3,10 т/га), 'Fiskeby V' (3,63 т/га), 'Fiskeby V-E5' (4,00 т/га), які переважали стандарт на 8,0–64,8% (табл. 3).

Таблиця 3

Параметри врожайності та якості зразків сої овочевої

Зразок	Маса бобів, г/роsl.	Урожайність бобів, т/га	Урожайність насіння, т/га	Сухий залишок, %
'Романтика' St	90,0±2,4	11,3±0,40	2,00±0,06	31,70±0,62
'Fiskeby V'	171,0±6,2	21,4±0,41	2,11±0,18	23,00±1,58
'Karikachi'	81,0±1,5	10,5±0,36	2,20±0,06	32,00±1,92
'Астра'	90,0±2,8	12,7±0,55	2,38±0,11	30,70±1,62
'Веста'	163,0±12,0	18,8±0,45	2,88±0,08	28,00±1,09
'СибНІИСОХ 6'	95,4±2,4	12,0±0,24	3,08±0,16	31,10±0,79
'Sac'	156,6±9,0	19,6±0,62	3,08±0,09	26,00±1,26
'Fiskeby V-E5'	176,0±5,6	22,4±0,35	3,63±0,21	22,70±1,29
'Л 380-2-13'	138,6±4,4	17,3±0,82	4,00±0,04	28,60±1,26
X med.	129,1	16,2	2,80	28,20
SD	37,2	4,4	0,7	3,4
CV, %	29	27	23	12

Сухий залишок – основний показник, від якого залежить енергетична та біоенергетична ефективність виробництва будь-якої продукції, тому аналіз даного показника проводили досить детально. За часткою сухого залишку переважав стандарт, хоч і не істотно, зразок 'Karikachi' – 32,0%. Неістотно менший від стандарту був сухий залишок у сортів

'Веста', 'Л 380-2-13', 'Астра', 'СибНІИСОХ 6' – 28,0–31,1%, що менше від сорту 'Романтика' на 1,9–11,7%. Зразки 'Fiskeby V-E5', 'Fiskeby V', 'Sac' характеризувалися сухим залишком на рівні 22,7–26,0%, що менше від стандарту на 18,0–28,4%.

Дослідження вмісту сирого протеїну у незрілому зерні сої овочевої вказало на

істотно менший його вміст відносно біологічно зрілого зерна. Концентрація протеїну бобів едамаме знаходилася у межах

28,2–38,6%, що менше від аналогічного показника у біологічно зрілому зерні – 36,1–42,8% (рисунок).

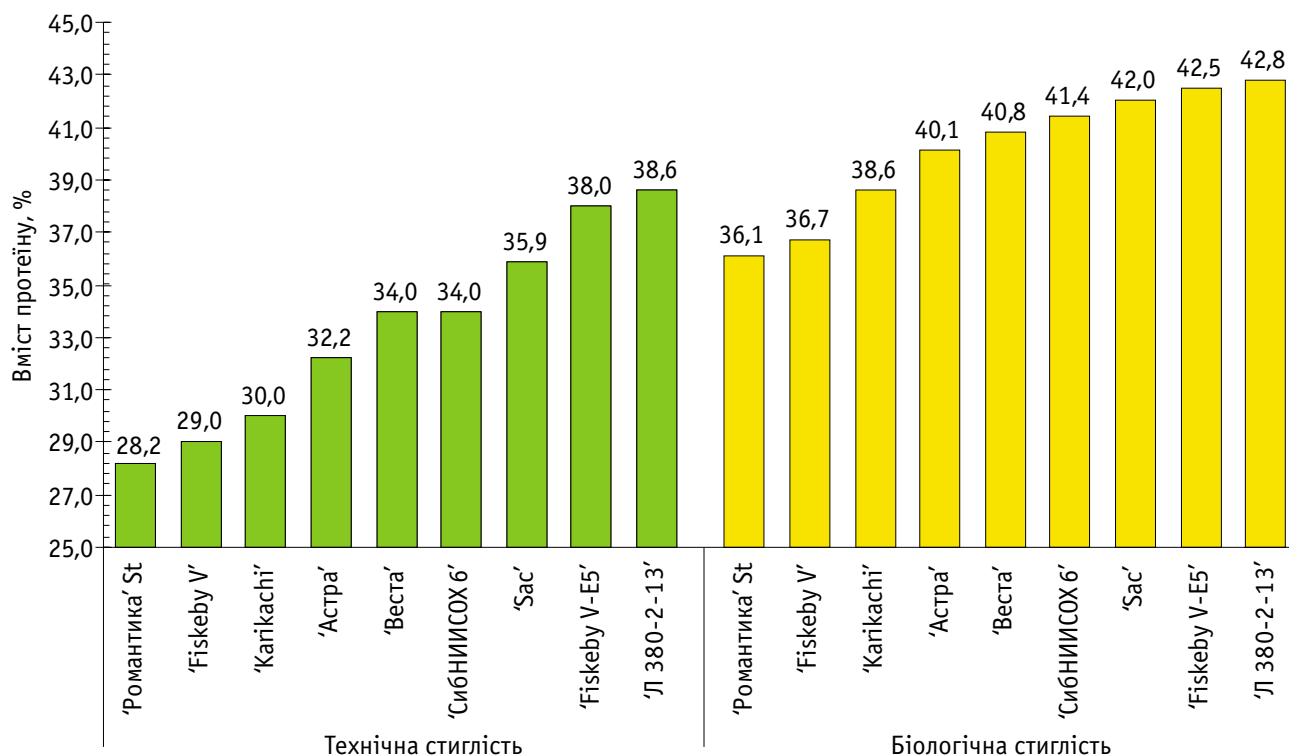


Рис. Вміст сирого протеїну на різних фазах стиглості бобів едамаме залежно від сорту (2020–2021 рр.), %/с.р. (НІР<sub>0,05 т.с.</sub> = 2,14; НІР<sub>0,05 б.с.</sub> = 2,92)

Неістотно вищий вміст протеїну відносно стандарту відзначали у одного зразка – 'Karikachi' – 38,6% у фазу технічної стиглості та 42,8% у фазу біологічної стиглості. Колекційні зразки 'Fiskeby V-E5', 'Fiskeby V', 'Веста', 'Sac', 'СибНИИСОХ 6', 'Л 380-2-13', 'Астра' накопичували у зерні менше протеїну відносно стандарту на 5,5–25,8% у фазу технічної стиглості та на 1,2–15,1% у фазу біологічної стиглості.

Вміст розчинних цукрів, включаючи моноцукри (фруктоза, глюкоза), дисахариди

(сахароза) та олігоцукри (рафіноза і стахіоза) в насінні едамаме представлені в таблиці 4. У зразках рослин, що належали до сортів 'Sac', 'Karikachi', 'Астра' концентрація фруктози була найвищою – 0,96–1,12 мг/100 г, що більше відносно стандарту на 26,3–47,4%. Зразки 'СибНИИСОХ 6', 'Fiskeby V-E5' мали дещо нижчий вміст фруктози, але переважали стандартний зразок на 15,8–17,1%.

Концентрація глюкози в усіх досліджуваних зразках сої овочевої помітно варіювала в межах 0,13–0,24 мг/100 г (CV = 19%) і була

Таблиця 4

Вміст розчинних цукрів у бобах сої овочевої

Сорт	Вміст цукрів, г/100 г сухої речовини (X±SD)				
	фруктоза	глюкоза	сахароза	рафіноза	стахіоза
'Романтика' St	0,76±0,012	0,24±0,005	9,26±0,15	0,45±0,013	0,06±0,001
'Fiskeby V'	0,82±0,019	0,21±0,006	9,14±0,35	0,39±0,010	0,08±0,003
'Karikachi'	0,96±0,007	0,15±0,005	8,24±0,22	0,27±0,008	0,11±0,005
'Астра'	0,98±0,026	0,15±0,007	7,70±0,04	0,21±0,012	0,11±0,003
'Веста'	0,75±0,020	0,21±0,009	9,31±0,31	0,47±0,019	0,06±0,003
'СибНИИСОХ 6'	0,88±0,022	0,18±0,009	8,64±0,18	0,36±0,012	0,09±0,004
'Sac'	1,12±0,046	0,13±0,004	6,82±0,22	0,16±0,004	0,13±0,003
'Fiskeby V-E5'	0,89±0,025	0,17±0,005	8,41±0,17	0,31±0,014	0,10±0,002
'Л 380-2-13'	0,74±0,016	0,22±0,005	9,38±0,27	0,52±0,031	0,06±0,002
X med.	0,88	0,18	8,54	0,35	0,09
SD	0,12	0,04	0,81	0,11	0,02
CV, %	14	19	10	33	27

нижчою від стандарту на 8,3–45,8%. За показниками концентрації сахарози і рафінози спостерігалася така ж тенденція – досліджувані зразки характеризувалися нижчою концентрацією, за виключенням окремих зразків ('Веста' і 'Л 380-2-13'). Однак показники вмісту сахарози варіювали мало – CV = 10%, а вміст рафінози – дуже сильно (CV = 33%).

За вмістом стахіози зразки істотно варіювали (CV = 27%), більшість досліджуваних зразків суттєво переважали стандарт, за виключенням зразків сорту 'Веста' і 'Л 380-2-13', де її вміст був рівнозначним стандарту.

Результати дослідження вказують на дуже сильну диференціацію сортів за всіма господарськими ознаками.

### Висновки

Результати свідчать, що навіть із незначними варіаціями за генотипом, сорти/зразки овочевої сої досить схожі на сою зернового типу. Наші результати також підтверджують переваги едамаме як дієтичного продукту із низьким вмістом олігоцукрів. Перспективним є сорт UDO202500 'Sac', що походить з Японії. Він характеризується крупним насінням яскраво зеленого кольору у стадії технічної і біологічної стиглості, підвищеною урожайністю зелених бобів – 19,6 т/га, насіння – 3,08 т/га; має досить високий вміст білка – до 35,9% у зелених бобах і до 42,0% у зрілому насінні. Отримані результати надають корисну інформацію щодо насінневої та поживної якості едамаме для подальшої селекційної практики і доводять, що інтродуковані сорти сої овочевої придатні як для отримання овочевої продукції, так і для якісного насіння.

### Використана література

1. Johnson D., Wang S., Suzuki A. Edamame: A vegetable soybean for Colorado. *Perspectives on new crops and new uses* / J. Janick (Ed.). Alexandria, VA : ASHS Press, 1999. P. 385–387.
2. Mentreddy S. R., Mohamed A. I., Joshee N., Yadav A. K. Edamame: a nutritious vegetable crop. *Trends in new crops and new uses*. Atlanta, GA : ASHS Press, 2002. P. 432–438.
3. Zeipina S., Alsina I., Lapse L. Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Res Rural Dev*. 2017. Vol. 2. P. 40–44. doi: 10.22616/rrd.23.2017.047
4. Yu D., Lord N., Polk J. et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem*. 2021. Vol. 368. 130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799
5. Carneiro R., Duncan S., O'Keefe S. et al. Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580
6. Hymowitz T. Dorsett-Morse soybean collection trip to East Asia: 50-year retrospective. *Econ. Bot.* 1984. Vol. 38, Iss. 4. P. 378–388. doi: 10.1007/BF02859075

7. Smith J. M., Van Duyne F. O. Other soybean products. *Soybeans and Soybean Products* / K. S. Markley (Ed.). New York, NY : Interscience, 1951. Vol. 2. P. 1055–1078.
8. Carneiro R. C. V., Duncan S. E., O'Keefe S. F. et al. Sensory and consumer studies in plant breeding: A guidance for edamame development in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.* 2020. Vol. 4. 124. doi: 10.3389/fsufs.2020.00124
9. Zhang B., Lord N., Kuhar T. et al. A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* 2021. P. 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140
10. Williams M. M. Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. *Crop Sci.* 2015. Vol. 55. P. 1274–1279. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0690
11. Nolen S., Zhang B., Kering M. K. Increasing fresh edamame bean supply through season extension techniques. *J. Hortic.* 2016. Vol. 3. P. 1–5. doi: 10.4172/2376-0354.1000170
12. Xu Y., Cartier A., Kibet D. et al. Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development. *J. Food Meas. Charact.* 2016. Vol. 10. P. 193–200. doi: 10.1007/s11694-015-9293-9
13. Jankauskienė J., Brazaitytė A., Vaštakaitė-Kairienė V. Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*. 2021. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267
14. Findlay S., McKenzie J., Al-Dujaili E., Davidson H. Weight loss and reductions in body mass index, abdominal-girth and-depth after a 12-week dietary intervention of soya beans (edamame). *Proc. Nutr. Soc.* 2015. Vol. 74. E70. doi: 10.1017/S0029665115000853
15. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ : Сільгоспосвіта, 1994. 344 с.
16. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин або вологи : ДСТУ 7804:2015. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
17. Johansen H. N., Glitsø V., Knudsen K. E. B. Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 1996 Vol. 44. P. 1470–1474. doi: 10.1021/jf950482b
18. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Метод К'ельдаля : ДСТУ ISO 5983-2003. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.
19. Лакин Г. Ф. Биометрия. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1990. 352 с.
20. Частная селекция полевых культур / под ред. В. В. Пыльнева. Москва : Колос, 2005. 552 с.
21. Carneiro R., Yin Y., Duncan S. et al. Edamame Flavor Characteristics Driving Consumer Acceptability in the United States: A Review. *ACS Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 1. P. 1748–1756. doi: 10.1021/acsfoodscitech.1c00261

### References

1. Johnson, D., Wang, S., & Suzuki, A. (1999). Edamame: a vegetable soybean for Colorado. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on New Crops and New Uses* (pp. 385–387). Alexandria, VA: ASHS Press.
2. Mentreddy, S. R., Mohamed, A. I., Joshee, N., & Yadav, A. K. (2002). In *Edamame: a nutritious vegetable crop. Trends in new crops and new uses* (pp. 432–438). Atlanta, GA: ASHS Press.
3. Zeipinē A. S., Alsinē A. I., & Lapse, L. (2017). Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Res. Rural. Dev.*, 2, 40–44. doi: 10.22616/rrd.23.2017.047
4. Yu, D., Lord, N., Polk, J., Dhakal, K., Li, S., Yin, Y., ... Huang, H. (2021). Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.*, 368, 130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799
5. Carneiro, R., Duncan, S., O'Keefe, S., Yu, D., Huang, H., Yin, Y., ... Gillen, A. (2021). Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580

6. Hymowitz, T. (1984). Dorsett-Morse soybean collection trip to East Asia: 50-year retrospective. *Econ. Bot.*, 38(4), 378–388. doi: 10.1007/BF02859075
7. Smith, J. M., & Van Duyn F. O. (1951). Other soybean products. In K. S. Markley (Ed.), *Soybeans and soy-bean products* (Vol. 2, pp. 1055–1078). New York, NY: Interscience.
8. Carneiro, R. C. V., Duncan, S. E., O'Keefe, S. F., Yin, Y., Neill, C. L., & Zhang, B. (2020). Sensory and consumer studies in plant breeding: A guidance for edamame development in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 124. doi: 10.3389/fsufs.2020.00124
9. Zhang, B., Lord, N., Kuhar, T., Duncan, S., Huang, H., Ross, J., ... Buss, G. (2021). A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.*, 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140
10. Williams, M. M. (2015). Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. *Crop Sci.*, 55, 1274–1279. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0690
11. Nolen, S., Zhang, B., & Kering, M. K. (2016). Increasing fresh edamame bean supply through season extension techniques. *J. Hortic.*, 3, 1–5. doi: 10.4172/2376-0354.1000170
12. Xu, Y., Cartier, A., Kibet, D., Jordan, K., Ivy, H., & Davis, S. (2016). Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development. *J. Food Meas. Charact.*, 10, 193–200. doi: 10.1007/s11694-015-9293-9
13. Jankauskienė, J., Brazaitytė, A., & Vaštakaitė-Kairienė, V. (2021). Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*, 49, 12267. doi: 10.15835/nbha49112267
14. Findlay, S., McKenzie, J., Al-Dujaili, E., & Davidson, H. (2015). Weight loss and reductions in body mass index, abdominal girth and depth after a 12 week dietary intervention of soya beans (edamame). *Proc. Nutr. Soc.*, 74, E70. doi: 10.1017/S0029665115000853
15. Nedvyha, M. V. (1994). *Morfologichni kryterii ta henezys suchasnykh gruntiv Ukrainy* [Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
16. *Produkty pererobliannia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannia sukhykh rehovyn abo volohy: DSTU 7804:2015* [Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solids or moisture: State standard of Ukraine 7804:2015]. (2015). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
17. Johansen, H. N., Glitso, V., & Knudsen, K. E. B. (1996). Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1470–1474. doi: 10.1021/jf950482b
18. *Kormy dlia tvaryn. Vyznachannia vmistu azotu i obchysliuvannia vmistu syroho bilka. Metod Kieldalia: DSTU ISO 5983-2003* [Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Kjeldahl method: State standard of Ukraine ISO 5983-2003]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
19. Lakin, G. F. (1990). *Biometriya* [Biometrics]. (4th ed., rev. and enl.). Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]
20. Pylnev, V. V. (Ed.). (2005). *Chastnaya selektsiya polevykh kul'tur* [Private breeding of field crops]. Moscow: Kolos. [in Russian]
21. Carneiro, R., Yin, Y., Duncan, S., & O'Keefe, S. (2021). Edamame Flavor Characteristics Driving Consumer Acceptability in the United States: A Review. *ACS Food Sci. Technol.*, 1, 1748–1756. doi: 10.1021/acfoodscitech.1c00261

UDC 631.165-047.44:633.34 (477.4)

**Yatsenko, V. V.\***, **Poltoretskyi, S. P.**, & **Yatsenko, A. O.** (2021). Agrobiological evaluation of collection of vegetable soybean varieties in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 327–334. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248991>

*Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine, \*e-mail: slaviksklavin16@gmail.com*

**Purpose.** Agrobiological assessment of soybean varieties *Glycine max* var. *Shirofumi* on a complex of economically valuable traits for introduction in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. Selection of promising breeding forms based on morpho-biological and physiological-biochemical characteristics. **Methods.** Field, laboratory, statistical, computational and analytical. The studies were carried out in the conditions of the educational and production department of Uman National University of Horticulture during 2020–2021, using collection varieties of different ecological and geographical origin (Ukraine, Belarus, Sweden, Japan and Russia). The cultivars were assessed according to the following parameters: plant height, leaf area, net productivity of photosynthesis and indices of individual productivity (weight of beans per plant, number of seeds in a bean, etc.), productivity of green beans and biologically mature seeds and, accordingly, quality indicators of production (dry matter, sugar and protein content). The counts were carried out in the phase of the technical ripeness of the beans. **Results.** The variability of the “plant height” trait of the studied varieties had an average variation – the coefficient of variation was 22%. The results showed that the standard cultivar ‘Romatnyka’ and the collection cultivars ‘Karikachi’ and ‘Astra’ belong to the semi-determinant type of growth (97–109 cm), cultivar ‘Fiskeby V’, ‘L 380-2-13’, ‘Fiskeby V-E5’, ‘SibNIISOX 6’, ‘Sac’, ‘Vesta’ belong

to the determinant type of growth. According to the number of seeds in the pod, the studied varieties were clearly divided into two groups: with two-seeded beans (varieties ‘Karikachi’, ‘Astra’, ‘L 380-2-13’) and three-seeded beans (varieties ‘Romatnyka’ (standard), ‘Fiskeby V’, ‘Vesta’, ‘SibNIISOX 6’, ‘Sac’, ‘Fiskeby V-E5’). The maximum yield of edamame beans was produced by varieties ‘L 380-2-13’ (17.3 t/ha), ‘Vesta’ (18.8 t/ha), ‘Sac’ (19.6 t/ha), ‘Fiskeby V’ (21.4 t/ha), ‘Fiskeby V-E5’ (22.4 t/ha). A significant differentiation of soybean varieties in the biochemical composition of immature beans was revealed. The dry matter content was 22.70–31.70%. The share of protein in edamame green beans was 28.2–38.6%, in biologically mature seeds its share increased to 36.1–42.8%. Among soluble sugars, the highest concentration was noted for sucrose – 7.70–9.38 mg/100 g in dry seeds, what in average amounted to 81.6–86.2% of all sugars. The presented results provide a comprehensive assessment of breeding work on soybean varieties with a low content of oligosaccharides. **Conclusions.** Evaluation of collection varieties of vegetable soybeans by the variability of morphological traits and productivity made it possible to distinguish ‘Sac’ variety by a complex of valuable traits for creation of new varieties of vegetable soybeans adapted to the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

**Keywords:** edamame; yield; protein; sugar content; seeds.

Надійшла / Received 27.10.2021  
Погоджено до друку / Accepted 18.11.2021