

УДК 631.53.04: 58.07:631

Формування продуктивності амаранту залежно від строків сівби у Правобережному Лісостепу України

Л. М. Кононенко 

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна, e-mail: lidiakononenko@ukr.net

Мета. Установити оптимальні строки сівби для формування високої продуктивності амаранту в Правобережному Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження закладали на дослідних полях кафедри рослинництва Уманського національного університету садівництва (Черкаська обл.) упродовж 2018–2022 рр. Вивчали продуктивність двох сортів амаранту ‘Харківський-1’ та ‘Ацтек’ залежно від строків сівби: 15 квітня, 25 квітня і 5 травня. Визначали польову схожість насіння, а впродовж періоду вегетації проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин культури. **Результати.** Тривалість вегетаційного періоду істотно змінювалась залежно від строку сівби амаранту. Зокрема, за сівби 15 квітня тривалість вегетаційного періоду становила 133 доби, за сівби 25 квітня скорочувалась до 116, або на 15 %, а за сівби 5 травня – до 99 діб, або на 34 % порівняно з першим строком сівби. За вирощування амаранту сорту ‘Ацтек’ період сходи – досягання скорочувався на 3 % за другого строку сівби і на 22 % за третього строку сівби порівняно з першим. Польова схожість насіння амаранту достовірно змінювалась від строку сівби. Зокрема, цей показник зростав з 87,8 % за першого строку сівби до 89,7 %, або на 2 % за другого строку та до 91,6 %, або на 4 % за третього строку сівби. Подібну тенденцію встановлено за вирощування сорту ‘Ацтек’. Залежно від строків сівби у фазі формування зерна показники вмісту абсолютно сухої маси варіювали в сорту ‘Харківський-1’ від 675 до 705 г/м², а в ‘Ацтек’ – від 639 і до 667 г/м²; у фазі воскової стиглості зерна – ‘Харківський-1’ за першого строку сівби 765 г/м², другого – 755 і третього – 705 г/м², а в сорту ‘Ацтек’ – 708, 696 і 678 г/м² відповідно. Найвищий уміст білка в зерні сорту ‘Харківський-1’ отримано за першого строку сівби – 14,47 %. За другого строку сівби цей показник знижувався до 13,11 %, або на 10 %, а за третього строку – до 11,68 %, або на 24 %. За вирощування сорту ‘Ацтек’ уміст білка знижувався з 14,12 до 11,66 %. Зокрема, за другого та третього строків сівби цей показник був нижчим відповідно на 9 і 21 % порівняно з першим строком. У сорту ‘Харківський-1’ найвищий уміст протеїну отримано за другого строку сівби – 18,6 %. Уміст жиру та вуглеводів змінювався подібно. При цьому уміст жиру був у 2,5–2,6 раза, а уміст вуглеводів – у 3,4–3,5 раза нижчим порівняно з умістом протеїну. **Висновки.** Продуктивність амаранту достовірно змінюється залежно від строку сівби. Тривалість вегетаційного періоду амаранту сорту ‘Харківський-1’ скорочується з 133 діб за сівби 15 квітня до 99 діб за сівби 5 травня, у сорту ‘Ацтек’ – з 127 до 104 діб. Коефіцієнт виживання рослин залежно від сорту зростає з 0,70–0,71 за першого строку сівби до 0,83–0,88 за третього строку. Урожайність сухої маси, уміст біохімічного складника в сухій масі рослин амаранту найвищі за сівби 25 квітня. Уміст білка в зерні найвищий за першого строку сівби. Оптимальним строком сівби амаранту є 5 травня, оскільки забезпечує найбільший вихід білка – 87,6–88,5 кг/га залежно від сорту.

Ключові слова: польова схожість; густина рослин; білок; протеїн; зелена маса.

Вступ

Амарант займає серед малопоширених сільськогосподарських культур в Україні одне із провідних місць. Це унікальна по врожайності і поживності рослина. Її широке використання може полегшити вирішення складних питань постачання населення повноцінним продовольством. У зв'язку з глобальними змінами клімату Землі використання амаранту стає актуальним завдяки його особливості пристосовуватися до різних умов зовнішнього середовища [1–3].

Підтверджено, що сорти амаранту, як холодостійкі та посухостійкі, можуть вирощуватися практично в будь-якому регіоні України, що дозволить безперебійне надходження рослинної сировини для виготовлення амарантової олії [4]. Зерно амаранту має цінний хімічний склад,

високу харчову та біологічну цінність, а за складом амінокислот перевищує деякі продукти тваринного походження, вміст лізину в зерні амаранту в два рази вищий, ніж у зерні пшениці, в три – ніж у зерні кукурудзи [5–7].

Для широкого впровадження амаранту у виробництво потрібно порівняльне вивчення особливостей формування врожайності та якості продукції залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони та елементів технології вирощування. Важливу роль в цьому відіграє визначення оптимальних строків сівби, які б забезпечували своєчасність і дружність появи сходів, високу польову схожість насіння [8]. Польова схожість насіння є важливою умовою забезпечення нормальної густоти посіву, обумовлює рівномірний ріст і розвиток рослин, що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції. Для вирощування запланованих високих і стійких урожаїв з гарною якістю продукції дуже важливо отримати повноцінні сходи оптимальної густоти [9].

У літературі немає одностайної думки щодо строків сівби амаранту. Деякі вчені вважають, що для отримання ранніх сходів доцільніше проводити посів 15–30 квітня [10]. Утеуш Ю. А. [11] доводить можливість сівби під зиму, перед замерзанням ґрунту, що допомагає випередити вегетацію бур'янів (це стосується тільки чорнонасінних форм). Температура є важливим чинником, який впливає на одержання повноцінних сходів у амаранту. Так, за даними Й. М. Магомедова [12], температура 9–10 °С є достатньою для того, щоб отримати нормальні сходи. Водночас деякі вчені пропонують орієнтуватись на температуру ґрунту 12–15 °С [13].

Когут І. М. та Мішин С. М. [14], основною ціллю досліджень, в яких було експериментальне вирішення впливу строків сівби на умови росту, розвитку та продуктивність амаранту в умовах південного Степу, вказують, що коливання врожайності зеленої маси амаранту в досліді мали таку ж тенденцію, як і врожайність насіння з максимумом на рівні 533,2 ц/га за сівби на початку другої декади травня, а сівба протягом третьої декади квітня знижувала масу надземної частини на 35,6 ц/га.

Дослідженнями Н. Б. Гудковської та Т. І. Гопцій [15, 16] у Лівобережному Лісостепу України визначено, що елементи технології вирощування (строки і способи сівби) та умови року впливають на рівень врожайності зерна амаранту. Доведено, що в сприятливих умовах амарант забезпечував найбільшу врожайність при другому строку сівби та широкорядному способі – 4,9 т/га сорт 'Ультра' та 5,1 т/га – 'Студентський'. Маса 1000 насінин коливалася залежно від умов року та становила у сприятливих умовах розвитку у сорту 'Ультра' 0,51–0,68 г, у 'Студентський' – 0,57–0,71 г. Продуктивність волоті в обох сортів була вищою за широкорядного способу сівби за всіх строків. Тому важливо в умовах Правобережного Лісостепу України дослідити елементи технології вирощування амаранту.

Мета досліджень – встановити оптимальні строки сівби для формування високої продуктивності амаранту в Правобережному Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові досліді були закладені на дослідних полях кафедри рослинництва Уманського НУС Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили упродовж 2018–2022 рр. і погодні умови були типовими для зони Лісостепу, однак температура повітря перевищувала середню багаторічну на 4 %.

Ґрунтовий покрив земель дослідних ділянок представлений важкосуглинковими чорноземами опідзоленими. Його структура пилувато-грудкувата, підорного – грудкувата-зерниста. Кількість водостійких агрегатів в орному шарі складає 40–50 %, у підорному – 55–65 %. Уміст поживних речовин в орному шарі був таким: азот – від 0,23 до 0,26 %, фосфор – від 0,11 до 0,16 %, калій – від 2,0 до 2,5 %. Кількість рухомих фосфатів (за Чириковим – Шконде) становить 20,3 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту, вміст обмінного калію (за Масловою) – від 18,6 до 22,9; гідролізованого азоту (за Тюріним – Коновою) – 10,0–11,4 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

Технологія вирощування амаранту була такою: після стерньового попередника провели перше лущення стерні в два сліди на глибину 6–8 см. На засмічених ділянках через 10–12 днів після першого провели друге лущення на глибину 10–12 см. Весною після закриття вологи боронуванням з важкими боронами в два сліди спровокували проростання бур'янів і знищили їх за допомогою культивування з боронуванням і коткуванням. Перед сівбою ґрунт вирівняли та коткували. Здійснили першу культивування на глибину 8–10 см, другу – 6–8, передпосівну – 3–5 см. Сівбу проводили згідно зі схемою досліді.

Польові дослідження із вивчення продуктивності сортів амаранту залежно від строків сівби були закладені за схемою: *фактор А* – строки сівби: 15 квітня, 25 квітня, 5 травня; *фактор В* – сорти: 'Харківський-1', 'Ацтек'.

Польові досліди були закладені згідно із загальноприйнятими методиками. Залежно від строків сівби насіння амаранту була відмічена польова схожість, а упродовж періоду вегетації проводилися фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин згідно з методикою державного сорто випробування та методикою фенологічних спостережень у дослідах та відзначали настання основних фаз розвитку рослин [17–21].

За вегетацію визначали: висоту рослин амаранту – вимірюючи понад 30 рослин, густоту посівів. Після досягання проводили збір урожаю методом суцільного збирання. Дані врожаю зерна приводили до стандартної вологості (14 %) і стовідсоткової чистоти. В зразках визначали вологість, вміст крохмалю, клітковини, зольність, «сирий» жир і його якість загальноприйнятими методиками, загальний азот – за методом Кьельдаля, небілковий азот – за методом Барштейна [22, 23].

Якісні показники насіння амаранту визначали за ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [24].

Достовірність одержаних результатів оцінювали, застосовуючи дисперсійний аналіз [25, 26].

Результати досліджень

У дослідженнях було встановлено, що в амаранту довжина міжфазних періодів від ранніх до більш пізніх строків сівби достовірно скорочувалась (табл. 1). Період вегетативного розвитку в сорту 'Харківський-1' скорочувався від 63 діб за першого строку до 44 діб – за третього строку сівби, або на 43 %. Період бутонізація скорочувався на 33 %, а період цвітіння – досягання – на 47 % порівняно з першим строком сівби. Подібну тенденцію встановлено й за вирощування амаранту сорту 'Ацтек'.

Таблиця 1

Тривалість вегетаційного періоду амаранту залежно від строків сівби та сортових особливостей (середнє за 2018–2022 рр.)

Строк сівби	Тривалість фази, діб			
	вегетативний розвиток	бутонізація	цвітіння – досягання	сходи – досягання
'Харківський-1'				
15 квітня	63	28	25	133
25 квітня	57	25	22	116
5 травня	44	21	17	99
НІР _{0,05}	2	1	1	2
'Ацтек'				
15 квітня	59	27	22	127
25 квітня	53	23	19	123
5 травня	41	18	15	104
НІР _{0,05}	1	1	1	2

Тривалість вегетаційного періоду також істотно змінювалась залежно від строку сівби амаранту. Так, за сівби 15 квітня тривалість вегетаційного періоду скорочувалась від 133 діб, за сівби 25 квітня – до 116, або на 15 % а, за сівби 5 травня – до 99 діб, або на 34 % порівняно з першим строком сівби. За вирощування амаранту сорту 'Ацтек' період сходи – досягання скорочувався на 3 % за другого строку сівби і на 22 % за третього строку сівби порівняно з першим.

Польова схожість насіння амаранту достовірно змінювалась від строку сівби. Так, цей показник зростав від 87,8 % за першого строку сівби до 89,7 %, або на 2 % за другого строку та до 91,6 %, або на 4 % за третього строку сівби (табл. 2). Подібну тенденцію встановлено за вирощування сорту 'Ацтек'.

Найвищі показники польової схожості – 91,0 і 91,6 % відзначено за найпізнішого строку сівби, коли температура ґрунту становила 19,9 °С. При сівбі, коли температура ґрунту в шарі 0–10 см коливалась в межах 12,5–14,1 °С за строку сівби 15–25 квітня, вона була нижчою – 86,9–89,7 %.

Польова схожість і густина стояння рослин амаранту залежно від строків сівби та сортових особливостей (середнє за 2018–2022 рр.)

Строк сівби	Густина рослин, шт./м ²		Польова схожість, %	Коефіцієнт виживання рослин
	у фазі сходів	на час збирання врожаю		
‘Харківський-1’				
15 квітня	47	45	87,8	0,71
25 квітня	55	49	89,7	0,85
5 травня	97	87	91,6	0,83
НР _{0,05}	2	2	2,5	0,03
‘Ацтек’				
15 квітня	44	41	86,9	0,70
25 квітня	50	38	90,7	0,85
5 травня	97	83	91,0	0,88
НР _{0,05}	2	2	2,8	0,04

Визначення коефіцієнту виживання рослин амаранту залежно від строків сівби дозволяє відмітити, що в сорту ‘Харківський-1’ найвищим він був за строку сівби 5 травня – 0,83, а найменшим – 0,71 за сівби 15 квітня. Сорт ‘Ацтек’ також мав подібну закономірність і за строку сівби 5 травня був найвищим – 0,88, а найменшим – 0,70 за сівби 15 квітня.

Проведені нами дослідження підтвердили, що густина є однією із причин змін темпів і величини нагромадження надземної біомаси протягом вегетаційного періоду. Таким чином досліджено, що строки сівби істотно впливають на густоту стояння рослин амаранту.

Дослідженнями встановлено, що строки сівби амаранту достовірно впливають на накопичення абсолютно сухої маси в усіх досліджуваних сортах. Так, зокрема у фазу гілкування досліджуваний показник був найнижчим і збільшувався із кожною наступною фазою та найвищим зафіксований у фазу воскова стиглість зерна.

Одним із важливих показників, який підлягає впливу строку сівби, є польова схожість насіння, яка з кожним строком сівби збільшувалась. Це можна пояснити температурним режимом ґрунту та повітря, а також вологозабезпеченістю. Досліджено науковцями, що з усіх зовнішніх факторів на появу сходів амаранту найбільшою мірою впливає волога. Вода, проникаючи в насінину, активізує процеси життєдіяльності. Для набубнявіння і проростання насінини важливе значення має певна її кількість. Крім того, для створення умов набубнявіння насіння необхідно приблизно 15–20 мм опадів, для проростання і появи сходів – ще 15–20 мм, тобто в сумі 30–40 мм. Поглинальна здатність насіння амаранту коливається в межах 174–260 % [8]. Встановлено, що є тісний зв'язок між польовою схожістю та строками сівби і продуктивність культури в подальшому значною мірою залежить від кількості рослин на одиниці площі.

Динаміка формування сухої маси амаранту достовірно змінювалась залежно від строку сівби. У сорту ‘Харківський-1’ за сівби 15 квітня у фазу гілкування сухої маси було 104 г/м², а за строку 25 квітня – 114, і найменшим цей показник був за строку сівби 5 травня – 107 г/м² (табл. 3). Сорт ‘Ацтек’ мав таку ж саму залежність, і за досліджуваних строків накопичення було від 95 до 109 г/м².

Дослідження у фазу поява волотей дозволяє встановити, що накопичення збільшилося майже у два рази порівняно із попередньою фазою і абсолютна суха маса у рослин амаранту коливалася від 226 до 276 г/м² в середньому по сортах. У фазу цвітіння відмічено високий вміст сухої маси у сорту ‘Харківський-1’ від 499 до 546 г/м² і у сорту ‘Ацтек’ від 404 до 448 г/м². Залежно від строків сівби у досліджувану фазу відмічено, що в сорту ‘Харківський-1’ за сівби 15 квітня – 546 г/м², а за сівби 25 квітня – 537 г/м² та 5 травня – 499 г/м². Сорт ‘Ацтек’ на 15 квітня мав даний показник – 448 г/м², а на 25 квітня – 437 г/м², а на 5 травня – 404 г/м².

Залежно від строків сівби у фазу утворення зерна показники досліджуваної динаміки вказують, що вміст абсолютно сухої маси варіював у сорту ‘Харківський-1’ від 675 до 705 г/м², а у сорту ‘Ацтек’ – від 639 і до 667 г/м². Воскова стиглість зерна в сорту ‘Харківський-1’ за першого строку сівби дозволяє відмітити 765 г/м², другого – 755 і третього – 705 г/м², а у сорту ‘Ацтек’ за цих же строків показник становив 708 г/м², 696 і 678 г/м².

Таблиця 3

**Динаміка формування сухої маси рослин амаранту залежно від строків сівби
і сортових особливостей, г/м² (середнє за 2018–2022 рр.)**

Строк сівби	Фаза розвитку				
	гілкування	поява волотей	цвітіння	утворення зерна	воскова стиглість зерна
‘Харківський-1’					
15 квітня	104	276	546	705	765
25 квітня	114	268	537	709	755
5 травня	107	249	499	675	705
НІР _{0,05}	5	13	26	35	38
‘Ацтек’					
15 квітня	107	249	448	667	708
25 квітня	109	245	437	658	696
5 травня	95	226	404	639	678
НІР _{0,05}	4	12	24	33	35

Однією з головних цінностей амаранту є здатність нагромаджувати у зерні і листках багато білку. За міжнародною шкалою якості білків найвищий ступінь біологічної цінності має білок насіння амаранту – 75 балів, пшениці – 56,9, соєвих бобів – 68 і коров'ячого молока – 72,2 бала. За вмістом у насінні білка (15–18 %) амарант перевищує пшеницю (12–14 %), рис (7–10 %), кукурудзу (9–10 %) та інші зернові культури [1, 4].

Нашими дослідженнями було встановлено, що більш пізні строки сівби приводять до зниження вмісту білка в зерні амаранту (табл. 4). Так, доцільно відмітити, що незалежно від строків сівби сорт ‘Харківський-1’ переважав сорт ‘Ацтек’ за вмістом білка в зерні на 0,17% і вихід отриманого також був вищим на 1,4 кг/га.

Таблиця 4

**Уміст білка в зерні амаранту залежно від строків сівби
і сортових особливостей (середнє за 2018–2022 рр.)**

Строк сівби	Уміст білка в зерні, %	Вихід білка, кг/га
‘Харківський-1’		
15 квітня	14,47	63,8
25 квітня	13,11	66,4
5 травня	11,68	88,5
НІР _{0,05}	0,64	3,7
‘Ацтек’		
15 квітня	14,12	62,1
25 квітня	12,96	64,9
5 травня	11,66	87,6
НІР _{0,05}	0,61	3,5

Найвищий вміст білка в зерні сорту ‘Харківський-1’ отримано за першого строку сівби – 14,47 %. За другого строку сівби цей показник знижувався до 13,11 %, або на 10 %. Вміст білка за третього строку сівби знижувався до 11,68 %, або на 24 % порівняно з першим строком сівби. За вирощування сорту ‘Ацтек’ вміст білка знижувався від 14,12 до 11,66 %. За другого та третього строку сівби цей показник був нижчим відповідно на 9 і 21 % порівняно з першим строком.

Встановлено, що в сухій масі амаранту вміст протеїну був найвищим (табл. 5). При цьому біохімічна складова сухої маси амаранту достовірно змінювалась від строку сівби. Так, у сорту ‘Харківський-1’ найвищий вміст протеїну отримано за другого строку сівби – 18,6 %. За другого строку сівби цей показник знижувався до 16,5 % або на 8 % порівняно з першим строком. Вміст жиру та вуглеводів змінювався подібно. При цьому вміст жиру був у 2,5–2,6 раза, а вміст вуглеводів – у 3,4–3,5 раза нижчим порівняно з вмістом протеїну.

Уміст протеїну, олії та вуглеводів у зеленій масі амаранту залежно від строків сівби та сортових особливостей (середнє за 2018–2022 рр.)

Строк сівби	Уміст		
	протеїну, %	олії, %	вуглеводів у зеленій масі, % на суху речовину
‘Харківський-1’			
15 квітня	17,8	6,9	5,5
25 квітня	18,6	7,5	5,9
5 травня	16,5	6,4	4,8
HP _{0,05}	0,8	0,3	0,2
‘Ацтек’			
15 квітня	17,6	6,8	5,1
25 квітня	18,0	7,2	5,6
5 травня	16,7	6,3	4,7
HP _{0,05}	0,7	0,3	0,2

Тенденція впливу строків сівби на біохімічну складову сухої маси амаранту в сорту ‘Ацтек’ була подібною до сорту ‘Харківський-1’. Вміст протеїну за другого строку сівби зростав до 18,0 %, або на 2 %, а третього знижувався до 16,7 %, або на 5 % порівняно з першим строком.

Висновки

Встановлено, що продуктивність амаранту достовірно змінюється залежно від строку сівби. Тривалість вегетаційного періоду амаранту сорту ‘Харківський-1’ скорочується від 133 діб за сівби 15 квітня до 99 діб за сівби 5 травня. У сорту ‘Ацтек’ відповідно від 127 до 104 діб. Коефіцієнт виживання рослин зростає від 0,70–0,71 за першого строку сівби до 0,83–0,88 за третього строку залежно від сорту. Урожайність сухої маси, вміст біохімічної складової в сухій масі рослин амаранту найвищий за сівби 25 квітня. Вміст білка в зерні найвищий за першого строку сівби. Оптимальним строком сівби амаранту є 5 травня, оскільки забезпечує найбільший вихід білка – 87,6–88,5 кг/га залежно від сорту.

Використана література

1. Гопцій Т. І. Амарант: біологія вирощування, перспективи використання, селекція. Харків : Харк. держ. аграр. ун-т, 1999. 273 с.
2. Guardianelli L. M., Salinasa M. V., Puppo M. C. Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 97. Article 105242. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105242
3. Singh M., Liu S. X. Evaluation of amaranth flour processing for noodle making. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45, Iss. 4. Article e15270. doi: 10.1111/jfpp.15270
4. Янюк Т., Грюнвальд Н. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, № 18. С. 179–192. doi: 10.31073/foodresources2022-18-18
5. Железнов А. В., Железнова Н. Б., Бурмакина Н. В., Юдина Р. С. Амарант: научные основы интродукции. Новосибирск : Гео, 2009. 235 с.
6. Гунина Л. М., Дмитриев А., Шустов Е. Б. Биологически активные вещества амаранту и перспективы применения пищевых добавок на его основе в практике подготовки спортсменов. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018. Т. 3, № 7. С. 267–277. doi: 10.26693/jmbs03.07.267
7. Любич В. В., Кононенко Л. М., Полторецька Н. М., Войтовська В. І. Азотовмісний складник та жирнокислотний склад насіння різних сортів амаранту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 112–118. doi: 10.47414/np.30.2022.268938
8. Гопцій Т. І. Польова схожість насіння амаранту залежно від агроекологічних факторів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2004. Вип. 6. С. 84–87.
9. Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур : сб. ст. / под общ. ред. И. И. Синягина и др. Москва : Колос, 1970. 472 с.
10. Николаев Е. В., Саплева Л. А. Разработка технологии возделывания амаранту на юге Украины. *Амарант: агроэкология, переработка, использование*. Казань, 1991. С. 30–32.
11. Утеуш Ю. А. Новые перспективные кормовые культуры. Киев : Наук. думка, 1991. С. 71.
12. Jamriška P. Vplyv terminu sejby na urodu semien laskavca *A. hypochondriacus*. *Biologizácia rastlinnej výroby IV*. Nitra : VŠP, 1993. P. 51–54.

13. Магомедов И. М. Амарант – культура будущего: физиологические и биотехнологические аспекты. *Материалы IV Международного симпозиума “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования”*. Москва : Изд.-во Российского университета дружбы народов, 2001. Т. 1. С. 77.
14. Когут І. М., Мішин С. М., Когут С. Г. Вплив строків сівби на умови росту, розвитку та продуктивність рослин амаранту в умовах Південного Степу. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2016. Вип. 79. С. 35–40.
15. Гудковська Н. Б., Гопцій Т. І. Урожайність зерна амаранту залежно від строків та способів сівби в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2018. № 2. С. 112–124.
16. Гудковська Н. Б., Гопцій Т. І. Вплив строків сівби на схожість насіння амаранту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2016. № 1. С. 195–204.
17. Методика Державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Вип. 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 65 с.
18. Бейдемман И. Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях. Москва ; Ленинград, 1954. 256 с.
19. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмара С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва : АН СССР, 1961. 133 с.
20. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Е., Глуценко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Київ : Нора-прінт, 2001. 60 с.
21. Марымов В. И., Сухов А. И., Коринец В. В. Методические рекомендации по энергетической оценке систем и приемов обработки почвы. Москва : ВАСХНИЛ, 1989. 30 с.
22. Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Сборник методов исследования почв и растений. Киев : Труд-ГриПол, 2010. 252 с.
23. Зерно. Методы определения массы 1000 зерен : ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77). Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
24. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
25. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва : Колос, 1985. 351 с.

References

1. Hoptsi, T. I. (1999). *Amaranth: biology of cultivation, prospects of use, selection*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University. [In Ukrainian]
2. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2019). Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*, 97, Article 105242. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105242
3. Sing, M., & Liu, S. X. (2021). Evaluation of amaranth flour processing for noodle making. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), Article e15270. doi: 10.1111/jfpp.15270
4. Yaniuk, T., & Hriunvald, N. (2022). Amaranth production in Ukraine: state and prospects. *Food Resources*, 10(18), 179–192. doi: 10.31073/foodresources2022-18-18 [In Ukrainian]
5. Zheleznov, A. V., Zheleznova, N. B., Burmakina, N. V., & Yudina, R. S. (2009). *Amaranth: scientific basis of introduction*. Novosibirsk: Geo. [In russian]
6. Gunina, L. M., Dmitriev, A. B., Shustov, E. B., Kholodkov, A. B., & Golovashchenko, R. B. (2018). Prospects of Application of Diet Supplements Based on Amaranth in the Practice of Training Athletes. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*, 3(7), 267–277. doi: 10.26693/jmbs03.07.267 [In russian]
7. Lyubich, V. V., Kononenko, L. M., Poltoreska, N. M., & Voitovska, V. I. (2022). Nitrogen compounds and fatty acid composition in seeds of amaranth varieties. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 112–118. doi: 10.47414/np.30.2022.268938 [In Ukrainian]
8. Hoptsi, T. I. (2004). Field germination of amaranth seeds depending on agroecological factors. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology*, 6, 84–87. [In Ukrainian]
9. Sinyagin, I. I. (Ed.). (1970). *Seeding rates, methods of sowing and areas of nutrition of agricultural crops*. Moscow: Kolos. [In russian]
10. Nikolaev, E. V., & Sapleva L. A. (1991). Development of amaranth cultivation technology in the south of Ukraine. In *Amaranth: agroecology, processing, use* (pp. 30–32). Kazan: N. p. [In russian]
11. Uteush, Yu. A. (1991). *New promising fodder crops* (p. 71). Kyiv: Naukova Dumka. [In russian]

12. Jamriška, P. (1993). Vplyv terminu sejby na urodu semen laskavca *A. hypochondriacus*. In *Biologizácia rastlinnej výroby IV* (pp. 51–54). Nitra: VŠP.
13. Magomedov, I. M. (2001). Amaranth – the culture of the future: physiological and biotechnological aspects. In *Proceedings of the IV International Symposium "New and non-traditional plants and prospects for their use"* (Vol. 1, p. 77). Moscow: Publishing House of the Russian University of Peoples' Friendship. [In russian]
14. Kogut, I. M., Mishin, S. M., & Kogut, S. G. (2016). The effect of sowing terms on the conditions of growth, development and productivity of amaranth plants in the Southern Steppe. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 79, 35–40. [In Ukrainian]
15. Gudkovska, N. B., & Hoptsiy, T. I. (2018). Yielding ability of amaranth seeds depending on the sowing timing and methods in the conditions of the Left-bank forest steppe of Ukraine. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture*, 2, 112–124. [In Ukrainian]
16. Gudkovska, N. B., & Hoptsiy, T. I. (2016). Effect of sowing dates on the germination of amaranth in forest-steppe of Ukraine. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture*, 1, 195–204. [In Ukrainian]
17. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Methodology of State variety testing of agricultural crops. Vol. 2: Cereal, cereal and leguminous crops*. Kyiv: N. p. [In Ukrainian]
18. Beideman, I. N. (1954). *Methods of phenological observations in geobotanical research*. Moscow; Leningrad: N. p. [In russian]
19. Nichiporovich, A. A., Stroganova, L. E., Chmara, S. N., & Vlasova, M. P. (1961). *Photosynthetic activity of plants in crops*. Moscow: AN SSSR. [In russian]
20. Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. E., & Glushchenko, L. D. (2001). *Energy assessment of farming systems and technologies for growing agricultural crops*. Kyiv: Nora-prin. [In Ukrainian]
21. Marymov, V. I., Sukhov, A. I., & Korinets, V. V. (1989). *Methodological recommendations for the energy assessment of soil treatment systems and methods*. Moscow: VASKHNIL. [In russian]
22. Kovalchuk, V. P., Vasiliev, V. G., Boyko, L. V., & Zosimov, V. D. (2010). *Collection of Methods for Studying Soils and Plants*. Kyiv: Trud-GriPol. [In russian]
23. *Grain. Methods for determining the mass of 1000 grains: GOST 10842-89 (ISO 520-77)*. (2005). Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukrainy. [In russian]
24. *Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality: DSTU 4138-2002*. (2003). Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukrainy. [In Ukrainian]
25. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite*. Kyiv: PolihrafKonsal'tynh. [In Ukrainian]
26. Dospekhov, B. A. (1985). *Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)* (5th ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [In russian]

UDC 631.53.04: 58.07:631

Kononenko, L. M. (2022). Amaranth performance under the effect of sowing date in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470> [In Ukrainian]

Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine, e-mail: lidiyakononenko@ukr.net

Purpose. To establish optimal sowing dates for obtaining high productivity of amaranth in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiments were carried out in the experimental fields of the Department of Crop Production of the Uman National University of Horticulture (Cherkasy Region) in the years 2018–2022. The productivity of two amaranth varieties – 'Kharkivskiyi-1' and 'Atstek' – sown on April 15, April 25 and May 5 was studied. Field germination of seeds was determined. Phenological observations of the plant growth and development were made during vegetation period. **Results.** The duration of amaranth vegetation varied significantly depending on the sowing date. In particular, the duration of vegetation was 133 days when sown on April 15, 116 days when sown on April 25 (lower by 15% compared to April 15) and 99 days when sown on May 5 (lower by 34% compared to April 15). In 'Atstek' variety, the sprouting-maturation period shortened by 3% when sown on April 25 and by 22% when sown on May 5. Field germination of amaranth seeds changed depending on the time of sowing. In particular, this indicator increased from 87.8% (April 15) to 89.7% (April 25) and 91.6% (May 5). The timing of sowing affected the content of dry mass in grain: in the stage of grain formation, in 'Kharkivskiyi-1', it varied from 675 to 705 g/m² and in 'Atstek' from 639 to 667 g/m²; in the stage of wax maturity, in 'Kharkivskiyi-1' from 765 g/m² to 705 g/m² and in 'Atstek' from 708 to 678 g/m². The highest protein content in the grain of 'Kharkivskiyi 1' (14.47%) was obtained for sowing on April 15. The content of protein decreased to 13.11% (by 10%) when the crop was sown on April 25 and 11.68% (by 24%) when sown on May 5. In 'Atstek', in a similar way, the protein content decreased from 14.12 to 11.66%. In particular, this indicator was lower by 9% and 21% when sown on April 25 and May 5, respectively, compared to April 15. In 'Kharkivskiyi-1', the highest protein content was obtained (18.6%)

when sown on April 25. The content of fat and carbohydrates changed in a similar way. The content of fat was 2.5–2.6 times lower compared to the content of protein, and the content of carbohydrates was 3.4–3.5 times lower compared to the content of protein. **Conclusions.** The productivity of amaranth varies significantly under the effect of the date of sowing. The duration of vegetation of amaranth variety 'Kharkivskiyi-1' shortened from 133 days (sown on April 15) to 99 days (sown on May 5); in 'Atstek', these indicators were 127 and 104 days, respectively. The survival of plants, depending on the variety, increases from 0.70–0.71 when sown on April 15 to 0.83–0.88 when sown on May 5. The yield of dry mass, the content of a biochemical component in the dry biomass of amaranth plants was the highest when sown on April 25. The protein content in grain was the highest when sown on April 15. The optimal date for sowing amaranth is therefore May 5, as it provides the highest yield of protein in the studied varieties (87.6–88.5 kg/ha).

Keywords: *field germination; plant density; protein; green biomass.*

Надійшла / Received 07.10.2022
Погоджено до друку / Accepted 19.10.2022