

АГРОНОМІЯ

УДК 633.34; 632.954; 631.92

Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від гідротермічних умов та застосування ґрунтових і післясходових гербіцидівГрабовський М.Б. , Мостипан О.В. , Панченко Т.В. ,Лозінський М.В. , Павліченко К.В. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Грабовський М.Б., Мостипан О.В., Панченко Т.В., Лозінський М.В., Павліченко К.В. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від гідротермічних умов та застосування ґрунтових і післясходових гербіцидів. «Агробіологія», 2024. № 1. С. 109–119.

Grabovskyi M., Mostypan O., Panchenko T., Lozinskyi M., Pavlichenko K. Duration of interphase and growing periods of soybean varieties depending on hydrothermal conditions and application of soil and post-emergence herbicides. «Agrobiology», 2024. no. 1, pp. 109–119.

Рукопис отримано: 03.04.2024 р.

Прийнято: 18.04.2024 р.

Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-109-119

Метою досліджень було встановлення тривалості міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від використання ґрунтових і післясходових гербіцидів. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду: Фактор А. Сорти сої. 1. Ауреліна; 2. ЕС Командор; 3. ЕС Навігатор. Фактор В. Гербіциди. 1. Контроль (обробка водою); 2. Примекстра TZ Голд 500 sc, к. с. (4,5 л/га), до появи сходів культури; 3. Фронт'єр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га), до появи сходів культури; 4. Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте 150 ЕС, к. е. (1 л/га) у фазу 4–5 листків культури; 5. Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га), у фазу 2–4 листки культури. Загальна площа елементарної ділянки – 144 м², облікової – 120 м². Повторність досліду – триразова.

За даними спостережень виявлено, що у 2021 р. погодні умови були сприятливі для росту, розвитку та формування продуктивності сої. Сума опадів за вегетаційний період становила 324,1 мм, а середня температура повітря – 17,8 °С. У 2023 р. ці показники становили 275,9 мм і 18,0 °С. У 2022 р. внаслідок посушливих умов сума опадів не перевищувала 240,2 мм, а середня температура повітря – 17,2 °С. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у травні 2021 р. становив 2,7, у 2022 і 2023 рр. – 0,5. Високі температури та зниження кількості опадів у червні 2022 р. призвели до зменшення гідротермічного коефіцієнта до 0,4. Погодні умови червня 2021 і 2023 рр. дозволили отримати показник ГТК на рівні 0,7 і 0,8. Липень 2021 та 2023 рр. за показником ГТК був надмірно вологим, а у 2022 році спостерігалася слабка посуха. Вересень 2021 р. був досить посушливим (0,4), а у 2022 р. навпаки – занадто зволожений (2,8).

Найбільша тривалість вегетації була у ранньостиглого сорту сої Ауреліна – 106–109 діб, а у скоростиглих сортів ЕС Командор і ЕС Навігатор вона становила 97–99 і 99–101 добу. На варіантах із використанням гербіцидів тривалість вегетаційного періоду була на 2–3 доби коротшою, порівняно з контрольними ділянками. Не виявлено різниці у тривалості міжфазних чи вегетаційного періодів між варіантами із застосуванням ґрунтових або післясходових гербіцидів. Вплив гербіцидів був найбільшим на зміну тривалості міжфазного періоду цвітіння–повна стиглість зерна (ВВСН 66–87). Тривалість вегетації сої має середній зв'язок з кількістю опадів ($r = 0,73$), температурою повітря ($r = 0,62$) та сильний зворотний зв'язок з гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = -0,90$).

Ключові слова: соя, сорти, гербіциди, тривалість вегетації, міжфазні періоди, температура повітря, сума опадів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя (*Glycine max (L.) Merrill*) є однією з найважливіших культур у світі. Її вирощують приблизно на 6 % світових орних земель, з 1970-х років площі посівів сої зросли на 70 %, а у Європейському Союзі за останні десять років – вдвічі [1]. Це збільшення виробництва збігається зі зростанням попиту на соєвий шрот і олію. Виробництво сої становило 17 мільйонів метричних тонн у 1960 р. та зросло до 365,9 млн тонн у 2023 р., а у 2024 р. прогнозується рекордний збір – 397 млн тонн [2–3]. Очікується, що майбутнє виробництво сої зросте більше ніж інших сільськогосподарських культур завдяки розширенню виробничих площ і вищій врожайності.

Із застосуванням новітніх технологій ця культура має великий потенціал для покращення якості харчування людей у всьому світі, незалежно від того, використовують її як продовольчу культуру чи для переробки в різні харчові продукти. Однак є низка важливих абіотичних і біотичних чинників, які загрожують виробництву сої. Усі чинники навколишнього середовища, які потенційно впливають на ріст рослин можуть змінювати їх здатність використовувати екологічні ресурси. Абіотичні чинники включають екстремальні показники температури повітря і вологості ґрунту. Біотичні чинники, здебільшого, обмежені географічно та екологічно [4]. Серед біотичних чинників важливе значення має забур'яненість посівів сої. Залежно від щільності, видового розмаїття та тривалості конкурентних взаємовідносин рослин сої з бур'янами врожайність може знижуватись до 90 % [5].

Підраховано, що збитки, завдані бур'янами, значно перевищують сумарні втрати від негативного впливу шкідників та хвороб. Крім того, наявність бур'янів на полях значно збільшує агротехнічні витрати на вирощування сільськогосподарських культур. Наприклад, встановлено, що витрати на посів збільшуються до 50 %, а швидкість та ефективність роботи комбайнів на таких полях знижується на 40 % [6–7]. Отже, неконтрольована інвазія різних видів бур'янів погіршує фітосанітарний стан посівів, впливає на параметри родючості ґрунту та фізіологічний стан культурних рослин сої [8–10].

Хімічні методи захисту від бур'янів є найбільш ефективними серед наявного арсеналу заходів. Це пов'язано з тим, що, враховуючи незадовільний фітосанітарний стан більшості орних земель в Україні, неможливо досягти

запланованої врожайності основних сільськогосподарських культур без використання високоєфективних гербіцидів у системах захисту рослин [11–12]. Водночас, триває дискусія щодо використання гербіцидів в майбутньому. Збільшення кількості стійких до гербіцидів бур'янів, зростання вартості гербіцидів та проблеми з навколишнім середовищем через потрапляння гербіцидів у поверхневі та ґрунтові води обумовлюють необхідність в обмеженні їх застосування [13–14].

Системи захисту посівів сої від бур'янів є важливим оптимізаційним завданням для створення ефективних технологій вирощування сої, які дають можливість максимізувати біологічний потенціал сої. Невиконання вимог щодо ефективного контролювання бур'янів ставить під сумнів ефективність усіх інших агротехнічних заходів та елементів технології вирощування сої [15].

Метеорологічні умови та агротехнічні заходи впливають не лише на загальну тривалість вегетаційного періоду, а також на окремі фази росту і розвитку в онтогенезі сої [16]. Вплив зміни клімату на дати цвітіння, тривалість вегетативного і репродуктивного періодів росту та вегетаційний період сої є більшим, ніж вплив елементів технології вирощування цієї культури. Середня температура повітря є домінуючим кліматичним чинником, що впливає на більшість фенологічних фаз сої [17].

Ефективним підходом до стабілізації врожайності сої є використання сортів із швидким фенологічним розвитком, або зміщення критичних фенологічних фаз розвитку цієї культури технологічними заходами [18–19]. Вирощування одного і того ж сорту за різних погодних умов зумовлює розбіжність у тривалості вегетаційного періоду [20].

Рекомендації щодо поширення певного сорту в різних зонах вирощування сої визначають здебільшого за тривалістю вегетаційного періоду. Багатьма дослідженнями з'ясовано, що тривалість вегетаційного періоду залежить не лише від біологічних особливостей сорту, а також від географічних зон та погодних умов років вирощування [21].

Стресові рівні чинників навколишнього середовища, такі як надлишок або нестача температури, світла, води та поживних речовин, безпосередньо впливають на взаємодію між бур'янами та культурними рослинами в агрофітоценозах, а також можуть вносити корективи у контроль сегетальної рослинності [22].

Метою досліджень було встановлення тривалості міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від використання ґрунтових і післясходових гербіцидів.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду: Фактор А. Сорти сої. 1. Ауреліна; 2. ЕС Командор; 3. ЕС Навігатор. Фактор В. Гербіциди. 1. Контроль (обробка водою); 2. Примекстра TZ Голд 500 sc, к. с. (4,5 л/га), до появи сходів культури; 3. Фронтър Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га), до появи сходів культури; 4. Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте 150 ЕС, к. е. (1 л/га) у фазу 4–5 листків культури; 5. Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га), у фазу 2–4 листки культури. Обробку посівів сої проводили до появи сходів культури та у період вегетації (2–5 листків), застосовуючи робочий розчин гербіцидів (250 л/га) на дослідних ділянках. На контрольних варіантах проводили обробку посівів водою з розрахунку 250 л/га у період внесення гербіцидів.

Загальна площа елементарної ділянки – 144 м², облікової – 120 м². Повторність досліду – триразова. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньосуглинковий. Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями [23]. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сої проводили в основні фази росту і розвитку культури згідно

з методичними рекомендаціями [24]. Відмічали основні фази росту і розвитку рослин та етапи органогенезу. Початок фази фіксували, коли вона наставала в 10 % рослин і повну – у 75 % рослин.

Температуру повітря та опади в роки проведення досліджень визначали за даними Богуславської експериментальної гідрометорологічної станції. Показник гідротермічного коефіцієнта (ГТК) розраховували через ділення кількості опадів (ΣR) у мм за період з температурами вище 10 °С на суму активних температур ($\Sigma t > 10$) за той же час [25–26].

Результати дослідження та обговорення. За даними спостережень виявлено, що у 2021 р. погодні умови були сприятливі для росту, розвитку та формування продуктивності сої. За сумою опадів травень був вологим – 101,3 мм, що більше на 50,1 мм за середньобаторічні дані (рис. 1).

За температурним режимом літо 2021 р. було жарким та посушливим, середньомісячна температура в червні становила 19,9 °С, у липні – 23,0 °С та у серпні – 19,7 °С (рис. 2).

Сума опадів літніх місяців становила 42,5; 108,3 і 48,9 мм. У липні їх випало більше на 68,4 % від норми, тимчасом у червні та серпні – на 42,7 і 10,5 мм менше за середньобаторічні дані. Сума опадів за вегетаційний період становила 324,1 мм, а середня температура повітря – 17,8 °С.

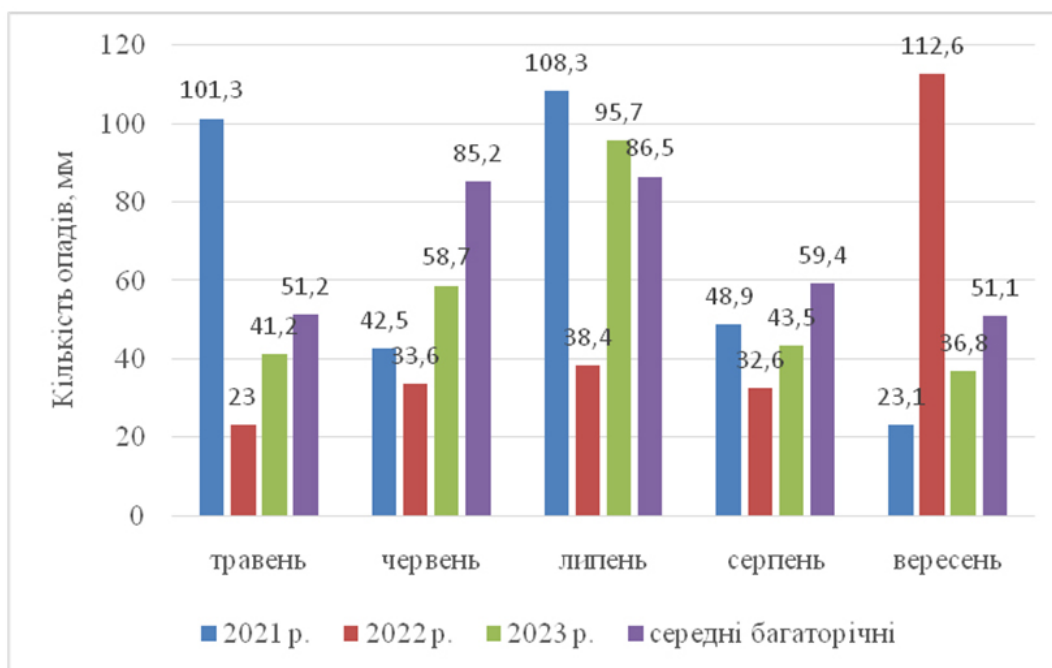


Рис. 1. Кількість опадів в роки проведення досліджень, мм.

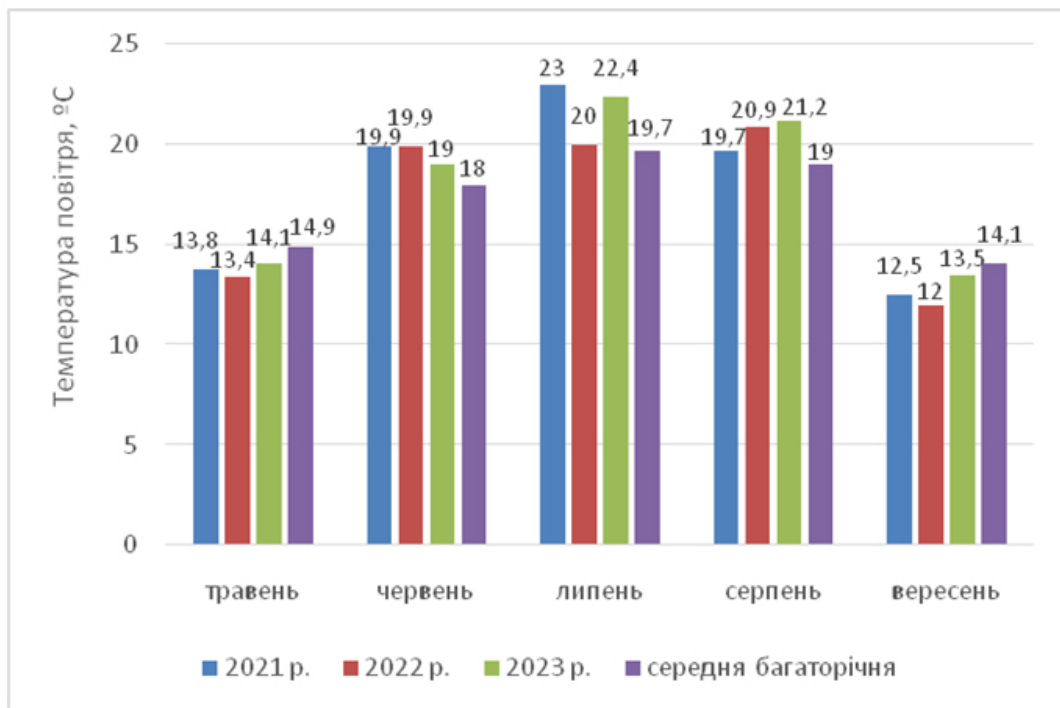


Рис. 2. Температура повітря в роки проведення досліджень, °С.

У 2022 р. в травні і червні спостерігалась повітряна і ґрунтова посуха, а надлишок опадів був лише у вересні (112,6 мм). Літо за гідротермічними показниками виявилось спекотним, з недостатньою кількістю опадів. Спостерігалися значні відхилення від середньобагаторічних даних за умовами вологозабезпеченості. У серпні відбулося підвищення температурного режиму повітря, середньодобова температура становила 20,9 °С, випало 32,6 мм опадів, що на 26,8 мм менше від середньобагаторічних даних. У 2022 р. внаслідок посушливих умов, сума опадів за вегетаційний період не перевищувала 240,2 мм, а середня температура повітря – 17,2 °С.

Кількість опадів за літній період 2023 р. становила 197,9 мм, основна частина яких припала на липень (95,7 мм). У 2023 р. сума опадів за вегетаційний період сої становила 275,9 мм, а середня температура повітря 18,0 °С.

Гідротермічний коефіцієнт у травні 2021 р. був наближений до типових для зони Лісостепу – 2,7, тимчасом у 2022 і 2023 рр. він становив 0,5, що визначає цей період як сильно посушливий (рис. 3).

Високі температури та зниження кількості опадів у червні 2022 р. призвели до зменшення гідротермічного коефіцієнта до 0,4. Погодні

умови червня 2021 і 2023 рр. дозволили отримати показник ГТК на рівні 0,7 і 0,8.

Липень 2021 та 2023 рр. за показником ГТК був надмірно вологим, а у 2022 р. спостерігалась слабка посуха. Вересень 2021 р. був досить посушливим (0,4), а у 2022 р. навпаки – занадто зволожений (2,8).

У середньому за три роки досліджень найшвидше (на 8-му добу) сходи сої були отримані в 2021 р. за достатньої кількості опадів і оптимального температурного режиму (табл. 1).

У 2023 р. та особливо в 2022 р. дефіцит опадів у травні, під час проростання насіння, призводив до збільшення періоду сівба–сходи до 9–11 діб (табл. 2 і 3).

Тривалість періоду перша пара справжніх листків–бутонізація (ВВСН 12–53) також залежала від погодних умов, та найтривалішою була у 2021 р. – 24–28 діб, найкоротшою у 2022 р. – 20–24 доби. Тривалість періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 54–65) була більш стабільною по роках і коливалася у досліджуваних сортів у межах 16–18 діб.

Тривалість періоду цвітіння–повна стиглість зерна (ВВСН 66–87) найдовшою була в 2021 р., а найкоротшою – в 2022 р. Різниця між тривалістю цього періоду між досліджуваними сортами становила 3–7 діб.

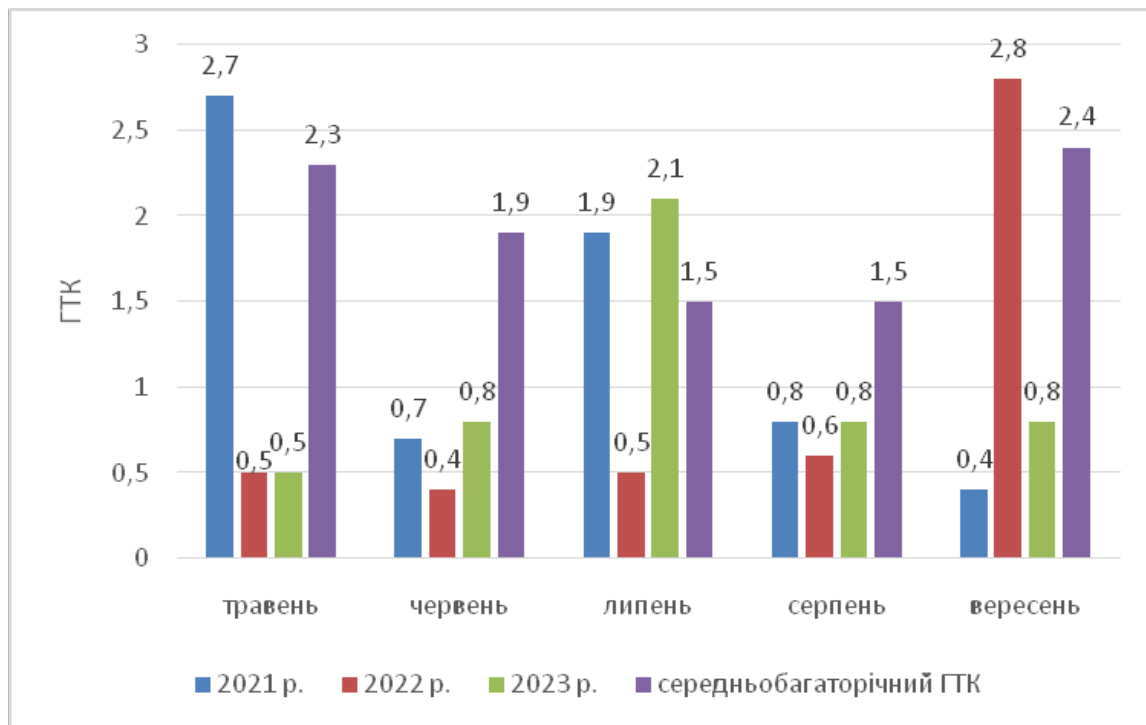


Рис. 3. Гідротермічний коефіцієнт в роки проведення досліджень.

Таблиця 1 – Тривалість міжфазних періодів сортів сої у 2021 р. залежно від застосування гербіцидів, діб

| Варіант досліджу | Сівба–сходи (ВВСН 00–09) | Перша пара справжніх листків–бутонізація (ВВСН 12–53) | Бутонізація–цвітіння (ВВСН 54–65) | Цвітіння–повна стиглість зерна (ВВСН 66–87) |
|-----------------------------|--------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Ауреліна | | | | |
| Контроль | 8 | 28 | 18 | 58 |
| Примекстра TZ Голд | 8 | 28 | 17 | 56 |
| Фронт'єр Оптіма + Стомп 330 | 8 | 28 | 17 | 56 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 8 | 28 | 17 | 56 |
| Корум + Ачіба | 8 | 28 | 17 | 56 |
| ЕС Командор | | | | |
| Контроль | 8 | 24 | 17 | 53 |
| Примекстра TZ Голд | 8 | 24 | 16 | 52 |
| Фронт'єр Оптіма + Стомп 330 | 8 | 24 | 16 | 52 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 8 | 24 | 16 | 52 |
| Корум + Ачіба | 8 | 24 | 16 | 52 |
| ЕС Навігатор | | | | |
| Контроль | 8 | 25 | 16 | 55 |
| Примекстра TZ Голд | 8 | 25 | 16 | 53 |
| Фронт'єр Оптіма + Стомп 330 | 8 | 25 | 16 | 53 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 8 | 25 | 16 | 53 |
| Корум + Ачіба | 8 | 25 | 16 | 53 |

Таблиця 2 – Тривалість міжфазних періодів сортів сої у 2022 р. залежно від застосування гербіцидів, діб

| Варіант досліджу | Сівба–сходи (ВВСН 00–09) | Перша пара справ- жніх листків–бутоні- зація (ВВСН 12–53) | Бутоніза- ція–цвітін- ня (ВВСН 54–65) | Цвітіння–пов- на стиглість зерна (ВВСН 66–87) |
|-----------------------------|--------------------------------|---|--|--|
| Ауреліна | | | | |
| Контроль | 11 | 24 | 18 | 52 |
| Примекстра TZ Голд | 11 | 24 | 18 | 49 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 11 | 24 | 18 | 49 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 11 | 24 | 18 | 49 |
| Корум + Ачіба | 11 | 24 | 18 | 49 |
| ЕС Командор | | | | |
| Контроль | 10 | 20 | 17 | 48 |
| Примекстра TZ Голд | 10 | 20 | 17 | 46 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 10 | 20 | 17 | 46 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 10 | 20 | 17 | 46 |
| Корум + Ачіба | 10 | 20 | 17 | 46 |
| ЕС Навігатор | | | | |
| Контроль | 10 | 21 | 18 | 47 |
| Примекстра TZ Голд | 10 | 21 | 17 | 45 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 10 | 21 | 17 | 45 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 10 | 21 | 17 | 45 |
| Корум + Ачіба | 10 | 21 | 17 | 45 |

Таблиця 3 – Тривалість міжфазних періодів сортів сої у 2023 р. залежно від застосування гербіцидів, діб

| Варіант досліджу | Сівба–сходи (ВВСН 00–09) | Перша пара справ- жніх листків–бутоні- зація (ВВСН 12–53) | Бутоніза- ція–цвітін- ня (ВВСН 54–65) | Цвітіння–пов- на стиглість зерна (ВВСН 66–87) |
|-----------------------------|--------------------------------|---|--|--|
| Ауреліна | | | | |
| Контроль | 10 | 26 | 19 | 55 |
| Примекстра TZ Голд | 10 | 26 | 18 | 53 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 10 | 26 | 18 | 53 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 10 | 26 | 18 | 53 |
| Корум + Ачіба | 10 | 26 | 18 | 53 |
| ЕС Командор | | | | |
| Контроль | 9 | 23 | 17 | 52 |
| Примекстра TZ Голд | 9 | 23 | 17 | 50 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 9 | 23 | 17 | 50 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 9 | 23 | 17 | 50 |
| Корум + Ачіба | 9 | 23 | 17 | 50 |
| ЕС Навігатор | | | | |
| Контроль | 9 | 24 | 18 | 52 |
| Примекстра TZ Голд | 9 | 24 | 17 | 51 |
| Фронтъер Оптіма + Стомп 330 | 9 | 24 | 17 | 51 |
| Базагран + Фюзілад Форте | 9 | 24 | 17 | 51 |
| Корум + Ачіба | 9 | 24 | 17 | 51 |

Застосування досходових та післясходових гербіцидів також впливало на тривалість вегетаційного періоду сортів сої. Зокрема, в середньому за три роки, тривалість вегетації на контрольних ділянках, без гербіцидного захисту, становила у сорту Ауреліна – 109 діб, сорту ЕС Командор – 99 діб, сорту ЕС Навігатор – 101 добу (рис. 4).

лого Ауреліна – 106–109 діб, а у скоростиглих ЕС Командор і ЕС Навігатор вона становила 97–99 і 99–101 добу.

Результати наших досліджень співпадають з даними отриманими О. Г. Міленко [27] в Лівобережному Лісостепу України, згідно з якими встановлено, що посушливі погодні умови 2008 р. впливали на скорочення веге-

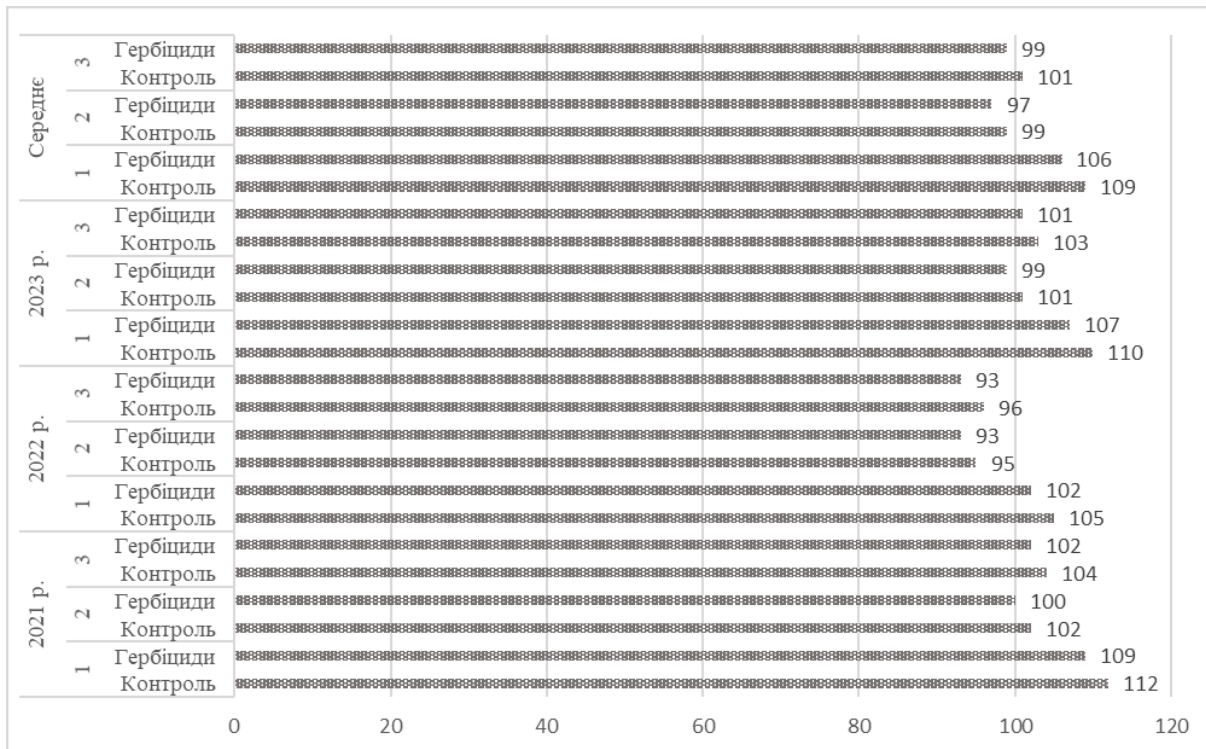


Рис. 4. Тривалість вегетаційного періоду сортів сої залежно від застосування гербіцидів, діб (1 – Ауреліна, 2 – ЕС Командор, 3 – ЕС Навігатор).

На варіантах із використанням гербіцидів тривалість вегетаційного періоду була меншою на 2–3 доби, незалежно від способу їх застосування, порівняно з контрольними ділянками. Слід зазначити, що найбільше гербіциди впливали на зміну тривалості міжфазного періоду цвітіння–повна стиглість зерна (ВВСН 66–87). В інші періоди обліків їх вплив був несуттєвим.

За різних погодних умов максимальна різниця між тривалістю вегетації сої сорту Ауреліна становила 8 діб, сорту ЕС Командор – 7 діб, сорту ЕС Навігатор – 9 діб. Найбільш тривалою вегетація у сортів сої Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор була у 2021 р. – 109–112, 100–102 і 102–104 доби.

Серед досліджуваних сортів найбільша тривалість вегетації отримана у ранньостиг-

таційного періоду сої по всіх варіантах дослідження, а у більш зволожені 2007 та 2009 рр. було зафіксовано подовження вегетаційного періоду сої.

За даними кореляційного аналізу виявлено, що тривалість вегетації досліджуваних сортів сої має середній зв'язок з кількістю опадів ($r = 0,73$) (рис. 5).

Середньої сили зв'язок спостерігався між тривалістю вегетаційного періоду сої та середньою температурою повітря ($r = 0,62$) (рис. 6).

Сильний зворотний зв'язок отримано між тривалістю вегетаційного періоду сортів сої і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = -0,90$), за коефіцієнта детермінації ($R^2 = 0,81$) (рис. 7).

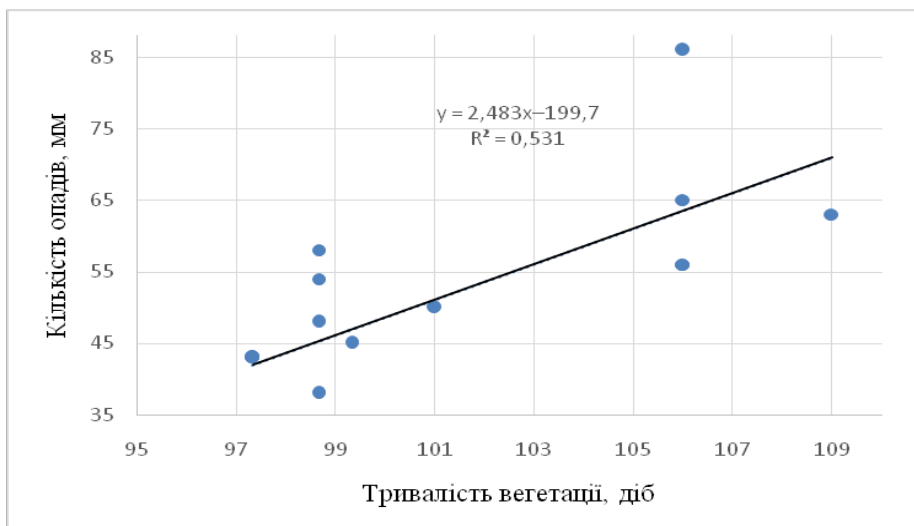


Рис. 5. Кореляційна залежність тривалості вегетаційного періоду сортів сої від кількості опадів (середнє за 2021–2023 рр.).

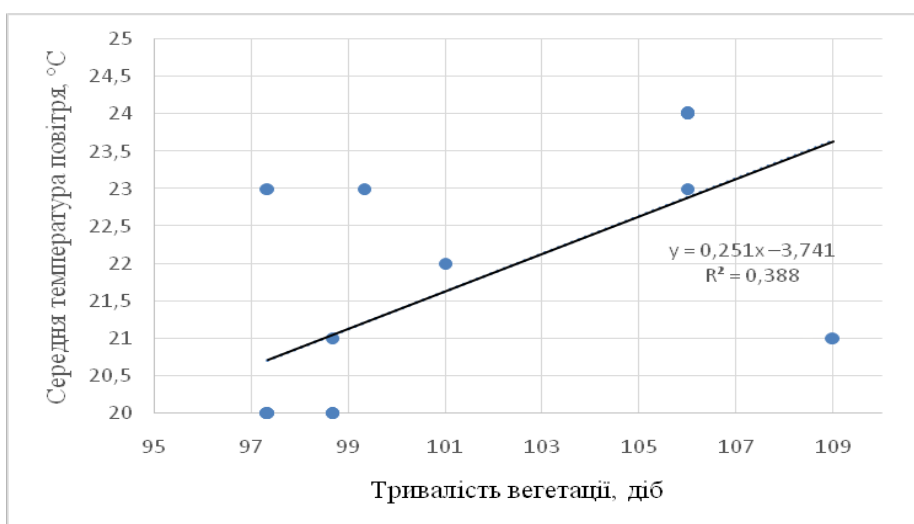


Рис. 6. Кореляційна залежність тривалості вегетаційного періоду сортів сої від середньої температури повітря (середнє за 2021–2023 рр.).

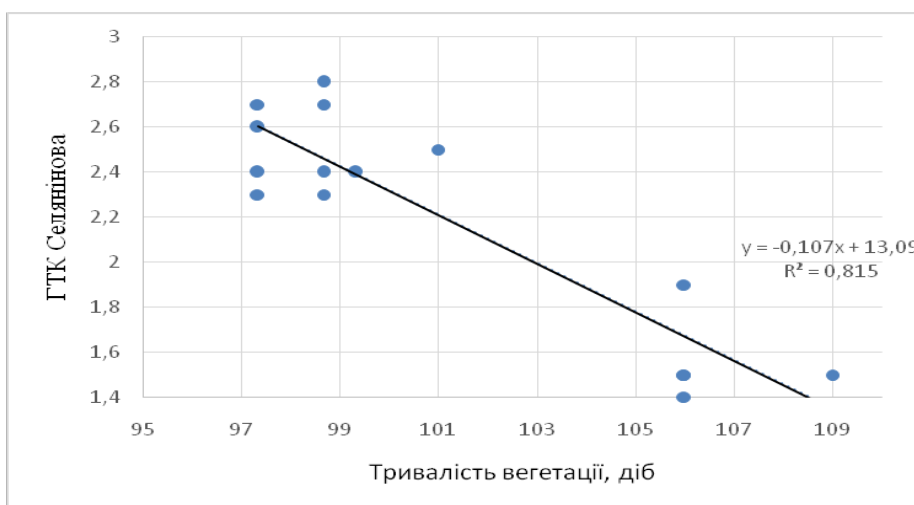


Рис. 7. Кореляційна залежність тривалості вегетаційного періоду сортів сої від гідротермічного коефіцієнта (ГТК) (середнє за 2021–2023 рр.).

Висновки. За даними спостережень виявлено, що у 2021 р. погодні умови були сприятливі для росту, розвитку та формування продуктивності сої. Сума опадів за вегетаційний період становила 324,1 мм, а середня температура повітря – 17,8 °С. У 2023 р. ці показники становили 275,9 мм і 18,0 °С. У 2022 р. внаслідок посушливих умов сума опадів не перевищувала 240,2 мм, а середня температура повітря – 17,2 °С. Гідротермічний коефіцієнт варіював у роки досліджень в широких межах, від 0,4 у червні 2022 р. до 2,8 у вересні 2022 р.

Найбільша тривалість вегетації була у ранньостиглого сорту сої Ауреліна – 106–109 діб, а у скоростиглих сортів ЕС Командор і ЕС Навігатор вона становила 97–99 і 99–101 добу. На варіантах із використанням гербіцидів тривалість вегетаційного періоду була на 2–3 доби коротшою, порівняно з контрольними ділянками. Не виявлено різниці у тривалості міжфазних чи вегетаційного періодів між варіантами із застосуванням ґрунтових або післясходових гербіцидів. Вплив гербіцидів був найбільшим на зміну тривалості міжфазного періоду цвітіння–повна стиглість зерна (ВВСН 66–87). Тривалість вегетації сої має середній зв'язок з кількістю опадів ($r = 0,73$), температурою повітря ($r = 0,62$) та сильний зворотний зв'язок із гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = -0,90$).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рибальченко А.М., Сердюк А.Е. Вплив сортових властивостей на формування елементів продуктивності та урожайності сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Аграрні інновації. 2023. № 21. С. 88–92.
2. Masuda T., Goldsmith P.D. World soybean production: area harvested, yield, and long-term projections. International food and agribusiness management review. 2009. Vol. 12. No 4. P. 1–20.
3. Global Impact of Soybean Production: A Review / M. Hamza et al. Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology. 2024. No 16(2). P. 12–20.
4. Pagano M.C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. Abiotic and biotic stresses in soybean production. Academic Press, 2016. P. 1–26.
5. Confirmation and control of HPPD-inhibiting herbicide-resistant waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) in Nebraska / M.C. Oliveira et al. Weed Technol. 2017. No 31. P. 67–79. DOI: 10.1017/wet.2016.4.
6. Change of weediness in a five-field crop rotation by minimizing the main tillage of the soil and different levels of fertilizer and its impact on crop productivity / I. Prymak et al. Scientific Papers. Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development. 2023. Vol. 23. Issue 4. P. 725–736.
7. Циков В.С., Ткаліч Ю.І. Шкодочинність сегетально-рудеральних бур'янів. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2014. № 6. С. 38–41.
8. Taylor-Lovell S., Wax L.M., Nelson R. Phytotoxic response and yield of Soybean (*Glycine max*) varieties treated with sulfentrazone and flumioxazin. Weed Technol. 2001. 15. P. 95–102. DOI: 10.1614/0890-037X(2001)015[0095:PRAYOS]2.0.CO;2
9. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на фітосанітарний стан посівів сої за органічного вирощування. Зрошуване землеробство. 2022. Вип. 78. С. 69–74.
10. Правдива Л.А., Грабовський М.Б., Лозинський М.В., Качан Л.М. Контролювання забур'яненості посівів сої агротехнічними заходами в умовах Правобережного Лісостепу України. Аграрні інновації. 2023. № 20. С. 62–68.
11. Задорожний В.С. Бур'яни в агроценозах сої та методи боротьби з ними. Корми і кормовиробництво. 2012. № 71. С. 49–54.
12. Gaikwad R.P., Pawar V.S. Effect of herbicides on soybean crop and weeds. Indian Journal of Weed Science. 2003. Vol. 35. No 1–2. P. 145–147.
13. Soybean development and yield as affected by three postemergence herbicides / B.G. Young et al. Agronomy Journal. 2003. No 95 (5). P. 1152–1156.
14. Managing weeds using crop competition in soybean *Glycine max* (L.) Merr. / A. Datta et al. Crop protection. 2017. No 95. P. 60–68.
15. Shcatula Y. Chemical protection of soybean crops against weeds. Sciences of Europe. 2021. No 67–2. P. 27–35.
16. Шевніков М.Я. Наукові основи вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України: монографія. Полтава, 2007. 208 с.
17. He L., Jin N., Yu Q. Impacts of climate change and crop management practices on soybean phenology changes in China. Science of the Total Environment. 2020. Vol. 707. 135638.
18. Fatichin Zheng S.H., Arima S. Varietal difference in early vegetative growth during seedling stage in soybean. Plant Production Science. 2013. Vol. 16. No 1. P. 77–83.
19. Begum N., Wang L., Zhao T. Effects of temperature regimes on seed germination and early growth of different soybean cultivars. International Journal of Applied and Experimental Biology. 2022. Vol. 1. No 2. P. 75–85.
20. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Шаповал О.С., Панченко С.С. Сучасний стан та перспективи насінництва сої в Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 4. С. 45–52.
21. Мазур О.В. Вивчення зв'язку тривалості вегетаційного періоду з урожайністю сортів рослин сої. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки. 2012. Вип. 10 (50). С. 100–105.
22. Patterson D.T. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. Weed science. 1995. Vol. 43. No 3. P. 483–490.

23. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенко. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

24. Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск третій. Київ: Алефа, 2001. 76 с.

25. Камінський В. Агротеморологічні основи виробництва зернобобових культур в Україні. Вісник аграрної науки. 2006. № 7. С. 20–25.

26. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Ображій С.В. Вплив гідротермічних умов вегетації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Центрального Лісостепу України. Агробіологія. 2014. № 1. С. 57–62.

27. Міленко О.Г. Зміна тривалості періоду вегетації та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від умов вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2015. № 1–2. С. 165–171.

REFERENCES

1. Rybalchenko, A.M., Serdyuk, A.E. (2023). Vplyv sortovih vlastivostej na formuvannya elementiv produktivnosti ta urozhajnist' soi' v umovah Livoberezhnogo Lisostepu Ukraini [Influence of varietal properties on the formation of elements of productivity and productivity of soybeans in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Agrarni innovacii* [Agrarian innovations]. Vol. 21, pp. 88–92.

2. Masuda, T., Goldsmith, P.D. (2009). World soybean production: area harvested, yield, and long-term projections. *International food and agribusiness management review*. Vol. 12, no. 4, pp. 1–20.

3. Hamza, M., Basit, A.W., Shehzadi, I., Tufail, U., Hassan, A., Hussain, T., Hayat, H.M. (2024). Global Impact of Soybean Production: A Review. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*. no. 16(2), pp. 12–20.

4. Pagano, M.C., Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. Abiotic and biotic stresses in soybean production. *Academic Press*. pp. 1–26.

5. Oliveira, M.C., Jhala, A.J., Gaines, T., Irmak, S., Amundsen, K., Scott, J.E., Knezevic, S.Z. (2017). Confirmation and control of HPPD-inhibiting herbicide resistant waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) in Nebraska. *Weed Technol.* no. 31, pp. 67–79. DOI: 10.1017/wet.2016.4.

6. Prymak, I., Grabovskyi, M., Fedoruk, Y., Pokotylo, I., Lozinskyi, M., Panchenko, T., Yezerkovska, L., Karaulna, V., Kozak, L., Obrazhyi, S., Prysiazniuk, N., Fedoruk, N. (2023). Change of weediness in a five-field crop rotation by minimizing the main tillage of the soil and different levels of fertilizer and its impact on crop productivity. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. Vol. 23, Issue 4, pp. 725–736.

7. Tsykov, V.S., Tkalič, Yu.I. (2014). Shkodochinist' segetal'no-ruderal'nih bur'janiv [Harmfulness of segetal-ruderal weeds]. *Bjuleten' Institutu sil'skogo gospodarstva stepovoi' zoni NAAN Ukraini* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine]. no. 6, pp. 38–41.

8. Taylor-Lovell, S., Wax, L.M., Nelson, R. (2001). Phytotoxic response and yield of Soybean (*Glycine max*) varieties treated with sulfentrazone and flumiox-azin. *Weed Technol.* no. 15, pp. 95–102. DOI: 10.1614/0890-037X(2001)015[0095:PRAYOS]2.0.CO;2

9. Nimenko, S.S., Grabovskyi, M.B. (2022). Vplyv zahodiv kontroljuvannja chisel'nosti bur'janiv na fitosanitarnij stan posiviv soi' za organichnogo viroshhuvannja [The influence of weed control measures on the phytosanitary status of soybean crops under organic cultivation]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated agriculture]. Issue 78, pp. 69–74.

10. Pravdyva, L.A., Grabovskyi, M.B., Lozinskyi, M.V., Kachan, L.M. (2023). Kontroljuvannja zabur'janenosti posiviv soi' agrotehničnimi zahodami v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraini [Control of weediness of soybean crops by agrotechnical measures in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Agrarni innovacii* [Agrarian innovations]. no. 20, pp. 62–68.

11. Zadorozhnyi, V.S. (2012). Bur'jani v agrocenozah soi' ta metodi borot'bi z nimi [Weeds in soybean agrocenoses and methods of their control]. *Kormi i kormovirobnictvo* [Fodder and fodder production]. no. 71, pp. 49–54.

12. Gaikwad, R.P., Pawar, V.S. (2003). Effect of herbicides on soybean crop and weeds. *Indian Journal of Weed Science*. Vol. 35, no. 1–2, pp. 145–147.

13. Young, B.G., Young, J.M., Matthews, J.L., Owen, M.D., Zelaya, I.A., Hartzler, R.G., Bollero, G.A. (2003). Soybean development and yield as affected by three postemergence herbicides. *Agronomy Journal*. no. 95 (5), pp. 1152–1156.

14. Datta, A., Ullah, H., Tursun, N., Pornprom, T., Knezevic, S.Z., Chauhan, B.S. (2017). Managing weeds using crop competition in soybean *Glycine max* (L.) Merr. *Crop protection*. no. 95, pp. 60–68.

15. Shcatula, Y. (2021). Chemical protection of soybean crops against weeds. *Sciences of Europe*. no. 67–2, pp. 27–35.

16. Shevnikov, M.Ya. (2007). Scientific basis of soybean cultivation in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine: monograph. *Poltava*, 208 p.

17. He, L., Jin, N., Yu, Q. (2020). Impacts of climate change and crop management practices on soybean phenology changes in China. *Science of the Total Environment*. Vol. 707, 135638.

18. Fatichin Zheng, S.H., Arima, S. (2013). Varietal difference in early vegetative growth during seedling stage in soybean. *Plant Production Science*. Vol. 16. (1), pp. 77–83.

19. Begum, N., Wang, L., Zhao, T. (2022). Effects of temperature regimes on seed germination and early growth of different soybean cultivars. *International Journal of Applied and Experimental Biology*. Vol. 1 (2), pp. 75–85.

20. Bilyavska, L.G., Bilyavskyi, Yu.V., Shapoval, O.S., Panchenko, S.S. (2020). Suchasnij stan ta perspektivi nasinnictva soi' v Lisostepu Ukraini [Current state and prospects of soybean seed production in the Forest Steppe of Ukraine]. *Visnik Poltav'skoi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 45–52.

21. Mazur, O.V. (2012). Vivchennja zv'jazku trivalosti vegetacijnogo periodu z urozhajnistju sortiv ro-

slin soi' [Study of the relationship between the duration of the growing season and the productivity of soybean plant varieties]. Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Sil's'kogospodars'ki nauki [Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. Agricultural sciences]. Issue 10 (50), pp. 100–105.

22. Patterson, D.T. (1995). Effects of environmental stress on weed/crop interactions. *Weed science*. Vol. 43, no. 3, pp. 483–490.

23. Yeshchenko, V.A. (2014). *Osnovi naukovih doslidzhen' v agronomii'* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnitsa, PE "TD" Edelweiss and K", 332 p.

24. Volkodav, V.V. (2001). *Metodika derzhavnogo sortoviprobuvannja sil's'kogospodars'kih kul'tur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Kyiv, ALEFA, 76 p.

25. Kaminsky, V. (2006). *Agrometeorologichni osnovi virobnictva zernobobovih kul'tur v Ukraïni* [Agrometeorological basis of production of leguminous crops in Ukraine]. *Visnik agrarnoi' nauki* [Herald of Agrarian Science]. no. 7, pp. 20–25.

26. Grabovskiy, M.B., Grabovska, T.O.O., Obrazhnyy, S.V. (2014). *Vpliv gidrotermichnih umov vegetacii' na urozhajnist' gibridiv kukurudzi riznih grup stiglosti v umovah Central'nogo Lisostepu Ukraïni* [The influence of hydrothermal conditions of vegetation on the yield of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Agrobiologija* [Agrobiology]. no. 1, pp. 57–62.

27. Milenko, O.G. (2015). *Zmina tryvalosti periodu vegetacii' ta faz rostu i rozvytku roslyn soi' zalezno vid umov vyroshhuvannja* [Changes in the duration of the vegetation period and phases of growth and development of soybean plants depending on growing conditions]. *Visnik Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 1–2, pp. 165–171.

Duration of interphase and growing periods of soybean varieties depending on hydrothermal conditions and application of soil and post-emergence herbicides

Grabovskiy M., Mostypan O., Panchenko T., Lozinskyi M., Pavlichenko K.

The purpose of the research was to determine the duration of the interphase and growing periods of soybean varieties depending on the use of soil and post-emergence herbicides. The research was conducted in 2021-

2023 in the conditions of LLC «Savarske» Obukhiv district, Kyiv region. Experiment scheme: Factor A. Varieties of soybeans. 1. «Aurelina»; 2. ES «Commandor»; 3. ES «Navigator». Factor B. Herbicides. 1. Control (water treatment); 2. «Primekstra TZ Gold» 500 k. s. (4.5 l/ha), before crop seedlings emergence; 3. «Frontier Optima» (1.2 l/ha) + «Stomp» 330 (5 l/ha), before crop seedlings emergence; 4. «Bazagran» (3 l/ha) + «Fusilade Forte 150 ES» (1 l/ha) in the phase of 4-5 leaves of the crop; 5. «Korum» (2 l/ha) + «Achiba» (2 l/ha), in the phase of 2-4 leaves of the crop. The total area of the elementary plot is 144 m²; the registration plot is 120 m². The experiment was repeated three times.

According to the observations, it was found that in 2021 the weather conditions were favorable for the growth, development and formation of soybean productivity. Precipitation amount during the growing season was 324.1 mm; the average air temperature was 17.8°C. In 2023 these figures were 275.9 mm and 18.0°C. In 2022, due to dry conditions, precipitation amount did not exceed 240.2 mm and the average air temperature was 17.2°C. The hydrothermal coefficient (HTC) in May 2021 was 2.7, and in 2022 and 2023 it was 0.5. High temperatures and decreased precipitation in June 2022 led to a decrease of the hydrothermal coefficient to 0.4. The weather conditions in June 2021 and 2023 resulted in a HEC of 0.7 and 0.8. July 2021 and 2023 were excessively wet in terms of the HCC, and in 2022 there was a slight drought. September 2021 was quite dry (0.4) and in 2022, on the contrary, it was too wet (2.8).

The biggest growing season length was for the early maturing soybean variety «Aurelina» (106-109 days) and 97-99 and 99-101 days for the very early maturing varieties «ES Commander» and «ES Navigator». In the variants of herbicide application the duration of the growing season was 2-3 days shorter compared to the control plots. There were no differences in the duration of interphase or growing season between the varieties using soil or post-emergence herbicides. The herbicides effect was the greatest on the change in the duration of the «interphase flowering period to full grain maturity» (BBCH 66-87). Soybean vegetation duration has an average connection with precipitation ($r = 0.73$), air temperature ($r = 0.62$) and strong feedback with the hydrothermal coefficient (HTC) ($r = -0.90$).

Key words: soybeans, varieties, herbicides, vegetation length, interphase periods, air temperature, precipitation amount.



Copyright: Грабовський М.Б. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Грабовський М.Б.

Мостипан О.В.

Панченко Т.В.

Лозинський М.В.

Павліченко К.В.

<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>

<https://orcid.org/0000-0002-0743-7008>

<https://orcid.org/0000-0003-1114-5670>

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

<https://orcid.org/0000-0002-5469-9684>