

УДК 631.532/.536:582.661.21]:631.816.1

Тирус М. Л.

кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет природокористування
Дубляни, Україна
E-mail: tyrusmaria0408@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9882-9540

ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПРОХОДЖЕННЯ ФАЗ ВЕГЕТАЦІЇ СОРТІВ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ДОБРІВ

Анотація

Ріст, розвиток рослин та формування урожайності найбільше залежать від п'ятих чинників зовнішнього середовища: тепла, вологи, світла, повітря, поживних мінеральних речовин. Перші чотири у сукупності формують агрометеорологічні ресурси. Найбільший вплив на врожайність мають гідротермічні чинники – опади, температура і розподіл їх під час вегетації. Дослідження з вивчення особливостей проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин амаранту проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування впродовж 2020–2023 років. Встановлено основні чинники впливу росту і розвитку рослин амаранту в умовах достатнього зволоження Лісостепу західного. Тривалість вегетаційного періоду визначалася сортовими особливостями досліджуваних сортів амаранту. Підвищена температура повітря пришвидшувала проходження фаз вегетації сортів амаранту. Найдовший міжфазний період сімба–сходи (BVCH 01–10) тривав 21 день у 2020 році за температури у травні 10,8°C. Проходження наступних фаз вегетації амаранту змінювалось залежно від норм внесення мінеральних добрив і сортових особливостей досліджуваних сортів. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду сходи–бутонізація (BVCH 11–50) становив $r = 0,93$. Підвищена температура повітря у липні (21,7°C) сприяла скороченню тривалості періоду бутонізація–цвітіння (BVCH 51–60) залежно від норми добрив і року досліджень. Це підтверджується результатами статистичного аналізу: встановлено помітний вплив температури повітря на проходження періоду бутонізація–цвітіння (BVCH 51–60), коефіцієнт кореляції $r = 53$. Найбільше норми добрив вплинули на настання фази дозрівання та тривалість вегетаційного періоду. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду цвітіння–дозрівання (BVCH 61–89) і тривалістю вегетації відповідно становив $r = 0,88$ і $r = 0,97$.

Ключові слова: амарант, метеорологічні умови, фази вегетації.

Вступ. Зерно амаранту є високопоживною псевдозерновою культурою з більшою кількістю білка порівняно зі справжніми злаками. Це досить добре збалансована їжа з функціональними властивостями, які забезпечують лікувальні переваги. Переваги для здоров'я включають зниження рівня холестерину в плазмі крові, стимулювання імунної системи, прояв протипухлинної дії, зниження рівня глюкози в крові та покращення умов гіпертонії та анемії. Крім того, повідомляється, що він має протиалергічну та антиоксидантну дію [6; 7].

Аналіз особливостей росту і розвитку амаранту дає можливість встановити залежність процесу формування високої врожайності від сукупності процесів взаємодії рослин з факторами зовнішнього середовища.

Амарант належить до посухостійких культур, проте за недостатньої вологості ґрунту рослини відстають у рості, найбільш негативно впливає на врожай нестача вологи в період інтенсивного росту біомаси. Як теплолюбна культура максимальний добовий приріст забезпечує за температури понад +30°C, однак низькі температури і висока вологість викликають порушення розвитку. Надмірні опади в зоні західного Лісостепу сприяють сильному росту вегетативної маси, рослини можуть вилягати, погіршується їх фітосанітарний стан і знижується врожайність.

У дослідженнях [4] встановлювали такі фази розвитку амаранту, як: сходи, стеблуння, бутонізація (поява згорнутих пелюсток квітів), початок цвітіння (повне розпускання перших квітів), масове цвітіння (розпускання більше половини квітів), кінець цвітіння (цвітуть поодинокі квіти), досягання плодів (плоди повністю достиглі) [9]. Лінійний приріст рослин [1] встановлювали за такими фазами, як: сходи, стеблуння, гілкування, поява волотей, цвітіння, утворення зерна, воскова стиглість. Виділяють також фази викидання волотей (поява волотей, ріст волотей), початок цвітіння, утворення зерна.

Згідно зі спостереженнями [3] амарант характеризується різною інтенсивністю ростових процесів. Спочатку він росте повільно, а з фази бутонізації рослини переходять до інтенсивного росту. Найбільший приріст зеленої маси відбувся від фази викидання волоті до цвітіння. З початком фази цвітіння і впродовж всієї фази молочної стиглості, яка триває 30 днів, настає період повільного росту. Про це свідчить висота рослин амаранту: у фазі викидання волоті вона становила 26 см, впродовж фази бутонізації змінювалась у межах 42–73 см, у фазі цвітіння – 90–101 см, у фазі молочної стиглості – 115 см, воскової – 123 см.

За даними [2] на проходження фаз вегетації впливали строки сівби, а саме пізні строки прискорювали їх. Період вегетативного розвитку залежно від строку сівби становив у сорту Харківський 1 – 44–63 дні, у сорту Ацтек – 41–59 днів. Фаза бутонізації тривала 18–28 днів. Від цвітіння до досягання проходило 15–25 днів, а від сходів до збирання – 99–133 дні.

Дослідженнями встановлено, що повні сходи амаранту волотистого з глибини 2 і 4 см на фоні застосування допосівного прикочування у середньому за роки досліджень відзначено відповідно на 7 і 10-у добу після сівби і потребувало для цього суми ефективних температур відповідно 70,9 і 92,3°C [1].

У результаті досліджень виявилось, що початок бутонізації припадає на середину липня, початок цвітіння – кінець липня і початок серпня, масове цвітіння – середина серпня, кінець цвітіння припадає в основному на початок вересня. Масове цвітіння настає через 85–90 днів від посіву. Від початку сходів до плодоношення минає 90–95 днів [4].

За даними [4] тривалість фази цвітіння становить 30–40 днів. Сходи рослин появляются через 10–12 днів після сівби [4].

Фази росту та розвитку – сходи, ріст стебла (відростання), викидання волоті, цвітіння, молочна, воскова і повна стиглість [8; 9].

Сходи у сприятливих умовах – через 4–5 днів, у менш сприятливих – через 10–12 днів. Фаза відростання триває 25–35 днів. Викидання волоті – 8–12 днів. Фаза цвітіння займає 27–35 днів. У широкорядних посівах (70 см) усі міжфазні періоди були коротші на 3–5 днів порівняно з рядковим способом сівби [8].

Необхідно зазначити, що амарант належить до рослин короткого світлового дня і тому в наших умовах довгого світлового дня він проявляв гігантизм, тобто забезпечував інтенсивне наростання фітомаси [8].

Мета досліджень – провести фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин амаранту сортів Ультра і Лера в умовах достатнього зволоження Лісостепу західного. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування впродовж 2020–2023 років на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті. Польовий дослід проводився у чотириразовій повторності. Загальна площа дослідної ділянки становила 30 м², облікова – 20 м². Попередником амаранту в роки досліджень була озима пшениця. Вивчали особливості росту і розвитку сортів амаранту за різних норм мінеральних добрив: контроль (N₀P₀K₀), N₄₀P₂₀K₄₀, N₈₀P₄₀K₈₀, N₁₂₀P₄₀K₈₀, N₁₆₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₆₀. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком амаранту проводили в основні фази росту і розвитку культури згідно з «Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур» [5].

Виклад основного матеріалу. Проходження фаз вегетації амаранту змінювалось залежно від норм внесення мінеральних добрив і досліджуваних сортів (табл. 1). За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено вельми сильний вплив норм удобрення і сортових особливостей на тривалість міжфазних періодів і тривалість вегетації рослин амаранту [10]. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду сходів–бутонізації (BVCH 11-50) становив $r = 0,93$. Таку закономірність достовірно описує рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду сходів–бутонізації, діб (BVCH 11-50)} = 31,1423 + 0,946 \cdot \text{Рівень удобрення} + 4,571 \cdot \text{Сорт},$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,86$$

Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду бутонізації–цвітіння (BVCH 51–60) становив $r = 0,77$.

$$\text{Тривалість періоду бутонізації–цвітіння, діб (BVCH 51-60)} = 28,691 + 0,720 \cdot \text{Рівень удобрення} + 1,964 \cdot \text{Сорт}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,60$$

Добрива не вплинули на темпи проростання. На тривалість періоду сівба–сходи (BVCH 01–10) сильний вплив мали кількість опадів і температура повітря, коефіцієнт кореляції становив $r = 0,71$. Таку закономірність достовірно описують рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду сівба–сходи, діб (BVCH 01-10)} = -7,522 + 2,171 \cdot \text{Температура повітря, } ^\circ\text{C} + 0,005 \cdot \text{Опади, мм}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,51$$

Сходи у 2020 році появились одночасно на всіх фонах через 21 день, оскільки середньомісячна температура у травні була найнижчою в роки досліджень і становила 10,8°C (рис. 1, 2).

Фаза бутонізації настала через 38 днів після сходів, на один день пізніше, через 40 днів, ця фаза була за норми добрив N₁₂₀P₄₀K₈₀, а за максимального рівня удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 43 дні (табл. 1).

До цвітіння на контрольному варіанті рослини перейшли через 31 день після фази бутонізації. На варіанті із внесенням N₁₂₀P₄₀K₈₀ рослини зацвіли пізніше – 28 липня. Найпізніше у фазу масового цвітіння вступили варіанти з рівнем удобрення N₁₆₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 31 липня, через 34 дні. Відносно більша тривалість міжфазного періоду сходів–бутонізації у 2020 році пояснюється нижчими температурами порівняно з іншими роками. Також у перший рік досліджень у травні і червні випала надмірна кількість опадів (рис. 1, 2).

На час настання фази дозрівання добрива мали сильний вплив. Якщо на контролі без добрив амарант достиг найшвидше 20 серпня, то за внесення добрив у нормі N₁₆₀P₈₀K₁₂₀ фазу досягання діагностували 31 серпня, а за максимальної норми внесення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 3 вересня. Тривалість вегетаційного періоду на контролі становила

Таблиця 1. Вплив норм добрив на проходження фаз росту і розвитку сорту амаранту Ультра, 2020–2021 рр.

Рівень удобрєння	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетацій-ного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–97)			
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
контроль	21	14	38	37	31	30	28	33	97	100
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	21	14	39	38	31	30	29	34	99	102
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	21	14	39	38	32	31	30	35	101	104
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	21	14	40	39	34	31	32	36	106	106
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	21	14	41	40	34	33	33	37	108	110
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	21	14	43	41	34	33	34	39	111	113
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	21	14	43	41	34	33	34	39	111	113

Строк сівби – 25 квітня 2020 р.

Строк сівби – 4 травня 2021 р.

97 днів, а на варіанті із внесенням N₁₂₀P₄₀K₈₀ – 106 днів, що на 9 днів більше. У 2020 році прискорення дозрівання відбулось внаслідок зменшення суми опадів у серпні.

У 2021 році сіяли на 9 днів пізніше, ніж у 2020 році. Проте внаслідок вищої температури повітря у травні в 2021 році (12,7 °C) порівняно з 2020 роком (10,8 °C) на 1,9°C сходи з'явилися на 14-й день – 18 травня (табл. 1). Температура в червні була однаковою в ці роки, тому темпи росту теж майже не відрізнялись (рис 1, 2).

Фаза цвітіння у 2021 році настала залежно від норми добрив у період з 23 липня по 30 липня. Достигли посіви і були придатні до збирання 25 серпня – 7 вересня, тобто майже в ті ж терміни, що і в 2020 році. Це можна пояснити тим, що у 2021 році був жаркіший липень (21,7°C) та дещо прохолодніший серпень (17,3°C) стосовно інших років досліджень. Сума опадів у травні, червні та липні 2021 року була значно меншою порівняно з 2020 роком (рис. 1, 2), тому збільшення суми опадів у серпні до 127,9 мм після відносно сухого липня (47,1 мм) не спричинило негативних наслідків як для росту, так і досягання амаранту.

Вплив норм добрив на проходження фаз вегетації рослин амаранту та тривалість міжфазних періодів у 2021 році був аналогічним до 2020 року. Мінеральні добрива не впливали на строки появи сходів. Фази бутонізації та цвітіння настали на 2–4 дні пізніше на варіантах із внесенням добрив. Підвищена температура повітря у липні (21,7°C) сприяла скороченню на 1–3 дні тривалості періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 51–60) залежно від норми добрив і року досліджень. Це підтверджується результатами статистичного аналізу: встановлено помітний вплив температури повітря на проходження періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 51–60), коефіцієнт кореляції $r = 53$.

Найбільше норми добрив вплинули на настання фази дозрівання та тривалість періоду вегетації. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду цвітіння–дозрівання (ВВСН 61–89(97)) і тривалістю вегетації відповідно становив $r = 0,88$ і $r = 0,97$. Ці закономірності достовірно описують рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду цвітіння–дозрівання, діб (ВВСН 61–89(97))} = 20,143 + 1,357 \cdot \text{Рівень удобрення} + 6,678 \cdot \text{Сорт}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,77$$

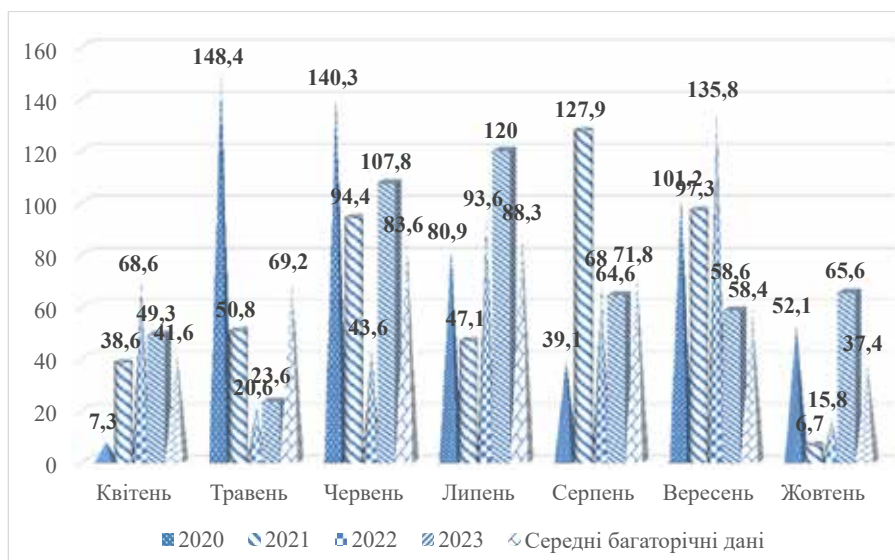


Рис. 1. Середньомісячна кількість опадів, мм, 2020–2023 рр.

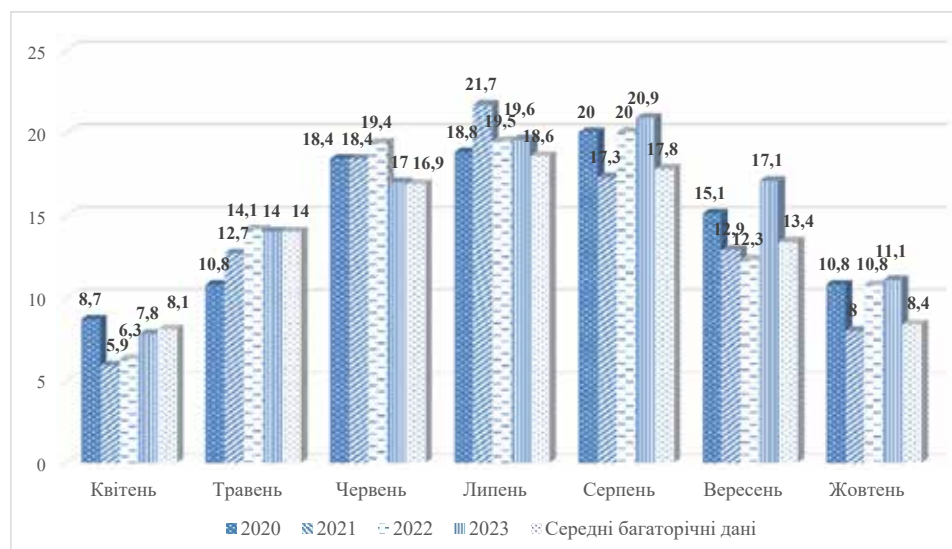


Рис. 2. Середньомісячна температура, °C, 2020–2023 рр.

Тривалість періоду вегетації, діб = $79,976 + 13,214 \cdot \text{Сорт} + 3,024 \cdot \text{Рівень удобренья}$

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,95$

Вищі норми добрив, особливо азотних, подовжують вегетацію. Різниця у настанні фази дозрівання становила до 13 днів. Тривалість вегетації амаранту сорту Ультра становила 100 днів на контролі без внесення добрив і збільшувалась до 106 днів на варіанті із внесенням норми добрив – $N_{120}P_{40}K_{80}$, а за максимальної норми добрив $N_{200}P_{80}K_{160}$ – 113 дні.

У 2022 році фенологічні спостереження проводили на двох сортах Лера і Ультра (табл. 2, табл. 3).

Таблиця 2. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту Ультра, 2022–2023 рр.

Рівень удобрення	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетаційного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–97)			
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
контроль	15	17	36	37	32	33	28	27	96	97
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	15	17	37	39	33	33	29	28	99	100
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	37	39	34	33	30	30	101	102
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	38	40	34	35	32	30	104	105
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	39	41	35	36	33	31	107	108
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	41	42	36	39	34	32	111	113
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	15	17	41	42	36	39	34	32	111	113

Строк сівби – 1 травня 2022 р.

Строк сівби – 21 квітня 2023 р.

За результатами статистичного аналізу встановлено вплив сортових особливостей на тривалість міжфазного періоду сходи–бутонізація (ВВСН 11–50), коефіцієнт кореляції становив $r = 0,70$, що свідчить про помірний зв'язок. Також встановлено помітний зв'язок між сортовими особливостями амаранту і тривалістю міжфазного періоду цвітіння–повна стиглість (ВВСН 61–89(97)), коефіцієнт кореляції становив $r = 0,42$. За сівби 1 травня рослини зійшли на всіх варіантах одночасно і не залежали від сорту і добрив (табл. 2, табл. 3).

Починаючи з фази бутонізації сорт Ультра, який належить до ранньостиглих, випереджував у рості і розвитку сорт Лера. Ця фаза настанала 20–25 червня у сорту Ультра та 25 червня–2 липня у сорту Лера. Як і в попередні роки, фаза цвітіння розпочалася наприкінці липня. Прискорили ріст амаранту високі температури в травні (14,1 °C) і червні (19,5 °C), які в цей рік були найвищими порівняно з іншими роками (рис. 1, 2).

У ці ж місяці випало значно менше від норми опадів: у травні – 20,6 мм, у червні – 43,6 мм. У липні і серпні випало досить опадів, тому дефіциту вологи для росту амаранту не відчувалось. Внаслідок нижчої кількості опадів і вищих температур порівняно з іншими роками досліджень сорт Ультра досяг швидше, ніж у попередні роки, а саме 15 серпня – 8 вересня. Вегетаційний період сорту Ультра становив 96–111 днів. Сорт Лера мав триваліший період вегетації і досягав через 107–127 днів. Внесення добрив в умовах 2022 року мало більший вплив на тривалість вегетації.

Таблиця 3. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту Лера, 2022–2023 рр.

Рівень удобрення	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетаційного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–89)			
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
контроль	15	17	40	43	33	34	34	32	107	109
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	15	17	40	43	34	35	35	33	109	111
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	41	43	34	35	37	36	112	114
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	42	45	35	36	41	39	118	120
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	43	47	36	37	42	42	121	126
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	47	48	36	38	44	43	127	129
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	15	17	47	48	36	38	44	43	127	129

Строк сівби – 1 травня 2022 р.

Строк сівби – 21 квітня 2023 р.

Так, якщо на варіанті без добрив рослини сорту Ультра досягали за 96 днів, то на фоні N₁₂₀P₄₀K₈₀ через 104 днів, або на 8 днів пізніше, а за максимальної норми удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 111 днів. Сорт Лера на контролі вегетував 107 днів, за внесення N₁₂₀P₄₀K₈₀ – 118 днів, тоді як за максимальної норми удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 127 днів. Тобто тривалість вегетації збільшувалась залежно від норми добрив: на 2–20 днів у сорту Лера і на 2–15 днів у сорту Ультра.

У 2023 році амарант сіяли дуже рано – 21 квітня. Це значно швидше, ніж у попередні роки досліджень завдяки сприятливим умовам, а саме достатнім запасам зимово-весняної вологи в ґрунті та найкращим ресурсам тепла (квітень – 7,8°C; травень 14,0°C) (рис. 1, 2).

Сходи отримали 8 травня, через 17 днів. Випереджувальний ріст і розвиток рослин амаранту сорту Ультра у 2023 році спостерігався на всіх фазах (табл. 2). Фаза бутонізації у сорту Ультра, залежно від норми добрив, настала 13–18 червня, у сорту Лера – 20–25 червня. Фаза цвітіння настала відповідно 16–27 липня та 24 липня – 3 серпня. Тривалість вегетації сорту Ультра була подовжена стосовно 2022 року, на що вплинули надмірні опади у липні (120 мм). Підвищена температура серпня (20,9°C) і вересня (17,1°C) пришвидшили дозрівання сорту Лера на 2–4 дні стосовно 2022 року.

Встановлено, що у сорту Лера ростові процеси не припинялися після дозрівання насіння, тоді як у сорту Ультра вегетативна маса досягала фізіологічної стиглості одночасно з насінням.

Висновки. Тривалість вегетаційного періоду визначалася сортовими особливостями досліджуваних сортів амаранту. На тривалість періоду сівба–сходи сильно впливали погодні умови в роки досліджень. Тривалість наступних фаз вегетації амаранту змінювалась залежно від норм внесення мінеральних добрив і сортових особливостей досліджуваних сортів. Вищі норми добрив, особливо азотних, подовжували вегетацію. Тривалість вегетації збільшувалась залежно від норми добрив: на 2–20 днів у сорту Лера і на 2–15 днів у сорту Ультра.

Список використаних джерел

1. Дудка М.І. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності однорічних кормових культур в північному Степу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Дніпро, 2020. 480 с.
2. Кононенко Л.М. Формування продуктивності амаранту залежно від строків сівби у Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470>.
3. Рибий М.М., Горчанок А.В., Кузьменко О.А. та ін. Біологічна цінність зеленої маси амаранту та її використання у складі комбінованих силосів для молодяку свиней. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* : зб. наук. пр. 2023. № 1. С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-178-1-57-66>.
4. Куцела О.Я., Буняк В.І., Кульбанська С.М. Особливості онтогенезу *Amaranthus paniculatus* L. в умовах дендрологічного парку «Дружба». *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Біологія*. 2008. № 12. С. 45–47. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/18041>.
5. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / під ред. В.В. Волкодава. Київ, 2000. 100 с.
6. Akamine H., Ohshiro M., Hossain M.A. Fertilizer management for amaranth (*Amaranthus* spp.) cultivation on dark-red soil in Okinawa, Japan. *Applied Ecology and Environmental Research*. Budapest : ALÖKI Kft., 2020. P. 8145–8158. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aecer/1806_81458158.
7. Caselato-Sousa V., Amaya-Farfan J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77. P. R93–R104. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
8. Dmitrieva O.F. Growth and development of *Amaranthus cruentus* L. in the soil and climate conditions of the Chuvash Republic. *Successes of Modern Natural Science*. 2018. No. 11–1. P. 30–36.
9. Martínez-Núñez M., Ruiz-Rivas M., Vera-Hernández P.F. et al. The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. *South African Journal of Botany*. 2019. Vol. 124. P. 436–443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.035>.
10. Tyrus M., Lykhochvor V. Yielding capacity of amaranth grain (*Amaranthus hypochondriacus*) depending on fertilizers. *Journal of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 23, No. 4. P. 800–806. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3528>.

Tyrus M. L.Candidate of Agricultural Sciences,
Head of the Department of Plant Production Technologies,
Lviv National Environmental University
Dubliany, Ukraine**E-mail:** tyrusmaria0408@gmail.com**ORCID:** 0000-0002-9882-9540**INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE PASSAGE
OF VEGETATION PHASES OF AMARANTH VARIETIES DEPENDING
ON FERTILISER RATES****Abstract**

Plant growth, development and yield formation are most dependent on five environmental factors: heat, moisture, light, air and mineral nutrients. The first four together form agrometeorological resources. Hydrothermal factors, such as precipitation, temperature and their distribution during the growing season, have the greatest impact on yields. The research on the peculiarities of the phenological phases of growth and development of amaranth plants was conducted at the experimental field of the Department of Plant Production Technologies of the Lviv National University Environmental during 2020–2023. The main factors influencing the growth and development of amaranth plants under conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe were determined. The duration of the growing season was determined by the varietal characteristics of the studied amaranth varieties. Increased air temperature accelerated the passage of vegetation phases of amaranth varieties. The longest inter-phase period of sowing-sowing (BBCH 01-10) lasted 21 days in 2020 at a temperature of 10.8°C in May. The passage of the following phases of the amaranth vegetation varied depending on the rates of mineral fertiliser application and varietal characteristics of the studied varieties. The correlation coefficient between the level of fertilisation, variety and duration of the germination-budding period (BBCH 11-50) was $r = 0.93$. The increased air temperature in July (21.7°C) contributed to a reduction in the duration of the budding-flowering period (BBCH 51-60), depending on the fertiliser rate and the year of research. This is confirmed by the results of statistical analysis: a significant effect of air temperature on the passage of the budding-flowering period (BBCH 51-60) was found, the correlation coefficient $r = 53$. Fertiliser rates had the greatest impact on the onset of the ripening phase and the duration of the growing season. The correlation coefficient between the level of fertilisation, variety and duration of the flowering-ripening period (BBCH 61-89) and the length of the growing season was $r = 0.88$ and $r = 0.97$, respectively.

Key words: amaranth, meteorological conditions, vegetation phases.**References**

1. Dudka, M.I. (2020). *Ahrotekhnologichni osnovy pidvyshchennia produktyvnosti odnorichnykh kormovykh kultur v pivnichnomu Stepu Ukrainy* [Agrotechnological basis for increasing the productivity of annual fodder crops in the northern Steppe of Ukraine] (Doctoral dissertation). Dnipro [in Ukrainian].
2. Kononenko, L.M. (2022). Formuvannia produktyvnosti amarantu zalezno vid strokiv sivby u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of amaranth productivity depending on sowing dates in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnologii – Modern Agrotechnologies*, 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470> [in Ukrainian].
3. Kryvyi, M.M., Horchanok, A.V., Kuzmenko, O.A., Vasiliev, R.O., & Dikhtiar, O.O. (2023). Biologichna tsinnist zelenoi masy amarantu ta yii vykorystannia u skladi kombinovanykh sylosiv dlia molodniaku svynei [Biological value of amaranth green mass and its use in mixed silages for young pigs]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarnyntstva – Technology of Production and Processing of Livestock Products*, (1), 57–66. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-178-1-57-66> [in Ukrainian].
4. Kutsela, O.Ya., Buniak, V.I., & Kulbanska, S.M. (2008). Osoblyvosti ontogenezu *Amaranthus paniculatus* L. v umovakh dendrolohichnoho parku «Druzhba» [Ontogenesis features of *Amaranthus paniculatus* L. in the conditions of the “Druzhba” dendrological park]. *Visnyk Prykarpatskoho natsionalnoho universytetu imeni Vasylia Stefanyka. Seriya Biolohiia – Bulletin of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology Series*, (12), 45–47. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/123456789/18041> [in Ukrainian].
5. Volkodav, V.V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur* [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Kyiv [in Ukrainian].
6. Akamine, H., Ohshiro, M., & Hossain, M.A. (2020). Fertilizer management for amaranth (*Amaranthus* spp.) cultivation on dark-red soil in Okinawa, Japan. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(6), 8145–8158. https://doi.org/10.15666/aecr/1806_81458158 [in English].
7. Caselato-Sousa, V., & Amaya-Farfan, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(R93–104). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x> [in English].
8. Dmitrieva, O.F. (2018). Growth and development of *Amaranthus cruentus* L. in the soil and climate conditions of the Chuvash Republic. *Successes of Modern Natural Science*, 11(1), 30–36 [in English].
9. Martínez-Núñez, M., Ruiz-Rivas, M., Vera-Hernández, P.F., Bernal-Muñoz, R., Luna-Suárez, S., & Rosas-Cárdenas, F.F. (2019). The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. *South African Journal of Botany*, 124, 436–443. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.035> [in English].
10. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2022). Yielding capacity of amaranth grain (*Amaranthus hypochondriacus*) depending on fertilizers. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 800–806. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3528> [in English].