

## ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ВМІСТ БІЛКА ТА ЙОГО АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД У ЗЕРНІ СОРТІВ СОЇ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Бруньов Максим Ігорович**

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-7936-7216

maksym.brunov@snau.edu.ua

**Дудка Ангеліна Анатоліївна**

старший викладач

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-9444-4339

anelina.dudka@snau.edu.ua

*Важлива перевага сої (*Glycine max* (L.) Merr.) перед іншими культурами полягає у високому вмісті білка та збалансованому амінокислотному складі. Зважаючи на це актуальним є питання використання сортів сої, вирощування яких могло б забезпечити потреби харчової промисловості, а також розроблення оптимальної системи удобрення, що дозволить розкрити генотиповий потенціал якісних показників зерна сої. Попри збалансований природний хімічний склад зерна сої внесення мінеральних добрив здатне підвищити його якісні показники. Нині в Україні недостатньо вивчене питання впливу сортових особливостей та різних норм мінеральних добрив на амінокислотний склад зерна сої.*

*Дослідження були спрямовані на вивчення особливостей формування вмісту білка та амінокислот у зерні сої залежно від погодних умов, сортових особливостей та удобрення в зоні Лівобережного Лісостепу України. Дослідження впливу розрахункової ( $N_{45}P_{65}K_{85}$ ) та рекомендованої ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) норм добрив на формування якості зерна сої сортів різних груп стиглості (Командор, Тріада та Тенор) проводили в умовах навчально-науково-виробничого комплексу Сумського національного аграрного університету впродовж 2020–2022 років.*

*За результатами досліджень встановлено вплив погодних умов на вміст білка в зерні сої, де розподіл температурного режиму та опадів 2020 року був найбільш сприятливим для формування максимального вмісту білка (41,3 %) у зерні сої за досліджувані роки. Виявлено і вплив сортових особливостей на цей показник. Найбільш білковим серед сортів виявився сорт Тенор (42,1 %). Деяко менший вміст білка мав скоростиглий сорт Командор – 41,9 %. Найменшим вмістом білка характеризувався ранньостиглий сорт Тріада – 40,0 %. Серед досліджуваних норм мінеральних добрив найбільший вміст білка отримано за внесення розрахункової та рекомендованої норми добрив – 41,7–41,8 % відповідно. У процесі досліджень спостерігалася певна тенденція до підвищення вмісту більшої частини амінокислот у середньораннього сорту Тенор. Зафіксовано підвищення вмісту як замісних, так і незамінних амінокислот у зерні сої за внесення мінеральних добрив. Винятком став лише абсолютно незамінний метіонін, вміст якого зменшувався за внесення мінеральних добрив на 0,04–0,09 г/100 г порівняно із контролем.*

**Ключові слова:** соя, сорт, погодні умови, якість насіння, вміст білка, амінокислотний склад.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.2>

**Вступ.** Соя є однією з найважливіших культур у всьому світі та одним із найкращих джерел білка для харчової промисловості та корму для тварин, що забезпечує виняткову глобальну продовольчу безпеку (Philis et al., 2018). Водночас на сою припадає значна частка світового виробництва олійних культур – до 60 % світового попиту (Egli & Crafts-Brandner, 2017). Попит на сою здебільшого визначається якістю її насіння, причому приблизно 70–75 % поточного виробництва насіння сої розподіляється на виготовлення 79 % шроту та 18 % сирової олії (Marowka et al., 2020).

Соя є цінним джерелом високопоживного білка, клітковини, вітамінів і мінералів. Жир у зерні сої містить незамінні ненасичені жирні кислоти (Chen et al., 2012; Basson et al., 2021). Білки сої – це передусім глобуліни, які становлять близько 70 % усіх білків і мають допоміжні функції. Інші білки належать до групи альбумінів, що виконують ферментативні та структурні функції. Біль-

шість із них здатні утворювати малоактивні комплекси, які впливають на біологічну цінність і технологічну придатність сировини для виробництва харчових продуктів. Також вони є регуляторами протеолітичної активності (Modgil & Kumar, 2021). Давно вже відомо, що якість білка сої залежить від вмісту незамінних амінокислот. Проте з багатьох причин ринки кормів для тварин і харчових продуктів для людей почали відповідним чином оцінювати лише нещодавно (Monte et al., 2020).

Якість соєвого білка можна порівняти з білками м'яса, молока, яєць. З рослинних джерел протеїну білок сої вважають найвищою біологічною цінністю, зокрема за вмістом екзогенних амінокислот – фенілаланіну, метіоніну, треоніну, валіну, ізолейцину, лейцину, триптофану, лізину. У спеціальній літературі наводять такі процентні показники їх вмісту в зерні сої: лейцин близько 8 г/100 г білка; лізин – 6,5 г/100 г білка; валін – 5 г/100 г білка; ізолейцин – 5 г/100 г білка; фенілаланін – 4 г/100 г білка. Порів-

няно з тваринними білками, білок сої характеризується меншим вмістом сірчистих амінокислот (Kudelka et al., 2021). Для сої загальна кількість сірки, яку містять амінокислоти, цистеїн і метіонін, становить менш ніж 1,5 % від загального білка, що є нижчим за рівень, який відповідає щоденним рекомендаціям щодо харчування людини (Assefa et al., 2018). Також визначено, що разом незамінні амінокислоти (ізолейцин, гістидин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан і валін) і умовно незамінні (аргінін, цистеїн, глутамін, тирозин, гліцин, орнітин, пролін і серин) становлять близько 20 % білка насіння сої (Tessari et al., 2016).

Поряд з іншими факторами, якість насіння залежить від засвоєння достатньої кількості поживних речовин, оскільки вони беруть участь у ключових процесах клітини (Zambiazzi et al., 2014). Такі елементи, як азот, фосфор, калій і кальцій, необхідні для метаболізму рослин і насіння сої. Вони є складниками білків (Taigo & Ndakidemi, 2014) і беруть участь у зберіганні та передачі енергії у формі аденозиндифосфату (АДФ) і аденозинтрифосфату (АТФ). До того ж вони регулюють поглинання води, регуляцію проривів (Singh & Kataria, 2012), а також підтримку та стабільність клітинної мембрани (Schapire et al., 2009).

Вплив удобрення на якість зерна сої є предметом численних досліджень (Jarecki et al., 2015; Salvagiotti et al., 2008; Kaur et al., 2017). Актуальними для сої та інших культур, залишаються питання регіональних особливостей формування урожайності (Trotsenko et al., 2020). Саме ці фактори і обумовлюють доцільність та актуальність проведення експериментальних досліджень із оцінювання якісних показників урожаю сої в умовах Лівобережного Лісостепу України

**Матеріали і методи досліджень.** Польовий дослід проведено в умовах навчально-науково-виробничого комплексу (ННБК) Сумського національного аграрного університету впродовж 2020–2022 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибоко середньогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах із вмістом гумусу за Тюрнімом – 3,8–4,1 %; рН сольовим 6,0–6,2; вмістом легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 120 мг/кг, рухомих сполук  $P_2O_5$  і  $K_2O$  за Чириковим – 195,1 мг/кг та 72,4 мг/кг відповідно.

Об'єкт дослідження – процес формування вмісту білка та амінокислот у зерні сої залежно від сортових особливостей та різних норм добрив.

Предмет дослідження – сорти сої, норми добрив, вміст білка та його амінокислотний склад.

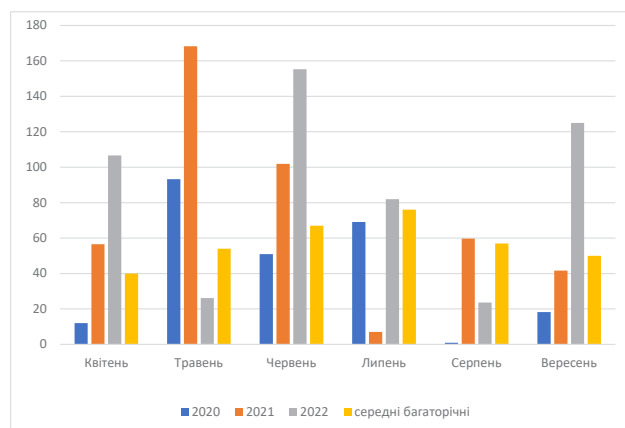
Схема дослідів. Фактор А – сорти сої (Командор, Триада, Тенор); фактор В – норми добрив: контроль (без застосування добрив); розрахункова норма добрив балансним методом ( $N_{45}P_{65}K_{85}$ ) та рекомендована норма добрив для умов Лівобережного Лісостепу України ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

Облікова площа ділянки – 21 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів – трикратна. Варіанти в повтореннях було розміщено рандомізованим методом.

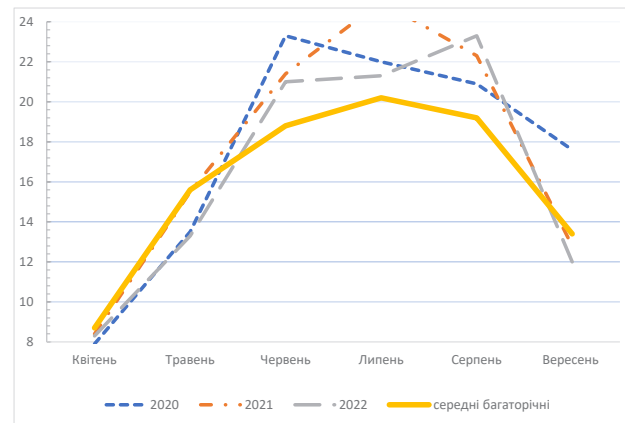
Статистичну обробку отриманих результатів дослідів проводили методом дисперсійного аналізу за

Б. О. Доспеховим із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel та Statistica 10.

Основні метеорологічні дані надані Інститутом сільськогосподарства Північного Сходу НААН України (с. Сад – 5 км від дослідного поля). Для оцінки умов зволоження року було використано загальноприйнятий гідротермічний коефіцієнт Селянінова. Так, найбільш посушливі умови були в 2020 році, про що свідчить ГТК = 0,8. Нормальним за зволоженням був 2021 рік (ГТК=1,3). А от 2022 рік був вологим, що підтверджує розрахований ГТК=1,4. Детальний аналіз температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду наведено на рис. 1 та 2.



**Рис. 1. Середньомісячна сума опадів за роки досліджень 2020–2022 рр., мм**



**Рис. 2. Середньомісячна температура повітря за роки досліджень 2020–2022 рр., °C**

**Результати.** Вміст білка в зерні сої вищий, ніж в інших бобових, як і якість білка (Hughes et al., 2011). За результатами досліджень упродовж 2020–2022 рр. (табл. 1) встановлено, що найбільш сприятливим для формування вмісту білка в зерні сої серед досліджуваних років був 2020 рік, і в середньому вміст білка в зерні становив 41,3 %. Меншим вмістом білка характеризувався 2021 рік – 39,2 %. Найменший вміст білка сформовано за погодних умов 2022 року – 39,0 %. Таку тенденцію могла бути зумовлена посушливими умовами 2020 року і, навпаки, більш вологими умовами 2022 року, адже фактори посухи та спеки можуть призводити до збіль-

Вплив удобрення на вміст білка в зерні сої сортів різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), %

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Вміст білка, %			Середнє	
		2020	2021	2022	фактор А	фактор В
Командор	Без добрив	41,3	38,5	38,8	41,9	40,5
	Розрахункова	42,0	40,1	39,8		41,7
	Рекомендована	42,3	39,1	39,4		41,8
Тріада	Без добрив	39,7	38,2	38,3	40,0	
	Розрахункова	40,4	39,6	39,4		
	Рекомендована	40,0	38,5	38,7		
Тенор	Без добрив	40,5	38,0	38,1	42,1	
	Розрахункова	42,7	39,6	39,2		
	Рекомендована	43,0	41,2	38,9		
Середнє за роками		41,3	39,2	39,0	41,3	
Duncan test <sub>0,05</sub> AB						2,45

Таблиця 2

Вплив удобрення на вміст незамінних амінокислот у зерні сортів сої різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), г/100 г

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Незамінні амінокислоти, г/100 г						
		Лізин	Треонін	Метіонін	Валін	Ізолейцин	Лейцин	Феніланін
Командор	Контроль	2,25	1,35	0,5	1,81	1,57	2,75	1,92
	Розрахункова	2,58	1,64	0,48	1,97	1,69	3,05	2,15
	Рекомендована	2,56	1,60	0,46	1,96	1,7	2,93	2,06
	<b>Середнє</b>	<b>2,46</b>	<b>1,53</b>	<b>0,48</b>	<b>1,91</b>	<b>1,65</b>	<b>2,91</b>	<b>2,04</b>
Тріада	Контроль	2,40	1,45	0,55	1,87	1,62	2,81	1,99
	Розрахункова	2,41	1,63	0,51	1,99	1,67	2,99	2,11
	Рекомендована	2,42	1,55	0,50	1,93	1,69	3,01	2,14
	<b>Середнє</b>	<b>2,41</b>	<b>1,50</b>	<b>0,52</b>	<b>1,93</b>	<b>1,66</b>	<b>2,94</b>	<b>2,08</b>
Тенор	Контроль	2,34	1,37	0,64	1,71	1,53	2,96	1,93
	Розрахункова	2,58	1,67	0,60	1,92	1,58	3,00	2,13
	Рекомендована	2,69	1,48	0,55	1,81	1,68	3,05	2,28
	<b>Середнє</b>	<b>2,54</b>	<b>1,51</b>	<b>0,60</b>	<b>1,82</b>	<b>1,60</b>	<b>3,00</b>	<b>2,11</b>

шення вмісту білка в зерні сої (Wang & Frei, 2011; Melnyk et al., 2019).

У розрізі сортів (фактор А) було виявлено, що найбільший вміст білка мав середньоранній сорт Тенор, який у середньому сформував 42,1 %. Дещо менший вміст білка мав скоростиглий сорт Командор – 41,9 %. Найменшим вмістом білка характеризувався ранньостиглий сорт Тріада – 40,0 %.

Виявлено позитивний вплив внесення добрив (фактор В) на вміст білка. Отже, найбільший вміст білка отримано за внесення розрахункової та рекомендованої норми добрив – 41,7–41,8 % відповідно. На варіантах без внесення добрив отримано найменший вміст білка – 40,5 %. Загалом вміст білка для дослідів варіював у межах від 38,0 до 43,0 %. За результатами дисперсійного аналізу нами розраховано Дункан-тест – 2,45 %.

Незамінні амінокислоти являють собою амінокислоти, які не можуть синтезувати з проміжних продуктів метаболізму люди та інші хребетні. Вони повинні надходити з харчових продуктів, через те, що в організмі людини відсутні метаболічні процеси, необхідні для синтезу цих амінокислот (Hou et al., 2015).

Було встановлено, що серед досліджуваних сортів сої (фактор А) найбільший вміст лізину (2,54 г/100 г), метіоніну (0,60 г/100 г), лейцину (3,00 г/100 г) та феніланіну (2,11 г/100 г) було сформовано сортом Тенор (табл. 2). Найбільший вміст валіну та ізолейцину мало зерно сорту Тріада – 1,93 та 1,66 г/100 г відповідно. Максимальний вміст треоніну (1,53 г/100 г) зафіксовано у сорту Командор.

Очевидним є позитивний вплив внесення мінеральних добрив (фактор В) на вміст амінокислот у зерні сої. Винятком є лише вміст метіоніну, який зменшувався на 0,04–0,09 г/100 г за внесення мінеральних добрив залежно від сорту.

Замінні амінокислоти (аспарагін, глутамін, глутамінова кислота, аланін, серин, цистеїн, тирозин, гліцин, аргінін, пролін, аспарагінова кислота) також мають функціональні переваги та вирішальне значення для метаболізму людини (Hertzler et al., 2020). Соевий білок, наприклад, є гарним джерелом аргініну та гліцину, які є важливими поживними речовинами в циклі сечовини та синтезі колагену (Sá et al., 2020).

**Вплив удобрення на вміст замісних амінокислот у зерні сортів сої різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), г/100 г**

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Замісні амінокислоти, г/100 г						
		Аланін	Пролін	Глутамінова кислота	Аспарагінова кислота	Серин	Аргінін	Гістидин
Командор	Контроль	1,49	1,46	5,34	3,71	1,74	2,52	1,35
	Розрахункова	1,64	1,67	5,71	4,05	1,96	3,08	1,39
	Рекомендована	1,64	1,60	6,07	4,01	1,99	2,71	1,65
	<b>Середнє</b>	<b>1,59</b>	<b>1,58</b>	<b>5,71</b>	<b>3,92</b>	<b>1,85</b>	<b>2,77</b>	<b>1,46</b>
Тріада	Контроль	1,56	1,62	5,85	3,91	1,90	2,26	1,23
	Розрахункова	1,57	1,78	5,97	4,04	1,98	2,65	1,24
	Рекомендована	1,6	1,65	6,25	4,28	2,01	2,32	1,60
	<b>Середнє</b>	<b>1,58</b>	<b>1,68</b>	<b>6,11</b>	<b>3,98</b>	<b>1,94</b>	<b>2,64</b>	<b>1,36</b>
Тенор	Контроль	1,44	1,61	5,46	3,85	1,82	2,38	1,34
	Розрахункова	1,52	1,79	6,11	3,96	1,96	2,59	1,44
	Рекомендована	1,61	1,68	6,35	4,2	2,17	2,46	1,61
	<b>Середнє</b>	<b>1,52</b>	<b>1,69</b>	<b>5,97</b>	<b>4,00</b>	<b>1,98</b>	<b>2,78</b>	<b>1,53</b>

За результатами трирічних досліджень (табл. 3) виявлений вплив сортових особливостей на вміст замісних амінокислот у зерні сої. Так, максимальний вміст аланіну (1,59 г/100 г) зафіксовано в сорту Командор, глутамінової кислоти (1,66 г/100 г) – у сорту Тріада, проліну (1,69 г/100 г), аспарагінової кислоти (4,00 г/100 г), серину (1,98 г/100 г), аргініну (1,78 г/100 г) та гістидину (1,53 г/100 г) – у сорту Тенор.

У розрізі фактору В (норми добрив) максимальні показники вмісту: аланіну (1,60–1,64 г/100 г), глутамінової кислоти (6,07–6,35 г/100 г), серину (1,99–2,17 г/100 г) та гістидину (1,60–1,65 г/100 г) спостерігалися за внесення рекомендованої норми добрив; проліну (1,67–1,79 г/100 г) та аргініну (2,59–3,08 г/100 г) – за внесення розрахункової норми. Найнижчі значення вмісту за всіма наведеними замісними амінокислотами формувалися на варіантах без застосування добрив.

Узагальнюючи все вище сказане, можна зробити висновок, що саме за вирощування середньораннього сорту Тенор було отримано зерно з вищими показниками вмісту більшості амінокислот.

**Обговорення.** Загалом, результати досліджень щодо впливу погодних умов на вміст білка в зерні сої є неоднозначними. Досить переконливими є результати, що вказують на позитивний вплив високих температур (>20 °C до <28 °C) упродовж вегетаційного періоду на частку білкового компоненту (Vollmann, et al., 2000; Sudaric et al., 2006). Водночас деякі дослідження свідчать про негативну кореляцію між температурою та вмістом білка (Maestri et al., 1998). Науковцями східної частини Лісостепу України підтверджено факт кращого накопичення білка в умовах стабільного теплозабезпечення у фазі наливу та дозрівання бобів (Posylaieva et al., 2014; Melnyk & Romanko (2016); Melnyk et al., 2022). Крім погодних умов, на вміст білка впливають і сортові особливості. За результатами досліджень науковців Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН установ-

лено, що найбільший вміст білка був у сортів Адамос – 41,23 %, Мальвіна – 40,12 %, Мелодія–39,69 % та Вереснева –39,52 %, а мінімальний – у сорту Білявка (31,72 %) (Tsekhmeystruk et al., 2020; Kalenska et al., 2022).

Також у науковій літературі фігурують підтвердження позитивного впливу внесення мінеральних добрив на показники якості насіння. За дослідженнями Фурмана В. А., Каленської С. М., Новицької Н. В. та інших науковців у Правобережному Лісостепу та Поліссі України виявлено, що внесення мінеральних добрив збільшувало вміст сирого протеїну в зерні сої в середньому на 0,74–2,06 % (Batsmanova et al., 2020; Novytska et al., 2020, Furman et al., 2022).

За дослідженнями іноземних науковців встановлено, що на амінокислотний склад сої впливає і концентрація білка. Відносний вміст амінокислот, таких як лізин, метіонін, цистеїн, триптофан і треонін, зменшувався зі збільшенням концентрації білка в насінні, тоді як аргінін і глутамінова кислота збільшувалися (Pfarr et al., 2018). Співвідношення між білком насіння та вмістом амінокислот змінюється залежно від виду амінокислоти. Наприклад, лізин, метіонін, цистеїн, триптофан і треонін негативно корелюють із вмістом білка в насінні, тоді як аргінін і глутамінова кислота навпаки збільшуються (Medic et al., 2014).

**Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України більш сприятливими для формування вмісту білка в зерні сої (41,3 %) були умови 2020 року. У розрізі сортів кращий результат (42,1 %) забезпечував сорт Тенор. Оптимальним варіантом для накопичення білка в урожаї (41,8 %) було внесення розрахункової норми добрив ( $N_{60} P_{60} K_{60}$ ).

У процесі досліджень спостерігалася деяка тенденція вищого вмісту більшості амінокислот у середньораннього сорту Тенор. Виявлено позитивний вплив удобрення на вміст основних амінокислот у зерні сої.



### Бібліографічні посилання:

1. Assefa, Y., Bajjalieh, N. & Archontoulis, S. (2018). Spatial Characterization of Soybean Yield and Quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. *Sci. Rep.* 8, 14653 doi: 10.1038/s41598-018-32895-0.
2. Basson, A. R., Ahmed, S., Almutairi, R., Seo, B. & Cominelli, F. (2021). Regulation of Intestinal Inflammation by Soybean and Soy-Derived Compounds. *Foods*, 10, 774. doi: 10.3390/foods10040774.
3. Batsmanova, L., Taran, N., Konotop, Y., Kalenska, S. & Novytska, N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 21(2), 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414
4. Chen, K.I., Erh, M.H., Su, N.W., Liu, W.H., Chou, C.C. & Cheng, K.C. (2012) Soyfoods and soybean products: From traditional use to modern applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 96, 9–22. doi: 10.1007/s00253-012-4330-7.
5. Egli, D. B. & Crafts-Brandner, S. J. (2017). «Soybean» in *Photoassimilate Distribution Plants and Crops Source-Sink Relationships*. New York, NW, Routledge, 595–624. doi: 10.1201/9780203743539.
6. Furman, V. A., Furman, O. V. & Svystunova, I. V. (2022). Urozhainist ta yakist nasinnia soi zalezno vid inokuliatcii ta udobrennia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Yield and quality of soybean seeds depending on inoculation and fertilizing in the conditions of the right bank Forest Steppe]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 2(96). (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2022.02.004
7. Hertzler, S.R., Lieblein-Boff, J.C., Weiler, M. & Allgeier, C. (2020). Plant proteins: assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*, 12(12), 3704. doi: 10.3390/nu12123704.
8. Hou, Y., Yin, Y. & Wu, G. (2015). Dietary essentiality of “nutritionally non-essential amino acids” for animals and humans. *Exp Biol Med (Maywood)*, 240(8), 997–1007. doi: 10.1177/1535370215587913.
9. Hughes, G. J., Ryan, D. J., Mukherjee, R. & Schasteen, C. S. (2011). Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation. *J Agric Food Chemistry*, 59, 1270, 7–12. doi: 10.1021/jf203220v.
10. Jarecki, W. & Bobrecka-Jamro, D. (2015). Effect of fertilization with nitrogen and seed inoculation with nitragina on seed quality of soya bean (*Glycine max* (L) Merrill). *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 14(3), 51–59.
11. Kaur, G., Serson, W., Orłowski, J., McCoy, J., Golden, B. & Bellaloui, N. (2017). Nitrogen sources and rates affect soybean seed composition in Mississippi. *Agronomy*, 7(4), 77.
12. Kalenska, S., Novytska, N., Kalenskyi, V., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Doktor, N., Kormosh, S. & Martunov, A. (2022). The efficiency of combined application of mineral fertilizers, inoculants in soybean growing technology, and functioning of nitrogen-fixing symbiosis under increasing nitrogen rates. *Agronomy Research*, 20(4), 730–750, doi: 10.15159/AR.22.075.
13. Kudelka, W., Kowalska, M & Popis, M. (2021) Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition. *Molecules*, 26(16), 5071. doi: 10.3390/molecules26165071.
14. Maestri, D. M., Labuckas, D. O., Meriles, J. M., Lamarque, A. L., Zygadlo, J. A. & Guzmán, C. A. (1998). Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *J. Sci. Food Agric.*, 77, 494–498.
15. Marowka, M., Peters, G. W., Kantas, N., & Bagnarosa, G. (2020). Factor-augmented Bayesian cointegration models: A case-study on the soybean crush spread. *Journal of the Royal Statistical Society, Applied Statistics, Series C*, 69(2), 483–500. doi: 10.1111/rssc.12395.
16. Medic, J., Atkinson, C. & Hurlburgh, C. R. (2014). Current knowledge in soybean composition. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91, 363–384 doi: 10.1007/s11746-013-2407-9.
17. Melnyk, A. V. & Romanko, Yu. O. (2016) Urozhainist nasinnia soi zalezno vid tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Soybean seeds yield capacity depending on the cultivation technology under the conditions of Left-bank Forest-steppe Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu : naukovi zhurnal. - Ser. «Ahronomiia i biolohiia»*, 2(31), 133–137 (in Ukrainian).
18. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., Romanko, A. Yu. & Dudka, A. A. (2019) Vplyv pohodno-klimatychnykh parametriv na vrozhaunist zerna suchasnykh sortiv soi v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Effect of weather and climate parameters on the crop productivity of modern soybean varieties in the north-eastern Forest steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 109(1), 76–83. doi: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.12 (in Ukraine).
19. Melnyk, A., Romanko, Y., Dudka, A., Chervona, V., Brunyov, M. & Sorokolit, E. (2022) Ecological elasticity of soy varieties' performance according to climatic factors in Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 11(2), 91–99. doi: 10.17930/AGL2022212.
20. Modgil, R. & Kumar, V. (2021). Soybean (*Glycine max*) In: Tanwar A., Goyal A., editors. *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. Springer; Singapore.
21. Monte Singer, W., Zhang, B., Rouf Mian, M. A. & Huang, H. (2020) Soybean Amino Acids in Health, Genetics, and Evaluation. *Soybean for Human Consumption and Animal Feed*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.89497
22. Novytska, N., Gadzvsokiy, G., Mazurenko, B., Kalenska, S., Svystunova, I. & Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine *Agronomy Research*, 18(4). doi: 10.15159/ar.20.203
23. Pfarr, M. D, Kazula, M. J, Miller-Garvin, J. E. & Naeve, S. L. (2018) Amino acid balance is affected by protein concentration in soybean. *Crop Science*. 58(5), 2050–2062. doi: 10.2135/cropsci2017.11.0703.
24. Philis, G., Gracey, E. O., Gansel, L. C., Fet, A. M. & Rebours, C. (2018). Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis. *J. Clean. Prod.*, 200, 1142–1153. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247.
25. Posylaieva, O. O., Kyrychenko, V. V., & Sheliakina, T. A. (2014). Vplyv defitsytu volohy i pidvyshchennykh temperatur na nakopychennia bilku v nasinni su-chasnykh sortiv soi [Influence of moisture deficiency and high temperature on protein accumulation in seeds of modern soybean varieties]. *Seleksiia i nasinnystvo*, 105, 149–156 (in Ukrainian).

26. Sá, A., Moreno, Y. & Carciofi, B. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 60 (20), 3367–3386. doi: 10.1080/10408398.2019.1688249.
27. Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A. & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. *Field Crops Research*, 108, 1, 1–13.
28. Schapire, A. L., Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2009). Plasma membrane repair in plants. *Trends in Plant Sciences*, 14(12), 645–652. doi: 10.1016/j.tplants.2009.09.004.
29. Singh, N., & Nisha, K. (2012). Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. *Journal of Agricultural Technology*, 8(1), 377–392.
30. Sudaric, A.; Simic, D. & Vratarić, M. (2006). Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. *Plant Breed*, 125, 191–194.
31. Szostak, B., Głowacka, A., Kasiczak, A., Kiełtyka-Dadasiewicz, A. & Bąkowski, M. (2020). Nutritional value of soybeans and the yield of protein and fat depending on a cultivar and the level of nitrogen application. *J. Elem.*, 25(1), 45–57. doi: 10.5601/jelem.2019.24.2.1769.
32. Tairo, E. V., & Ndakidemi, P. A. (2014). Micronutrients uptake in soybean (*Glycine max* L.) as affected by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus (p) supplements. *World Journal of Soil and Crop Science s Research*, 1(1), 1–9. doi:10.4236/ajps.2014.54063.
33. Tessari, P., Lante, A. & Mosca, G. (2016). Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? *Sci. Rep.*, 6, 26074.
34. Tsekhmeystruk, M. G., Sheliakin, V. O., Glubokyy, O. M. & Sheliakina, T. A. (2020). Vplyv foniv mineralnogo zhyvlennia na urozhainist ta yakist sortiv soi. Seleksiia i nasinnytstvo. [Influence of mineral nutrition on yields and quality of soybean varieties]. *Seleksiia i nasinnytstvo*, 117, 206–214. (in Ukrainian). doi: 10.30835/2413-7510.2020.207183
35. Trotsenko, V., Kabanets, V., Yatsenko, V. & Kolosok, I. (2020). Modeli formuvannia produktyvnosti soniashnyku ta yikh efektyvnosti v umovakh pivnichno-skhidnogo Lisostepu Ukrainy. [Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnogo aharnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia ta biolohiia*, 40 (2), 72–78 (in Ukrainian). doi: 10.32782/agrobio.2020.2.9
36. Vollmann, J., Fritz, C.N., Wagentristl, H. & Ruckenbauer, P. (2000). Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 1300–1306.
37. Wang, Y. & Frei, M. (2011). Stressed Food – The Impact of Abiotic Environmental Stresses on Crop Quality. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 141, 271–286. doi: 10.1016/j.agee.2011.03.017.
38. Zambiazzi, E. V., Bruzi, A. T., Carvalho, M. L. M., Soares, I. O., Zuffo, A. M., Rezende, P. M., & Miranda, D. H. (2014). Potassium fertilization and physiological soybean seed quality. *Agricultural Sciences*, 5(11), 984–991. doi: 10.4236/as.2014.511106.

**Bruniov M. I.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Dudka A. A.**, Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Effect of fertilizer on protein content and its amino acid composition in soy seeds of different maturity groups under the conditions of the Left bank Forest-Steppe of Ukraine**

A significant advantage of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) over other crops is its high protein content and balanced amino acid composition. In this regard, the issue of using soybean varieties, whose cultivation could meet the needs of the food industry, as well as the development of an optimal fertilization system to allow revealing the genotypic potential of qualitative indicators of soybean grain, becomes relevant. Despite the balanced natural chemical composition of soybeans, the application of mineral fertilizers can increase its quality indicators. Currently, in Ukraine, the issue of the effect of varietal characteristics and different rates of mineral fertilizers on the amino acid composition of soybeans is not sufficiently studied.

The research was aimed at studying the features of the formation of the content of protein and amino acids in soybeans depending on weather conditions, varietal characteristics, and fertilization in the Left Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. The study of the effect of calculated (N45P65K85) and recommended (N60P60K60) fertilizer rates on the formation of the quality of soybeans of different maturity groups (Komandor, Triada, and Tenor) was carried out in terms of the educational-scientific-production complex (ESPC) of the Sumy National Agrarian University during 2020–2022.

As the results of research, the influence of weather conditions on the protein content of soybeans has been established, where the distribution of temperature and precipitation in 2020 was the most favorable for the formation of the maximum protein content (41.3%) in soybeans for the years under study. The influence of varietal characteristics on this indicator has also been revealed. The most protein-containing among the varieties was the Tenor variety (42.1%). The early ripening Komandor variety had a slightly lower protein content – 41.9%. The lowest protein content characteristic for the early ripening variety Triada – 40.0%. Among the studied rates of mineral fertilizers, the highest protein content was obtained when applying the estimated and recommended rates of fertilizers – 41.7–41.8%, respectively. During the research, a tendency to increase the content of most amino acids in the middle-early variety Tenor was observed. An increase in the content of amino acids both replaceable and non-replaceable in soybeans due to the application of mineral fertilizers has been recorded. The only exception was indispensable methionine, whose content decreased by 0.04–0.09 g/100 g when mineral fertilizers were applied compared to the control.

**Key words:** soybean, variety, weather conditions, seed quality, protein content, amino acid composition.