

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**05.03 – МКР. 2256 «С» 2023.12.12. 006 ПЗ**

**МАЗУРЕНКА БОГДАНА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

**2024 р.**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 631.527:633.17

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного  
факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри генетики, селекції і  
насінництва ім. проф. М.О.  
Зеленського

\_\_\_\_\_ Віталій КОВАЛЕНКО

\_\_\_\_\_ Олександр МАКАРЧУК

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА  
РОБОТА

на тему

«ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ СОРГО (*SORGHUM BICOLOR* L.) У  
СУЧАСНІЙ СЕЛЕКЦІЇ»

Спеціальність

201 «Агрономія»

Освітня програма

Селекція і генетика

сільськогосподарських культур

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми,

к. с.-г. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Макарчук О. С.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к. с.-г. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Макарчук О. С.

Виконав

\_\_\_\_\_ Мазуренко Б. О.

КИЇВ - 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри генетики, селекції і  
насінництва ім. проф. М.О. Зеленського**  
кандидат с.-г. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Олександр МАКАРЧУК  
«27» жовтня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**Мазуренку Богдану Олександровичу**

Спеціальність                    201 «Агрономія»  
Освітня програма                Селекція і генетика сільськогосподарських культур  
Орієнтація освітньої програми                    Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Вихідний матеріал сорго (*Sorghum bicolor* L.) у сучасній селекції» затверджена наказом ректора НУБіП України від 12.12.2023 р. № 2256 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 18.10.2024 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

Сорти та гібриди сорго: Карликове 45, Красень, Степовий, Ярона, Сват, Каршах, Смотрич, Енергодар, Мамонт.

Перелік питань, що підлягають вивченню:

- 1) проаналізувати літературні джерела та визначити основні підходи до відбору цінних форм сорго, як джерел та донорів цінних селекційних ознак;
- 2) розробити схему досліду та методологію оцінки якісних і кількісних ознак різних форм сорго;
- 3) дослідити основні способи отримання нового вихідного матеріалу сорго та провести гібридизацію;
- 4) надати рекомендації селекційній практиці на основі проведених досліджень.

Дата видачі завдання    27.10.2023 р.

Керівник магістерської роботи

Завдання прийняв до виконання

Олександр МАКАРЧУК

Богдан МАЗУРЕНКО

## РЕФЕРАТ

Тема магістерської роботи: «Вихідний матеріал сорго (*Sorghum bicolor* L.) у сучасній селекції».

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 48 сторінках машинописного тексту, включає 9 таблиць, 15 рисунків, чотири розділи, висновки та рекомендації селекційній практиці, список використаної літератури, що містить 33 найменування, з них 15 латиницею, додатки.

В першому розділі описано основні засади формування ознак сорго різних морфотипів та генетичні аспекти цього процесу, а також наведено методику створення нового вихідного матеріалу способом гібридизації.

В другому розділі охарактеризовано умови проведення польових досліджень, наведено вихідні форми та методику їх оцінювання.

В третьому розділі проаналізовано вегетаційні індекси посівів – площу листя, біомасу, цукристість соку стебел сорго та індекси врожаю зерна.

В четвертому розділі проведено кластерний та кореляційний аналіз вегетаційних параметрів у досліджуваних генотипів та надано узагальнення до використання підходу.

Робота завершується висновками та рекомендаціями селекційній практиці.

**БИОМАСА, КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ, КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ,  
СОРГО, УРОЖАЙНІСТЬ, ЦУКРИСТІСТЬ**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ СОРГО ТА ВИКОРИСТАННЯ У СЕЛЕКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	9
1.1. Видове різноманіття сорго .....	9
1.2. Генетичні передумови формування кількісних і якісних ознак .....	11
1.3. Особливості селекції сорго .....	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	17
2.1. Погодні і ґрунтові умови виконання досліджень .....	17
2.2. Схема та методика проведення досліджень .....	18
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЯКІСНИХ ТА КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК РІЗНИХ ФОРМ СОРГО.....	21
3.1. Дати настання та тривалість фенологічних фаз сорго .....	21
3.2. Динаміка площі листкової поверхні .....	23
3.3. Динаміка наростання біомаси сорго .....	25
3.4. Висота рослин та довжина волоті .....	26
3.5. Цукристість сорго .....	28
3.6. Зернова продуктивність.....	29
3.6.1. Урожайність зерна .....	30
3.6.2. Кількість зерен з волоті і маса зерна з рослини.....	31
3.6.3. Маса 1000 насінин.....	33
РОЗДІЛ 4. ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОЦІННИХ ОЗНАК СОРГО.....	34
4.1. Кластерний аналіз параметрів продуктивності сорго, як біологічного виду.....	34

4.2. Кластерний аналіз сорго звичайного, віничний (технічний) морфотип .....	35
4.3. Кластерний аналіз сорго звичайного, зерновий морфотип .....	36
4.4. Кластерний аналіз сорго звичайного, цукровий морфотип .....	37
4.5. Залежності між показниками продуктивності у різних сортів сорго ...	38
ВИСНОВКИ.....	42
РЕКОМЕНДАЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ .....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	44
ДОДАТКИ.....	48

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сорго звичайне є видом, який характеризується великим різноманіттям форм та морфотипів, які можуть використовуватися в різних галузях народного господарства. Зернове сорго є відмінним джерелом крохмалю, що дозволяє його вирощувати в аридних умовах та отримувати продукцію, яка за якістю та кількістю не поступається найкращим сільськогосподарським культурам [3]. Цукрове сорго має високий вміст цукрів в стеблах, формує велику біомасу є невибагливим до умов вирощування. Оскільки сорго є культурою з типом фотосинтезу C<sub>4</sub>, то воно здатне ефективно використовувати доступну вологу та має високу посухостійкість. Особливість геному сорго дозволяє отримувати гібриди між різноманітними морфотипами, які до цього можуть мати прояв гетерозису, що відобразиться на зерновій продуктивності, вмісті цукрів або асиміляції сухої речовини [2].

Підбір батьківських пар для схрещування сорго потребує детальної оцінки кількісних та якісних параметрів сорго. Певні ознаки сорго, такі як скоростиглість, високорослість та фотоперіодична реакція можуть контролюватися декількома генами, що ускладнює їх ідентифікацію. Відомості про початок цвітіння є необхідними для синхронізації цвітіння, оскільки сорго є факультативно перезапильною культурою, яка навіть при синхронному цвітінні двох форм перезапильюється лише до 15 % [1, 4].

Вміст цукру у стеблі не контролюється специфічним геном, а є результатом взаємодії багатьох фізіологічних систем рослини, тому зернові форми з високим вмістом цукрів у стеблах при гібридизації можуть перенести цю властивість нащадкам. Для потреб енергетичного напрямку використання сорти та гібриди з високим вмістом сухих речовин, високою урожайністю біомаси незалежно від місця її акумуляції можуть слугувати сировиною для виробництва біогазу, а кращі форми з соковитим типом стебла та вмістом розчинних цукрів для виробництва етанолу [2, 5, 6].

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Магістерська робота виконувалася в рамках тематичних напрямів кафедри генетики, селекції і

насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Мета дослідження** полягає в оцінці вихідного матеріалу сорго для підбору найкращих форм для створення нового селекційного матеріалу

Щоб досягти поставленої мети досліджень було вирішено наступні **завдання**:

1. проаналізовано літературні джерела та визначено основні підходи до відбору цінних форм сорго, як джерел та донорів цінних селекційних ознак;
2. розроблено схему досліду та методологію оцінки якісних і кількісних ознак різних форм сорго;
3. досліджено основні способи отримання нового вихідного матеріалу сорго та проведено гібридизацію;
4. надано рекомендації селекційній практиці на основі проведених досліджень.

**Об'єкт дослідження**: сорти та гібриди сорго: Карликове 45, Красень, Степовий, Ярона, Сват, Каршах, Смотрич, Енергодар, Мамонт; якісні та кількісні ознаки.

**Предмет дослідження**: особливості формування та успадкування якісних і кількісних ознак сорго.

**Методи досліджень**: використовувалися типові загальні та спеціальні методи досліджень у галузі агрономії. Статистичні: дисперсійний аналіз, порівняльно-розрахунковий, математичного моделювання тощо.

**Цінність отриманих результатів** полягає в описі та дослідженні якісних і кількісних ознак сорго різних морфотипів.

**Апробація результатів дослідження** проведена на підчас Міжнародної онлайн конференції ««Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток»» що проводилася за сприяння НУБіП України, 21-22 листопада 2024 року, м. Київ.

**Публікації**. Результати представлені на постерній конференції та опубліковані у вигляді тез доповіді.

# РОЗДІЛ 1

## ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ СОРГО ТА ВИКОРИСТАННЯ У СЕЛЕКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

### 1.1. Видове різноманіття сорго

Сучасна систематика сорго є значно простішою, оскільки відносить більшість форм та морфотипів сорго до одного виду – *Sorghum bicolor* L., який походить з Африки. В той же час цей вид має багато різних груп генотипів, які відрізняються не лише морфологічними особливостями, але й включеннями чи виключками певних генів, при тому залишаючи здатність до схрещування [7, 30].

Залежно від морфологічних особливостей рослини в Україні виділяють чотири основні групи сорго за використанням: зернове, цукрове, технічне та трав'янисте сорго. Інколи різниця в морфологічних особливостях є номінальною (цукрове і зерно відрізняються висотою рослин), а в інших випадках більш істотною (габітус трав'янистого та зернового сорго) [7]. Напрямок використання обумовлює і основні вимоги до сортового матеріалу [8]:

- Зернове сорго повинно мати високий зерновий індекс у врожаї, мати низький вміст танінів, крупне зерно, що відносно легко вимолочується та добре озернену волоть [9, 18];
- Технічне сорго використовується для виробництва щіток та характеризується щільною та міцною волоттю з довгими та тонкими гілочками;
- Цукрове сорго повинно мати високий вміст цукрів у стеблі, соковитий тип стебла та формувати велику кількість біомаси [21];
- Трав'янистий генотип повинен швидко відростати та мати поліпшений хімічний склад і бути придатним для згодовування тваринам.

Більшість характеристик сорго контролюються за класичними законами Менделя, проте деякі характеристики можуть обумовлюватися наявністю генів в різних хромосомах (наприклад, високорослість контролюється мінімум

4 генами), тому низькорослі рослини мають всі гени високорослості у рецесивному стані [27–29]. Такі рослини при схрещуванні з високорослими будуть продукувати високорослих нащадків у першому поколінні [11, 12]. Морфологічно такі рослини відрізняються лише інтенсивністю росту міжвузлів (див. рис. 1.1).



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд рослин (ліве фото) та стебел (праве фото) сорго на 50 добу вегетації (ліва рослина – цукрове сорго, права рослина – зернове сорго)

Технічні та цукрові генотипи часто мають плівчасте зерно, витягнуту форму зернівки, тоді як зернові напіввідкриті колоскові луски. Загалом в минулому столітті було створено багато класифікацій сорго, одна з яких налічує більше 70 відмінних груп сорго. Зараз в світі використовується проста класифікація De Wet`а яка розподіляє сорго на 5 основних рас [13] та 10 гібридних рас за формою та будовою квітки сорго [25]. Ці основні раси в регіонах походження залишаються стабільними в зв'язку з ізоляцією. Ці раси позначаються відповідними індексами:

- **B – Bicolor** – з видовженим зерном, інколи обернено-яйцеподібної форми, колоскові луски повністю покривають насінину.
- **G – Guinea** – зерно приплюснуте, при дозріванні прокручується на 90° між колосковими лусками, які довші за насінину та привідкриті.
- **C – Caudatum** – зерно симетричне, бік, який розвернути до колоскової луски плаский, або ввігнутий, протилежна сторона випукла. Колоскові луски майже вдвічі коротші ніж зернівка.
- **K – Kafir** – зернівка симетрична, сферична, обгорнуте колосковими лусками різної довжини
- **D – Durra** – зернівка округло-обернено-яйцеподібна, клиноподібна біля основи, ширша від середини до верхівки, колоскові луски дуже широкі часто з поперечною складкою посередині.

Схематично будова колосків і зернівок відображена на рисунку 1.2. Гібридні раси мають проміжний тип успадкування форми зернівки та покриття зернівки колосковими лусками [31, 32].



Рис. 1.2. Раси сорго: зліва направо – Bicolor, Guinea, Caudatum, Kafir, Durra (на основі малюнку Prosea [25], розфарбовано автором)

## 1.2. Генетичні передумови формування кількісних і якісних ознак

Станом на теперішній час ідентифіковано мінімум 35 генів, що контролюють ознаки в сорго [27]. Серед цих генів можна виділити декілька груп: гени, що відповідають за параметри стебла [33], стиглість [26], характеристики колоскових лусок, за чоловічу стерильність, ознаки зерна, біохімічний склад насіння [14], протидію біотичним та абіотичним чинникам.

Культурне сорго (*Sorghum bicolor* L.) є диплоїдним та містить 20 хромосом. Гени, що обумовлюють ознаки сорго можуть знаходитися в різних хромосомах, тому отримати потенційно цінні форми можна за допомогою підбору батьківських пар, що є донорами цих ознак [22–24]. Масає зі співавторами [27] провів детальний аналіз та встановив локалізацію в хромосомах більше 20 генів, що контролюють кількісні та якісні ознаки сорго, тому серед цих генів виділимо найбільш цінні з селекційної точки зору в контексті формування продуктивності рослин, якості та врожаю зерна (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Локалізація та характеристика генів (на основі Масає et al., 2009)

<b>Ген</b>	<b>Властивість</b>	<b>Домінантний / рецесивний</b>	<b>Хромосома</b>
<i>Tb<sub>1</sub></i>	Стебло	кущистість	SB1-01
<i>Sh<sub>1</sub></i>	Осипання насіння	осипання/неосипання	SB1-01
<i>Y</i>	Зерно	Жовтий (rrY-) : білий (--yy)	SB1-01
<i>Ma<sub>3</sub></i>	Стиглість	пізня / рання	SB1-01
<i>B<sub>2</sub></i>	Зерно	сперодерма є : немає	SB1-02
<i>Z</i>	Зерно	Тонкий мезокарп / товстий мезокарп	SB1-02
<i>Ma<sub>5</sub></i>	Стиглість	Фотоперіод чутливий / нечутливий	SB1-02
<i>R</i>	Зерно	Перикарп червоний (при Y)	SB1-03
<i>dw<sub>2</sub></i>	Стебло	Довге: коротке	SB1-06
<i>Ma<sub>1</sub></i>	Стиглість	Пізньостиглий / ранньостиглий	SB1-06
<i>gc</i>	Колоскові луски	Колоскові луски відкриті / закриті	SB1-06
<i>d</i>	Стебло	Сухе / соковите	SB1-06
<i>Lg</i>	Листок	Наявна лігула/ безлігульний та без вушок	SB1-06
<i>P / Q</i>	Колір рослини	Рожевий / коричневий	SB1-06
<i>l</i>	Зерно	Забарвлення перикарпу інтенсивне / звичайне	SB1-07
<i>dw<sub>3</sub></i>	Стебло	Довге / коротке	SB1-07
<i>Sb.Ht9.1</i>	Стебло	Довге / коротке (епістатичний до <i>dw<sub>3</sub></i> )	SB1-09
<i>bm</i>	Листкова піхва	Восковий наліт / відсутній	SB1-10
<i>wx</i>	Ендосперм	Борошнистий / восковидний	SB1-10
<i>Ma<sub>4</sub></i>	Стиглість	Пізньостигла / ранньостигла	SB1-10

Все морфотипове різноманіття сорго пов'язане з комбінацією певних ознак, які часто є незалежними – високорослість, соковитість стебла, параметри насіння, тощо. Отже, зернове сорго може вільно схрещуватися з цукровим та віничним, оскільки вони є лише морфотипами, які входять до складу виду сорго звичайне.

При оцінці наведених даних таблиці 1.1 можна зробити висновок, що найбільш цінні ознаки можуть бути локалізовані в одній хромосомі, що робить процес отримання бажаного сорту складним, оскільки у вихідних формах можуть не поєднуватися необхідні ознаки, тому потрібно буде проводити добір на пошук нетипових форм, де проходив кросинговер і відбувалися зміни у генах окремих хромосом.

Селекція рослин за морфотипами зробила процес добру складнішим, оскільки морфотипи володіють певним набором цінних ознак [19]. Наприклад зерновий морфотип має крупне насіння з відкритими колосковими лусками, сухим стеблом та є низькорослим. Цукрове сорго зазвичай має соковите стебло, є високорослим, але якість зерна гірша, ніж в зернового морфотипу. Подібна ситуація з технічним сорго, де цінною є волоть, а рослини є високорослими. З іншої сторони перспективним у селекції технічного сорго є зменшення його висоти без впливу на довжину волоті.

Перед підбором батьківських пар для схрещування слід визначитися з оптимальною моделлю сорту для різних напрямів використання.

Для виробничого використання сорго важливі не лише основні характеристики, але і додаткові, що обумовлюють стійкість до тих чи інших шкідливих організмів. Для енергетичних цілей необхідно, щоб фенотип рослини відповідав таким параметрам [15]:

- товсте соковите стебло;
- опціонально: кущистість – для гібридів і сортів для виробництва біогазу;
- чутливість до фотоперіоду: пізньостиглість, в ідеалі – відсутність волоті для максимізації вмісту цукрів у стеблі [33];
- стійкість до абіотичних стресів;

- листок без лігули – для максимізації площі листя;
- Стійкість до листкових хвороб та сажки.

Характеристики насіння для біоенергетичних цілей неважливі, бо основною продукцією є стебла [16, 17]. Гени, що контролюють характеристики зерна мають вплив на формування ознак рослини загалом.

Отже з огляду на бажаний фенотип рослини можна підібрати необхідні генотипи. Слід відмітити, що для біоенергетичних цілей необхідні генотипи з різними параметрами залежно від використання (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

Модель сорту сорго для біоенергетичного використання

Орган	Характеристика	Ген	Генотип моделі	
			Етанол	Біогаз та універсальне використання
Стебло	кущистість	<i>Tb<sub>1</sub></i>	<i>tb<sub>1</sub> tb<sub>1</sub></i> не кущиться	<i>Tb<sub>1</sub> Tb<sub>1</sub></i> кущиться
	довжина	<i>dw<sub>2</sub></i>	<i>Dw<sub>2</sub> Dw<sub>2</sub></i> довге	<i>Dw<sub>2</sub> Dw<sub>2</sub></i> довге
	довжина	<i>dw<sub>3</sub></i>	<i>Dw<sub>3</sub> Dw<sub>3</sub></i> довге	<i>Dw<sub>3</sub> Dw<sub>3</sub></i> довге
	довжина	<i>Sb.Ht9.1</i>	<i>Sb.Ht9.1</i> <i>Sb.Ht9.1</i> довге	<i>Sb.Ht9.1</i> <i>Sb.Ht9.1</i> довге
	соковитість	<i>d</i>	<i>d</i> соковите стебло	<i>D D</i> або <i>dd</i> сухе або соковите стебло
Фізіологічні параметри (впливає на тривалість синтезу біомаси)	Скоростиглість	<i>Ma<sub>3</sub></i>	<i>Ma<sub>3</sub> Ma<sub>3</sub></i> пізньостиглий	<i>Ma<sub>3</sub> Ma<sub>3</sub></i> пізньостиглий
	Чутливість до фотоперіоду (у дом/ – потребує короткого світлового дня)	<i>Ma<sub>5</sub></i>	<i>Ma<sub>5</sub> Ma<sub>5</sub></i> чутливий до фотоперіоду, волоть форм/ пізно	<i>Ma<sub>5</sub> Ma<sub>5</sub></i> або <i>ma<sub>5</sub> ma<sub>5</sub></i> чутливий або нечутливий до фотоперіоду
	Скоростиглість	<i>Ma<sub>1</sub></i>	<i>Ma<sub>1</sub> Ma<sub>1</sub></i> пізньостиглий	<i>Ma<sub>1</sub> Ma<sub>1</sub></i> пізньостиглий
	Скоростиглість	<i>Ma<sub>4</sub></i>	<i>Ma<sub>4</sub> Ma<sub>4</sub></i> пізньостиглий	<i>Ma<sub>4</sub> Ma<sub>4</sub></i> пізньостиглий

Для виробництва етанолу необхідний високий вміст цукрів та товсте стебло, а для сортів універсального напряму використання та виробництва біогазу придатні також генотипи, що можуть кушитися та формують більше пагонів, хоч і тонших. Відповідно до цих характеристик пропонується дві моделі сорту залежно від цілей.

За результатами узагальнення Маре (2010) характеристика stay-green обумовлює більшу продуктивність рослини. Ця характеристика може обумовлюватися генами *Pla*, *opr*, *bmr<sub>12</sub>*, *Rs<sub>2</sub>*, тому, якщо вихідні форми є носіями цих генів, то вони є бажаними в генотипі.

Отже, для біоенергетичних цілей на перше місце виходить продуктивність біомаси, яка залежить від довжини стебла, скоростиглості, кущистості рослин, а чинник соковитості важливий для екстракції соку з рослин сорго.

### **1.3. Особливості селекції сорго**

Для створення гібридного насіння сорго в промислових масштабах використовують чоловічостерильні аналоги та відновлювачів стерильності, але для створення нового селекційного матеріалу використовують класичну гібридизацію, коли обидві батьківські форми є фертильними.

Потреба у насіння на цьому етапі є невеликою, тому більшу частину волоті видаляють залишаючи лише необхідну кількість квіток, а потім видаляють пиляки на материнській рослині та ізолюють волоть.

Якщо в якості вихідного матеріалу використовувалися гомозиготні рослини, то потомство матиме однаковий фенотип, тому перше вибракування рослин будуть проводити у другому поколінні. Для нормального добору в другому поколінні потрібно мати хоча б 300 рослин, а в третьому мінімум 100, щоб охопити більше варіацій зміни і комбінації ознак. В наступних поколіннях кількість рослин в яких проводять добори можна обмежити 30–50 екземплярами, а урожайність сорго починають обліковувати з 4 покоління [23–27].

Оскільки сорго є перехреснозапильною культурою лише факультативно, то на материнській рослині необхідно видалити всі пиляки. Для цього кастрацію проводять вручну, або використовують водяну пару, яка робить пиляки стерильними [32].

При ручній кастрації в кожній волоті залишають 30–50 квіток в яких видаляють пиляки. Проводити кастрацію слід за 3–5 діб до початку нормального цвітіння, бо дуже великий розрив може викликати абортацію квіток або загибелі волоті.

Для стерилізації пиляків без їх видалення можна використовувати змочування волоті у теплій воді (температура близько 42 °C) з експозицією 10 хвилин. За такого методу більшість пиляків стають стерильними, але частина може зберігати свою життєздатність. У випадку часткового самозапилення такі рослини можна вибракувати в першому поколінні, оскільки у них будуть лише ознаки вихідної форми (материнської).

Ізоляція волотей в пластикових пакетах дозволяє збільшити вологість всередині таким чином попереджатиме запліднення в покритій волоті.

В будь якого випадку схрещування слід проводити при першій можливості і дозріванні генеративних органів квіток. За потреби запилення проводять повторно в наступний день, але ймовірність запилення суттєво падає.

Після початку формування насіння пакети залишають на волоті та роблять помітки за необхідності.

Насіння з кожної волоті збирають окремо і відповідно маркують. На наступний рік насіння висівають і проводять добори. Якщо схрещували гомозиготні форми, то видаляють нетипові рослини, якщо схрещувалися гетерозиготні, то починають проводити добори вже у першому поколінні.

## РОЗДІЛ 2.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Полові дослідження проводилися в 2024 році в стаціонарному досліді кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського в ВП НУБіП України Агрономічна дослідна станція.

#### 2.1. Погодні і ґрунтові умови виконання досліджень

Сорго є культурою теплолюбною та посухостійкою, а в умовах України крайніми пізніми строками сівби є друга декада червня, оскільки пізніші є загроза завершення вегетації до дозрівання врожаю.

Температурний режим 2024 року (рис. 2.1) характеризувався вищими середньомісячними температурами в період вегетації сорго (червень-вересень), а в жовтні вже відповідали багаторічним значенням. В літні місяці температура повітря була на 2,6–4,0 °С вищою, ніж багаторічне значення, що позитивно впливало б на вегетації сорго.

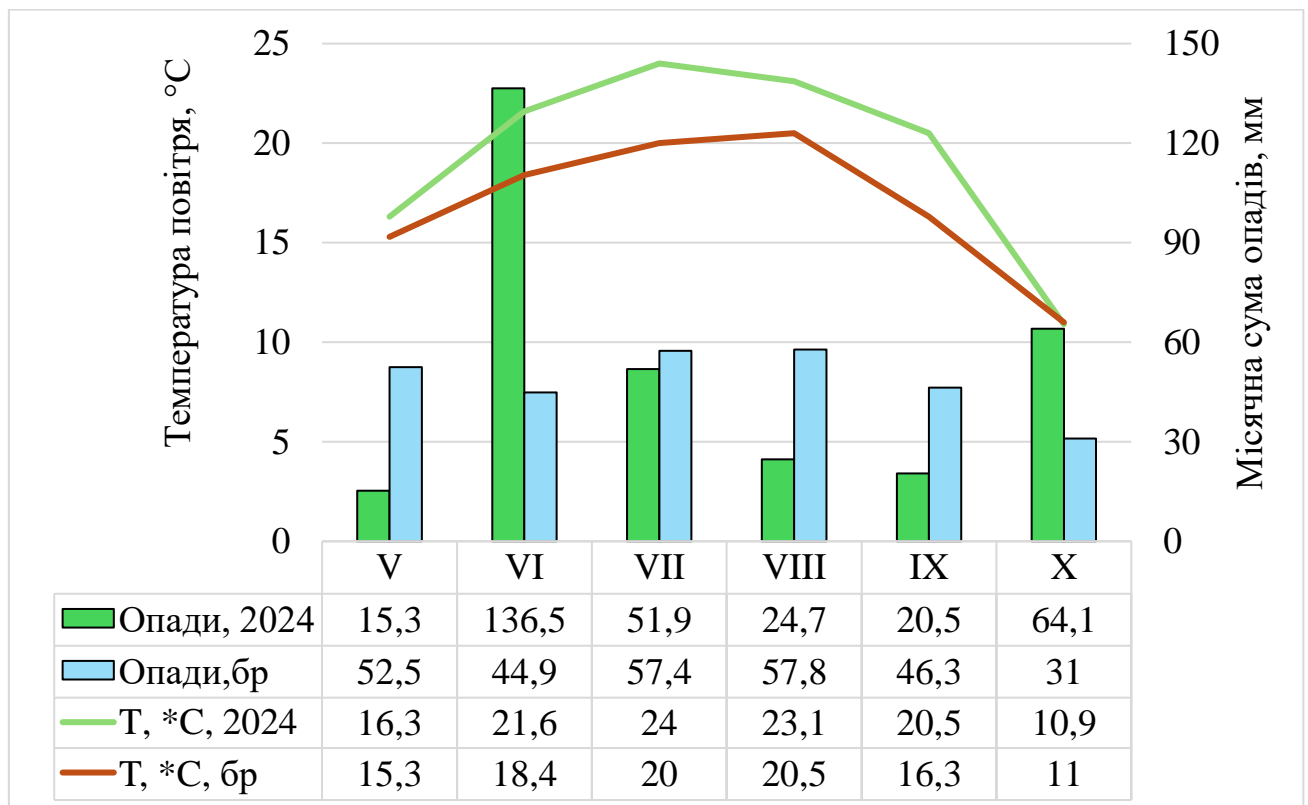


Рис. 2.1. Середньомісячні показник температури повітря та опадів в 2024 році порівняно з багаторічними значеннями

В той же час більшість свого періоду вегетації в посівах сорго надходила суттєво менша кількість опадів, ніж зазвичай. Лише в червні випало надмірно більше опадів – 136,5 мм (багаторічне значення 44,9 мм), в липні це значення було в межах норми, а в серпні та вересні в середньому їх було на 30 мм менше.

Основним типом ґрунту на дослідних полях є чорнозем типовий малогумусний карбонатного, крупнопилувато-середньосуглинкового складу на лесовидному суглинку. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,38-4,53 %, легкогідролізованого азоту –  $11 \pm 0,4$  мг на 100 г ґрунту, обмінного калію –  $9,8 \pm 0,7$  мг на 100 г, рухомого фосфору – 6,3-6,5 мг на 100 г. Ємність поглинання становить 31,9-32,0 мг еквівалентів на 100 г ґрунту, а глибина залягання ґрунтових вод від 2 м.

## 2.2. Схема та методика проведення досліджень

Оцінку вихідного матеріалу сорго проводили на зразках наданих українськими дослідними установами: Інститутом біоенергетичних культур, ДУ Інститут зернового господарства, НБС ім. М.М. Гришка НАН України (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

### Схема досліджень вихідного матеріалу сорго

№	Варіант	Морфотип	Походження
1	Карликове 45	сорго віникове	сорт
2	Красень	сорго віникове	сорт
3	Степовий	сорго зернове	гібрид
4	Ярона	сорго зернове	сорт
5	Сват	сорго зернове	гібрид
6	Каршах	сорго зернове	гібрид
7	Смотрич	сорго зернове	сорт
8	Енергодар	сорго цукрове	сорт
9	Мамонт	сорго цукрове	гібрид

Попередником сорго була пшениця озима. Після збору попередника проводили лущення стерні та оранку на глибину 22–24 см. В основне удобрення вносили 300 кг/га діаміфоски  $N_{30}P_{78}K_{78}$ .

Кожен сорт висівали вручну на глибину 4 см з міжряддям 70 см та нормою висіву 90 тис. схожих насінин/га. Конфігурація ділянок типова для дослідів такого виду – 4 рядки довжиною 7 м (площа ділянки 19,6 м), відбір та облік рослин проводився у двох центральних рядках.

Насіння висівали непротруєним, засоби захисту рослин не застосовувалися. В посівах проводилося 2 видові прополки (у фазу сходів та фазу 5 листків).

### **Основні обліки та спостереження:**

1. Спостереження за ростом та розвитком рослин.
2. Ідентифікація ознак рослин сорго за класифікатором.
3. Відбір зразків на біомасу на 75, 90 і 120 добу вегетації (фаза повної стиглості).
4. Площу листя визначали розрахунковим методом опираючись на відомі коефіцієнти для сортів сорго на 75, 90 і 120 добу вегетації.
5. Відбір зразків на вміст цукру в стеблі на 90 вегетації. Вміст цукру визначали рефрактометром, всі значення подані у шкалі Brix.
6. Висоту рослин сорго, довжину стебла та волоті визначали у фазу цвітіння (90 доба).
7. Урожайність зерна та показники структури врожаю сорго (кількість зернівок з волоті, рослини, масу 1000 насінин, масу зерна з рослини) визначали розрахунковим способом при оцінці середніх значень з 10 рослин кожного сорту.

При обліку показників зернової продуктивності визначали вологість і наводили дані в перерахунку на вологість 14 %. Біомаса на 75, 90 та 120 добу наведена в стані «як є».

Статистичний аналіз проводили за декількома підходами:

1. Проводили дисперсійний аналіз всіх характеристик
2. Множинне порівняння варіантів проводили за допомогою програмного забезпечення R з застосуванням пакету аналізу Tukey`s HSD<sub>05</sub>.
3. Для кожного параметру розраховували найменшу істотну різницю НІР<sub>05</sub>

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА ЯКІСНИХ ТА КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК РІЗНИХ ФОРМ СОРГО

#### 3.1. Дати настання та тривалість фенологічних фаз сорго

Сівбу сорго проводили 1 червня на дослідних ділянках стаціонарного досліду. В зв'язку з високими середньодобовими температурами та достатньою кількістю опадів в посівному шарі сходи отримали 6 червня. Залежно від мети вирощування для вихідного матеріалу ставляться різні вимоги. Для отримання зерна тривалість періоду від появи сходів до викидання волотів повинна бути коротшою, ніж для рослин, що мають біоенергетичний напрям використання (як цукрове сорго). Більша тривалість цього періоду дозволяє сформувати вищий потенціал продуктивності, оскільки кількість листків на рослині є основною причиною пізньої появи волоті.

При оцінці тривалості періоду «сходи – цвітіння» досліджувані сорти та гібриди характеризувалися невеликим розмахом – 12 діб між раннім і пізнім цвітінням (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Дати настання основних фенологічних фаз та тривалість міжфазних періодів сорго

Сорт	Фенологічна фаза					Тривалість сходи-цвітіння	Тривалість сходи-тверде зерно
	Сходи	Викидання волоті	Цвітіння	М'яке зерно	Тверде зерно		
Карликове 45	6.06	15.08	19.08	10.09	24.09	74	110
Красень	6.06	21.08	26.08	14.09	22.09	81	108
Степовий	6.06	19.08	25.08	15.09	25.09	80	111
Ярона	6.06	23.08	27.08	14.09	27.09	82	113
Сват	6.06	19.08	21.08	14.09	29.09	75	115
Каршах	6.06	27.08	31.08	19.09	27.09	86	113
Смотрич	6.06	17.08	21.08	12.09	27.09	75	113
Енергодар	6.06	17.08	22.08	09.09	21.09	77	107
Мамонт	6.06	19.08	27.08	14.09	29.09	82	115

Морфотип сорго не відігравав суттєвої ролі у тривалості вегетативного періоду розвитку. Найменший час для початку цвітіння був необхідний сорту сорго віничного Карликове 45 – 74 доби, тоді як найбільше часу потребувалося зерновому сорго Каршах – 86 діб. Фаза цвітіння у сорго цукрового вказує на припинення росту рослин у висоту та переходу до інтенсивного накопичення цукрів у рослині. Сорт Енергодар потребував 77 діб вегетації для переходу до фази цвітіння, а гібрид Мамонт – 82 доби.

Відмінності у формування габітусу рослин можна спостерігати на початку цвітіння у ранньостиглих сортів на 75 добу вегетації (рис 3.1).



Рис. 3.1. Стан рослин на 75 добу вегетації (21.08.2024)

Скоростиглість досліджуваних вихідних форм також перебувала в вузькому діапазоні. Для досягнення фази «тверде зерно» найменше часу знадобилося сорту Енергодар, що пов'язано з особливостями будови насіння (плівчасте зерно, низька маса 1000 насінин) – 107 діб, та сорго віничному сортам Красень та Карликове 45 (відповідно 108 і 110 діб). В сортів та гібридів зернової групи тривалість вегетації від сходів до формування твердого зерна становила від 111 до 115 діб.

Оскільки всі досліджувані вихідні форми за типового строку сівби мало відрізняються за тривалістю періоду «сходи – тверде зерно» їх можна розглядати в межах однієї групи стиглості. Слід відмітити, що суттєва різниця у датах настання фази цвітіння може в подальшому обумовити незручності, тому строки сівби потрібно буде змінювати для кожного сорту, щоб

синхронізувати цвітіння. Великий розрив у цвітінні між сортами може призвести до зміни певних фізіологічних та біохімічних параметрів продукції, навіть при приналежності до одного морфотипу.

Слід відмітити, що вегетація сорго не завершується після досягнення фази «твердого зерна», тому рослини продовжують асимілювати сухі речовини, формувати нові волоті та зерно в допоміжних волотях.

### **3.2. Динаміка площі листкової поверхні**

Площа листкового апарату відіграє визначальну роль у накопиченні сухої речовини рослинами сорго. Слід відмітити, що при значній різниці у висоті сорго цукрового та зернового морфотипу площа листя може різнитися несуттєво, що пов'язано з кількістю листків та вузлів, які зазвичай майже однакові. Слід відмітити, що збільшення висоти рослин цукрового сорго пов'язане зі збільшенням довжини міжвузлів, тоді як форма листків залишається такою. Ефективність фотосинтезу може підвищуватися, оскільки більша частка листка у цукрових морфотипів освітлюється, тоді як в короткостебельних відбувається перекриття.

На початкових етапах розвитку різниця між морфотипами є мінімальною, але після індукції росту стебла проявляються перші відмінності.

Ріст листків та стебла перед викиданням волоті тимчасово сповільнюється, а після початку цвітіння досягає свого максимуму. У сорго після початку цвітіння основної волоті може продовжуватися процес кушіння та гілкування тому площа листя може тривалий час підтримуватися на високих показниках. Достигання насіння на одній з волотей не призводить до загибелі рослини чи відмирання пагону, тому високий показник площі листя залишається навіть при збиранні рослин.

Для оцінки збереження листкового потенціалу ми визначали площу листя у три фази (таблиця 3.2):

- 75 доба – викидання волоті – початок цвітіння (сформовані всі листки)
- 90 доба – цвітіння – формування насіння (розвиток бічних пагонів)

•120 доба – повна стиглість насіння на основній волоті (активна асиміляція сухих речовин в бічних волотях)

Таблиця 3.2

**Площа листового апарату сорго на початку цвітіння**

Сорт	Площа листя, тис. м <sup>2</sup> /га		
	75 доба вегетації	90 доба вегетації	120 доба вегетації
Карликове 45	55,6 <b>b</b>	52,7 <b>a</b>	48,4 <b>a</b>
Красень	51,6 <b>a</b>	54,1	50,2 <b>ab</b>
Степовий	52,1 <b>a</b>	56,4	51,5 <b>b</b>
Ярона	45,4	52,5 <b>a</b>	48,4 <b>a</b>
Сват	60,7 <b>c</b>	65,1	54,4 <b>c</b>
Каршах	56,8 <b>b</b>	69,4	57,9 <b>d</b>
Смотрич	35,9	46,3	42,9
Енергодар	58,5 <b>bc</b>	61,2	51,7 <b>b</b>
Мамонт	48,5	59,4	55,9 <b>cd</b>
<b>Середнє по досліді</b>	<b>51,7</b>	<b>57,5</b>	<b>51,3</b>
НІР <sub>05</sub>	1,78	0,8	1,3

Примітка: Однакові індекси біля значень в колонках вказують на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD<sub>05</sub>.

На 75 добу вегетації найбільший показник площі листового апарату був у сорту Сват – 60,7 тис. м<sup>2</sup>/га, а в одній групі з ним знаходився сорт цукрового сорго Енергодар. Найменше значення площі листя в цю фазу було у сорту Смотрич – 35,9 тис. м<sup>2</sup>/га. Середнє значення площі листя в досліді становило 51,7 тис. м<sup>2</sup>/га.

Площа листового апарату на 90 добу суттєво збільшувалася. Майже всі досліджувані форми сорго суттєво різнилися між собою. Найбільша площа листя формувалася у сорту зернового сорго Каршах – 69,4 тис. м<sup>2</sup>/га, тоді як

мінімальна 46,3 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Смотрич. Цукровий морфотип формував 59,4–61,2 тис. м<sup>2</sup>/га листя, технічний – 52,7–54,1 тис. м<sup>2</sup>/га, тоді як в зернового цей показник варіював в межах 46,3–69,4 тис. м<sup>2</sup>/га.

На 120 добу площа листового апарату у всіх форм зменшилася та становила 51,3 тис. м<sup>2</sup>/га в середньому по досліді. Найбільший показник серед досліджуваних генотипів був у сорту Каршах – 57,9 тис. м<sup>2</sup>/га, а цукрове сорго Мамонт було в одній групі подібності.

### 3.3. Динаміка наростання біомаси сорго

Біомаса сорго мала тенденцію до істотного зростання в період з 75 до 90 доби, а в подальшому цей процес сповільнювався (таблиця 3.2).

Таблиця 3.3

#### Біомаса сорго на початку цвітіння

Сорт/гібрид	Надземна біомаса сорго, т/га		
	75 доба вегетації	90 доба вегетації	120 доба вегетації
Карликове 45	23,7 <b>bc</b>	29,2 <b>a</b>	30,1 <b>ab</b>
Красень	24,7 <b>c</b>	34,1 <b>bc</b>	36,0 <b>c</b>
Степовий	21,5 <b>ab</b>	25,7	27,1 <b>a</b>
Ярона	20,3 <b>a</b>	32,4 <b>bc</b>	37,5 <b>c</b>
Сват	24,5 <b>c</b>	29,2 <b>a</b>	31,1 <b>b</b>
Каршах	28,1	31,1 <b>ab</b>	32,2 <b>b</b>
Смотрич	25,0 <b>c</b>	35,0 <b>c</b>	36,3 <b>c</b>
Енергодар	51,6	55,6	57,5
Мамонт	39,1	40,6	43,8
<b>Середнє по досліді</b>	<b>28,7</b>	<b>34,8</b>	<b>36,8</b>
НІР <sub>05</sub>	1,5	1,7	1,8

Примітка: Однакові індекси біля значень в колонках вказують на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD<sub>05</sub>.

Біомаса сорго на 75 добу вегетації в середньому по досліді становила 28,7 т/га (сиря біомаса). Найбільші показники біомаси були у сорту сорго цукрового Енергодар – 51,6 т/га, а в сорту Мамонт – 39,1 т/га. В сорго

віничного морфотипу біомаса суттєво не різнилася по сортам 23,7–24,7 т/га, тоді як в зернового цей показник варіював від 20,3 до 28,1 т/га. В межах цього морфотипу сорти Ярона та Степовий формували найменше біомаси – 20,3–21,5 т/га, тоді як Сват і Смотрич були в іншій групі подібності з біомасою 24,5–25,0 т/га, а Каршах формував 28,1 т/га.

На 90 добу вегетації приріст біомаси в середньому становив 6,1 т/га порівняно з попереднім обліком. Цукровий морфотип залишався лідером за біомасою: 55,6 т/га у сорту Енергодар та 40,6 т/га у гібриду Мамонт. Серед технічного морфотипу сорт Красень суттєво випереджав Карликове 45 (34,1 т/га проти 29,2 т/га). Найменшу біомасу на 90 добу вегетації акумулював сорт Степовий – 25,7 т/га, тоді як Сват, Каршах та Ярона мали дуже тісні показники 29,2–32,4 т/га. Сорт Смотрич формував 35,0 т/га біомаси, що суттєво більше ніж в інших зернових сортів і гібридів.

На 120 добу вегетації ситуація мало в чому змінилася, але середня біомаса вже становила 36,8 т/га. Основна відмінність полягала в тому, що сорт Ярона почав формувати бічні гілки, тому його біомаса зросла до 37,5 т/га, тоді як в решти сортів зернового морфотипу він змінювався лише на декілька тон з 1 гектару. Максимальна біомаса формувалася у сорту Енергодар – 57,5 т/га, тоді як в сорту Мамонт – 43,8 т/га.

#### **3.4. Висота рослин та довжина волоті**

Висота рослин для зернового морфотипу є важливою з точки зору зручності збирання врожаю. Чим нижчі рослини, тим зручніше буде збирати сорго, оскільки жатку потрібно піднімати майже на всю довжину стебла. В той же час довжина волоті є важливою характеристикою для технічного сорго, оскільки якість щіток залежить від довжини окремих гілочок, які формують волоть. В наших дослідженнях довжина волоті (від місця кріплення першої гілочки до останньої зернівки) більшості форм сорго перебувала в межах 21–34 см, а суттєва відмінність була лише у технічних генотипів: У сорту Карликове 45 вона становила 46 см, а в Красень – 41 см (рис. 3.2).

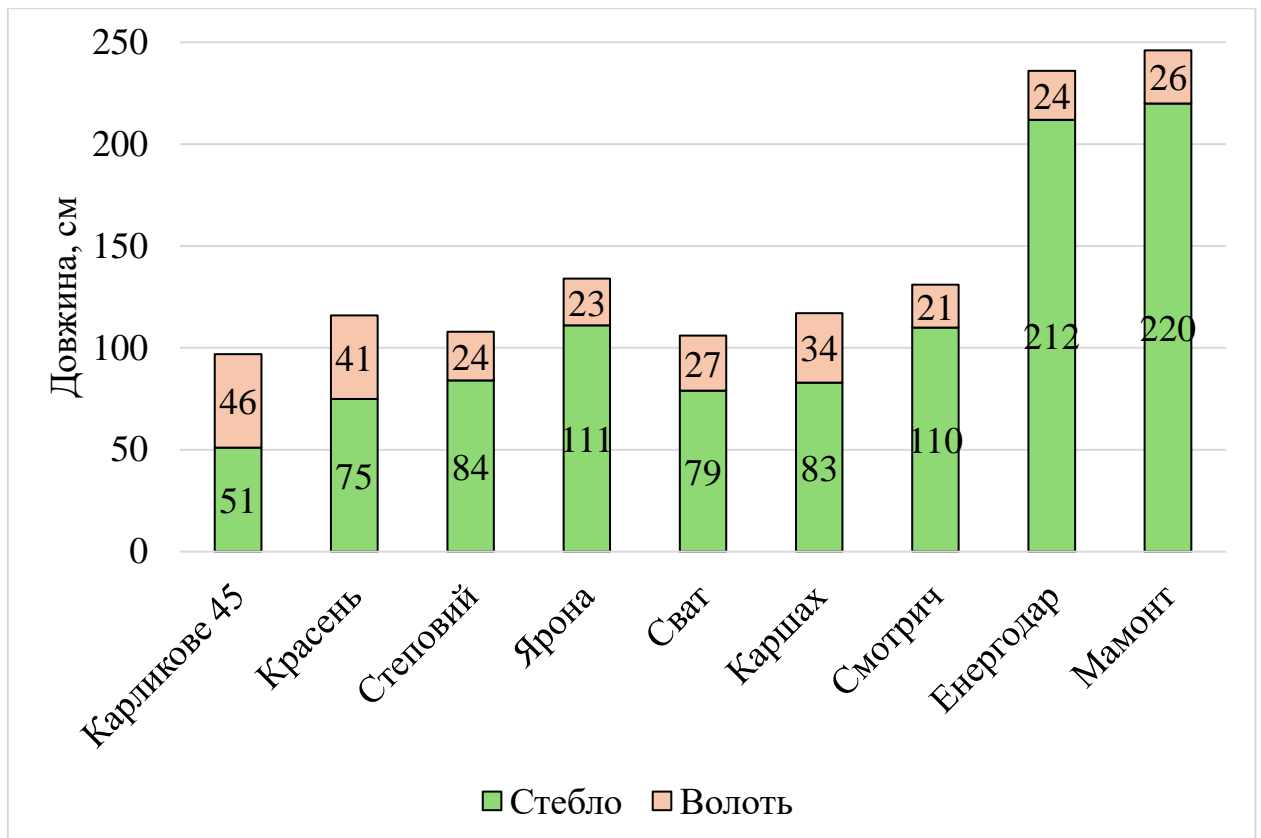


Рис. 3.2. Довжина волоті та стебла сорго у фазу цвітіння

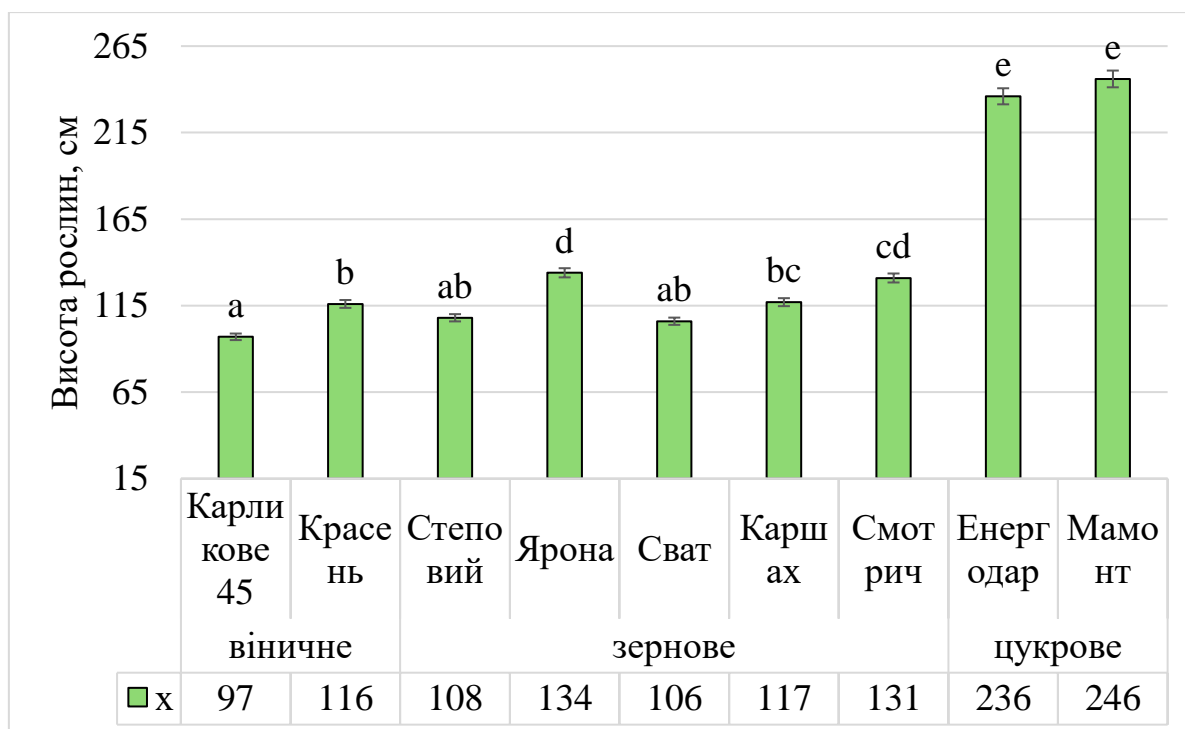
Довжина стебла в цукрових морфотипів часто корелює з біомасою та збором цукру з гектара, але окрім довжини на ці параметри впливає вміст цукру, товщина стебла та цукристість соку сорго.

Встановлено, що у фазу цвітіння довжина стебла сорго цукрового сорту Енергодар становила 212 см, а гібриду Мамонт – 220 см, тоді як в сортів зернового морфотипу 79–111 см, а технічного – 51–75 см.

Укорочення стебла в зернового морфотипу дозволяє використовувати більше сухої речовини для формування зернової частини врожаю, тоді як в цукрового стебло виконує функцію акумуляції соку з високим вмістом сахарози. З огляду на це підходи до селекції сорго та підбору батьківських пар будуть залежати від мети та напряму використання морфотипу.

За загальною висотою стебла можна виділити 5 груп подібності (рис. 3.3.). Найвищими були рослини сортів сорго цукрового Енергодар (236 см) та гібриду Мамонт (246 см). Серед зернового морфотипу найвищими були Ярона (134 см) та Смотрич (131 см). Несуттєво нижчим за Смотрича був сорт Каршах

(117 см). Всі решта сортів знаходилися в двох групах подібності. Найнижчим було сорго технічне – Карликове 45 з висотою 97 см.

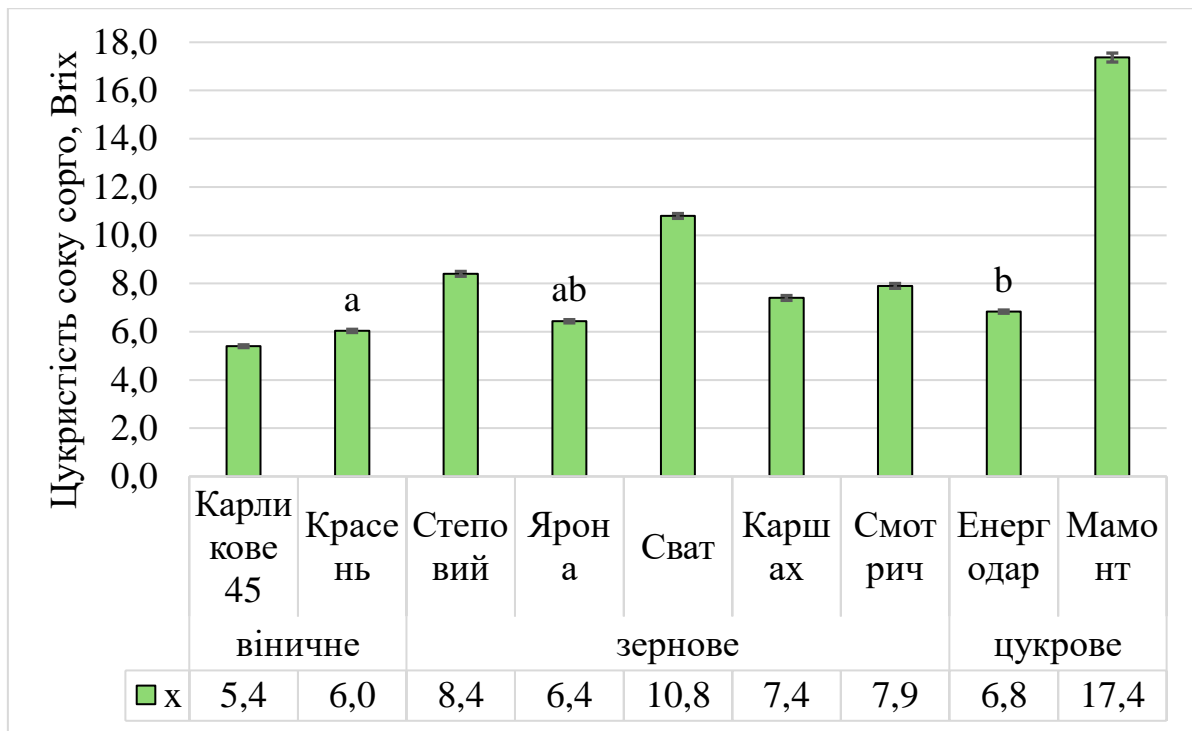


Примітка.  $HP_{05} = 9$  см. Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD $_{05}$ .

Рис. 3.3. Висота рослин сорго у фазу цвітіння

### 3.5. Цукристість сорго

Вміст цукрів у сорго не контролюється якимись специфічними генами, тому батьківські форми для схрещування цього показника слід підбирати на вмістом його у клітинному соці стебла у фазу цвітіння та до молочної стиглості, поки цукри не почати відтікати до суцвіть і трансформуватися у крохмаль. Морфотип сорго мало впливає на вміст цукрів у соці (рис. 3.4). Найбільший показник цукристості був у рослин сорго цукрового Мамонт – 17,4 Вгіх, тоді як на другому місці зі значенням 10,8 Вгіх сорт зернового сорго Сват.



Примітка.  $HP_{05} = 0,3\%$ . Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD<sub>05</sub>.

Рис. 3.4. Вміст цукрів у соці з стебел сорго, Brix

Вміст цукрів у соці в сорту Енергодар становив 6,8 Brix проте велика біомаса посівів та сприятливий для переробки морфотип дозволить отримати достатню кількість цукрового сиропу, тоді як в інших морфотипів реальний вихід цукру буде меншим.

Високоцукристі сорти та гібриди з невеликою довжиною стебла гіпотетично можуть передати цінні ознаки, які будуть впливати на цукристість соку у високорослих гібридів (високорослість є доміантною ознакою).

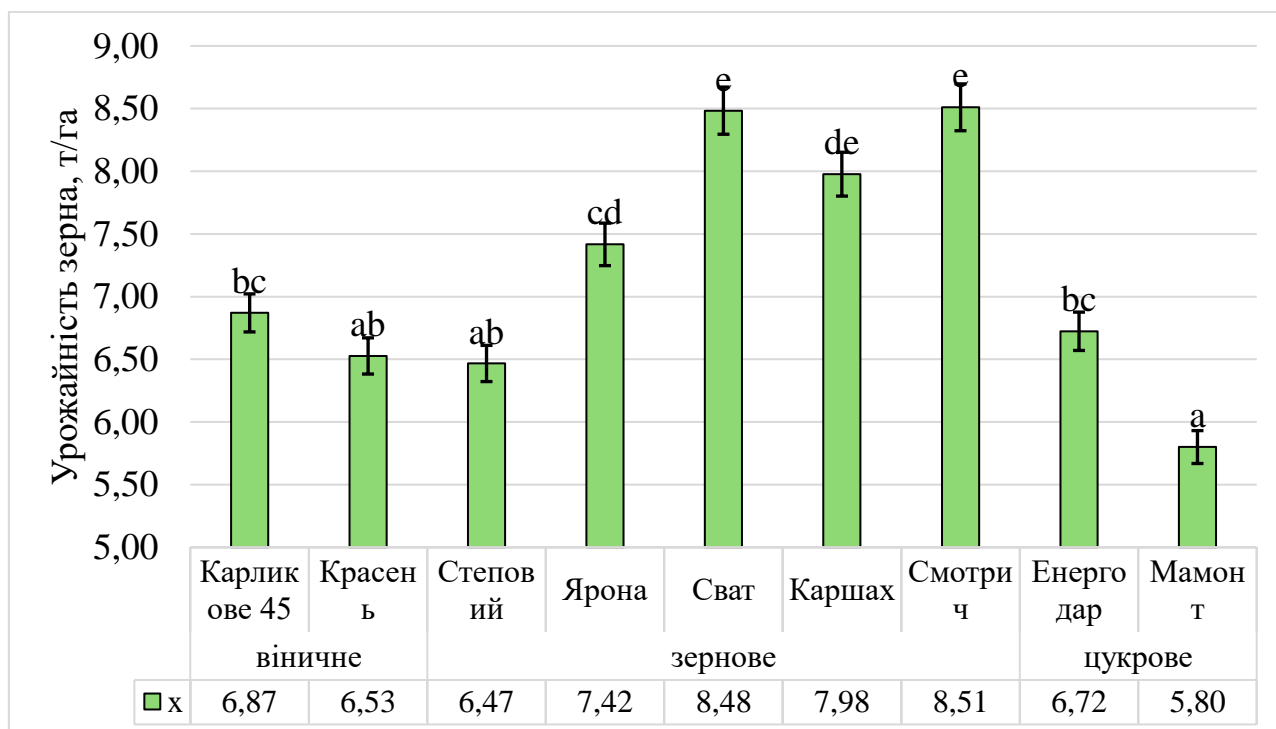
### 3.6. Зернова продуктивність

Загалом показники зернової продуктивності часто є оберненими до висоти рослини та біомаси стебла. Для формування зерна рослини сорго перенаправляють запаси простих вуглеводнів з стебел у волоті і трансформують їх у крохмаль зерна, тому вміст цукрів та їх вихід з одиниці площі може зменшуватися. Очевидно, що зернові морфотипи мають всі

підстави для формування високих врожаїв та оптимальне співвідношення основної (зерно) та побічної (листочестельна маса) продукції.

### 3.6.1. Урожайність зерна

Найнижча урожайність серед зернового морфотипу була у сорту Степовий – 6,47 т/га, що було несуттєво нижче, ніж у віничного Красеню (6,53 т/га) та Карликового 45. І на також займав проміжне місце за урожайністю між двома формами цукрового сорго – Энергодар (6,72 т/га) і Мамонт (5,80 т/га). Слід відмітити, що якість зерна сорту Смотрич за комплексом характеристик буде вищою, ніж в перелічених сортів, оскільки його зерно не плівчасте.



Примітка.  $HP_{05} = 0,46$  т/га. Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey's HSD<sub>05</sub>.

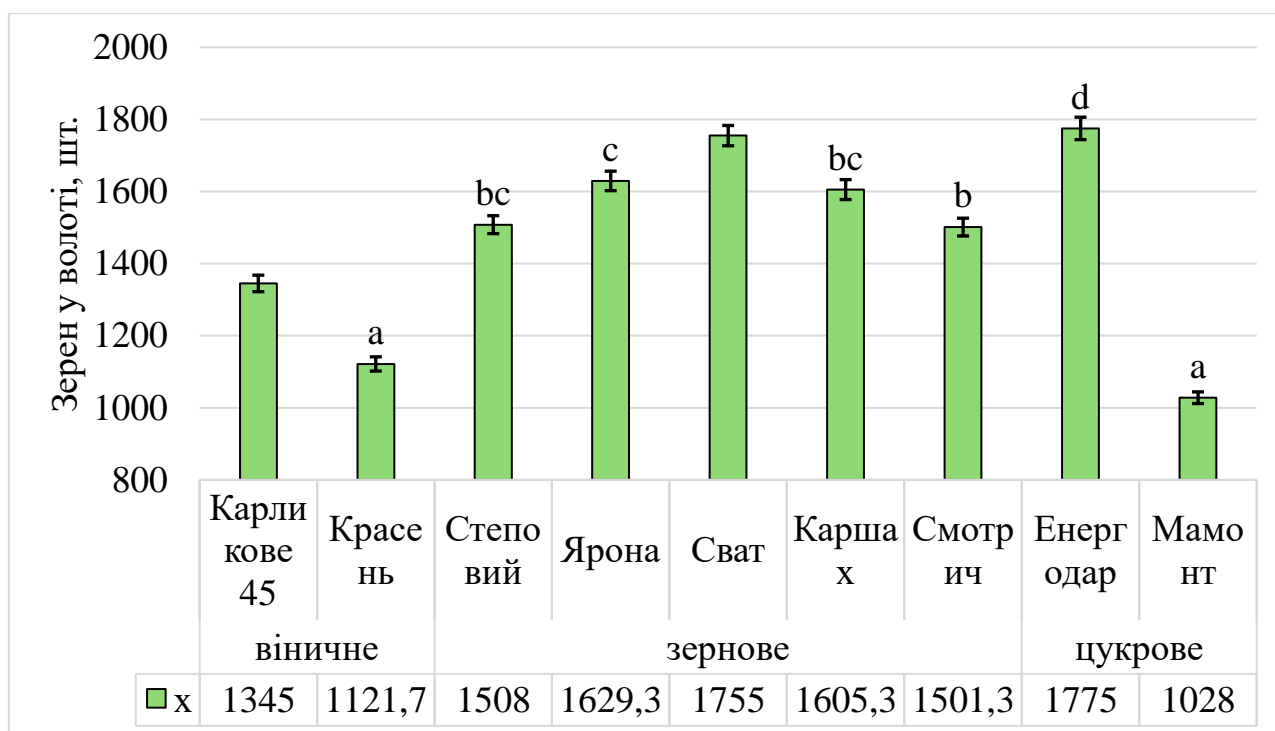
Рис. 3.5. Урожайність зерна сорго, т/га

Зерно цукрового сорго та технічного (віничного) сорго придатне для кормових цілей і виробництву комбікормів, а для виробництва крохмалю є менш ефективним.

Серед зернового морфотипу найвищу урожайність зерна була в сортів Сват та Смотрич – 8,48 і 8,51 т/га. Несуттєво менша урожайність була у сорту Каршах – 7,98 т/га. Сорт Ярона формував суттєво менше зерна, ніж найкращі зернові сорти, але несуттєво менше, ніж Каршах – 7,42 т/га.

### 3.6.2. Кількість зерен з волоті і маса зерна з рослини

Кількість зерне в волоті є важливим показником зернової продуктивності сорго. За оптимальних умов в одній волоті може сформуватися близько 1,5 тисяч насінин, а за надлишку ресурсів рослини формують додаткові волоті в бічних пагонах, або як відгалуження основного. Найбільше зернівок в волоті формувалося у сорту Енергодар – 1775 шт. (рис. 3.6), тоді як в гібриду Мамонт найменше (1028 шт.).



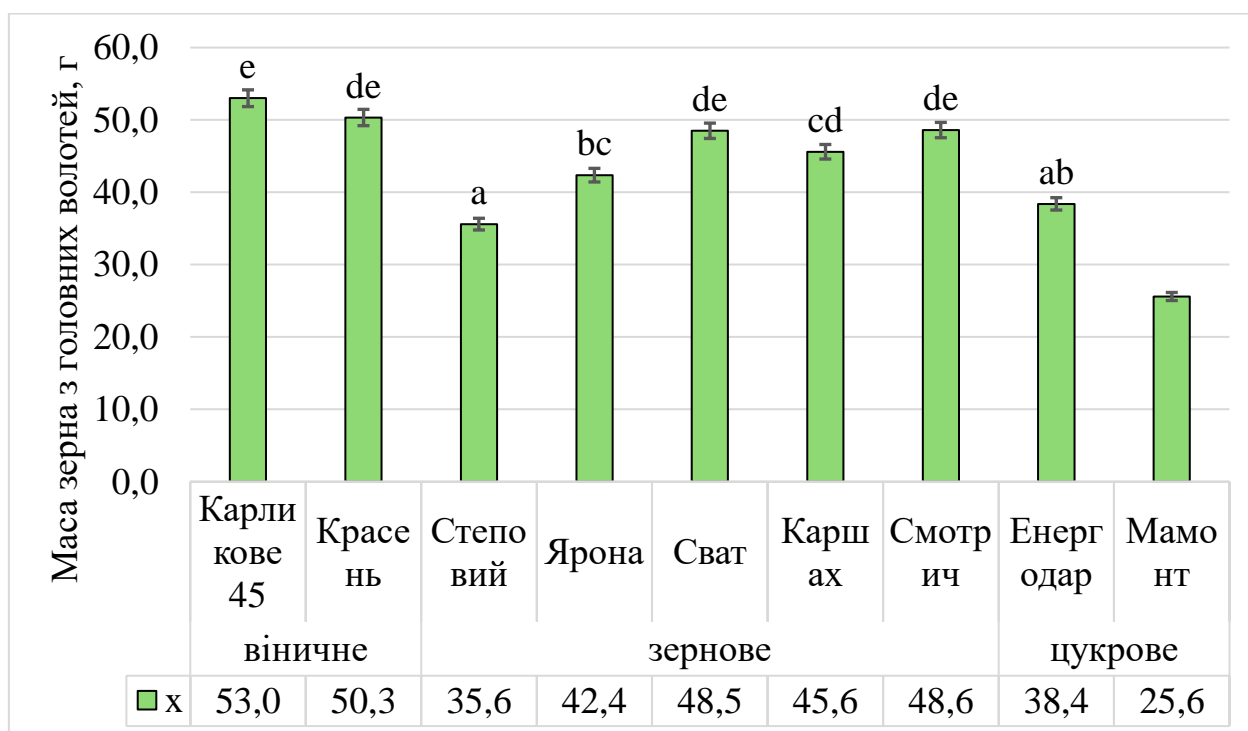
Примітка.  $HP_{05} = 72$  шт. Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey`s  $HSD_{05}$ .

Рис. 3.6. Кількість зерен з основної волоті сорго, шт.

Віничне сорго сорту Красень формувало несуттєво більше насіння у волоті, ніж Мамонт, в той же час Карликове 45 формувало в середньому 1345 шт. Сорти та гібриди зернового морфотипу формували в середньому 1501–

1775 насінин у волоті, а максимум був у сорту Сват, тоді як решта був у двох дуже тісних групах подібності.

На масу зерна з рослини також суттєво впливало скільки повноцінних волотей формує рослина. Сорти віничного сорго формували в середньому по дві повноцінні волоті, тому загальна кількість насіння, а отже і його маса були на рівні та несуттєво перевищували кращі зернові форми. Слід звернути увагу, що зерно технічного сорго має іншу будову зернівки і не може використовуватися, як зернове, тому його слід розглядати як фураж. Зернові морфотипи формували в середньому 2–3 бічні волоті, на яких могло розміщуватися в сумі до 40 % маси зерна від продуктивності основних волотей. До групи подібності з найбільшою масою зерна з головних волотей відноситься сорго віничне Карликове 45 (53 г) і Красень (50,3 г), сорго зернове Сват (48,5 г) і Смотрич (48,6 г). Сорт Каршах і Ярона формували несуттєво менше, ніж найпродуктивніші зернові форми, а от Степовий був менш продуктивний – 35,6 г.

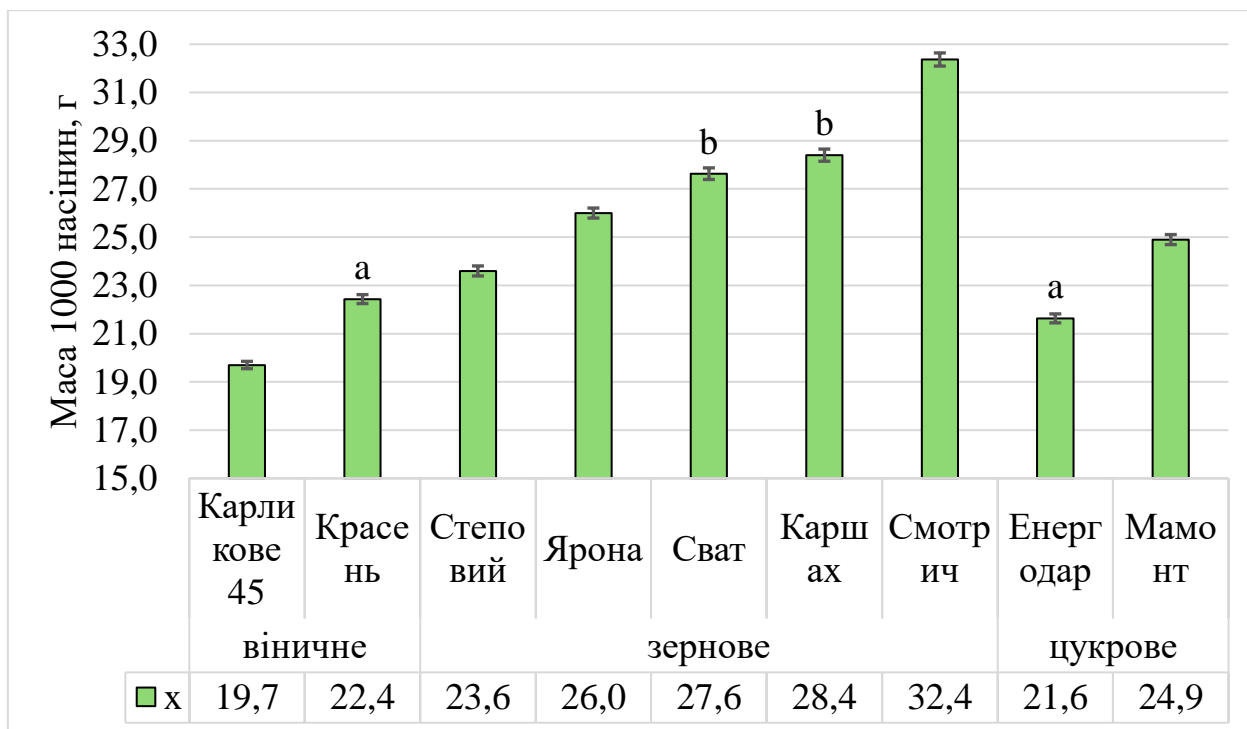


Примітка. НР<sub>05</sub> – 72 шт. Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD<sub>05</sub>.

Рис. 3.7. Маса зерна з повноцінних волотей, г

### 3.6.3. Маса 1000 насінин

Щодо маси 1000 насінин, то зернові сорти та гібриди характеризувалися суттєво вищими показниками, ніж цукрове або технічне сорго. Найменша маса 1000 насінин була у сорту Карликове 45 – 19,7 г (рис. 3.8). У сорту Красень формувалося суттєво більше насіння 22,4 г, в одній групі подібності з сортом Енергодар (21,6 г). Цукрове сорго Мамонт формувало масу 100 зернівок на рівні 24,9 г.



Примітка.  $HP_{05} = 0,9$  г. Однакові індекси біля значень на відсутність різниці за критерієм Tukey`s HSD<sub>05</sub>.

Рис. 3.8. Маса 1000 насінин сорго

Зернові сорти і гібриди в середньому формували крупніше зерно. Найменший показник серед зернових генотипів був у Степового – 23,6 г. Ярона формувала зерно з масою 1000 – 26 г, Сват і Каршах були в одній групі подібності – 27,6 і 28,4 г відповідно, а максимальна маса 1000 насінин була в Смотрич – 32,4 г.

## РОЗДІЛ 4

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОЦІННИХ ОЗНАК СОРГО

#### 4.1. Кластерний аналіз параметрів продуктивності сорго, як біологічного виду

Для оцінки взаємозв'язків між параметрами використання звичайного кореляційного аналізу буде недостатнім, оскільки на основі однорічних даних мало ймовірно побудувати достовірну довгограючу модель, тому при наявності багатьох параметрів доцільно буде використовувати кластерний аналіз, який буде групувати параметри за ступенем взаємодії на основі середніх значень характеристики.

Згідно проведеного кластерного аналізу в межах зв'язку 0–100 (рис. 4.1) можна виділити 3 кластери ознак

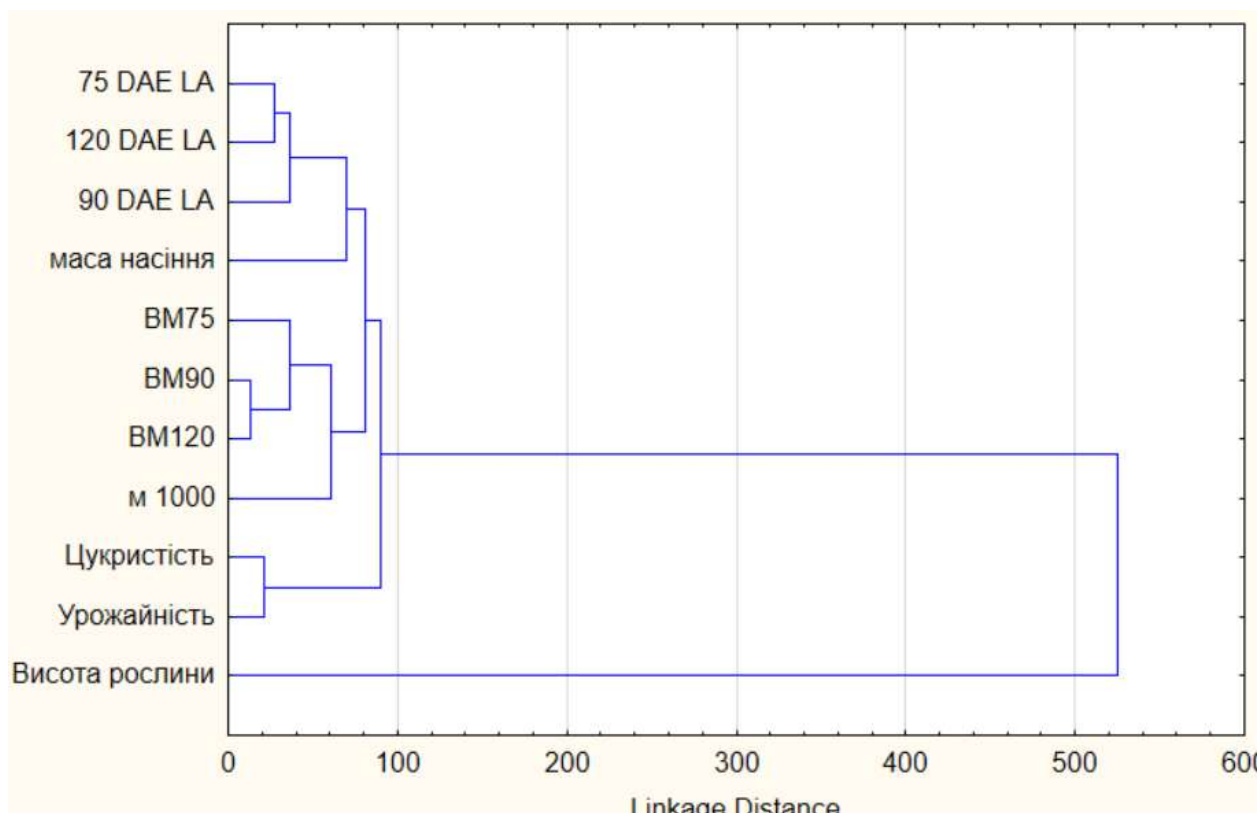


Рис. 4.1. Кластерний аналіз всього набору даних сорго

Перший кластер об'єднує показники площі листя в кожен етап з масою насіння, що очевидно, бо активність фотосинтезуючої системи впливає

накопичення сухих речовин насіння. Інший кластер об'єднує показники маси 1000 насінин та загальну біомасу, що також є аргументованим, бо виповнення насіння залежить від динаміки притоку сухих речовин. Третій кластер – урожайність і цукристість з двома попередніми кластерами взаємодіють найвіддаленіше. Висота рослин найбільш віддаленішою характеристикою від всіх, що свідчить про неочевидний вплив на інші.

#### 4.2. Кластерний аналіз сорго звичайного, віничний (технічний) морфотип

В розрізі морфотипів зв'язки між параметрами можуть змінюватися. В технічного морфотипу, порівняно з загальним трендом зв'язок маси насіння з площею листя на 75 добу є тіснішим, ніж в інші періоди (рис. 4.2).

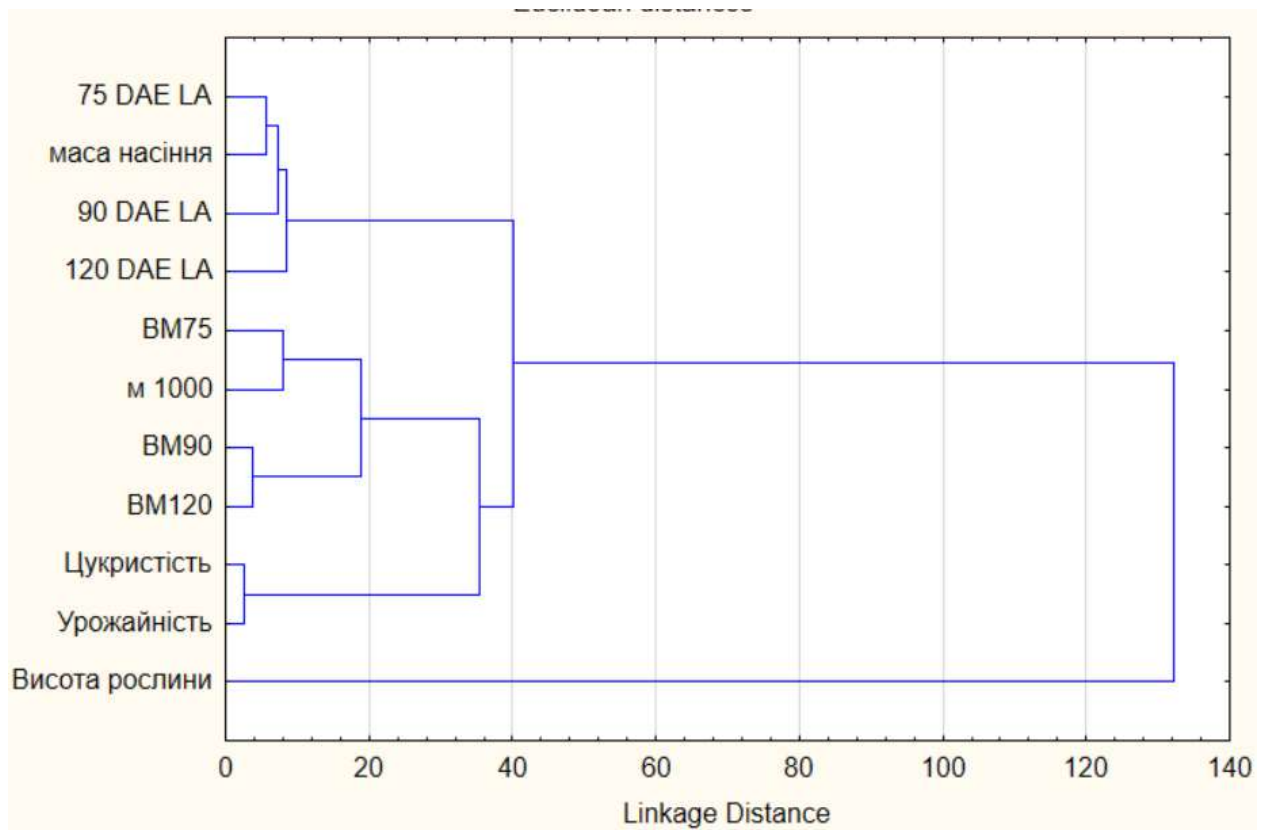


Рис. 4.2. Кластерний аналіз даних віничного морфотипу

В другому кластері також є зміни, оскільки маса 1000 насінин також була в тіснішому зв'язку з біомасою посіву на 75 добу вегетації. Цей підкластер з іншими показниками біомаси (90 і 120 доба) був суттєво ближче,

ніж в загальному по виду. Отже, стан рослин на 75 добу для віничного сорго є важливішим і більше впливає на масу 1000 насінин та масу насіння з рослини.

Щодо висоти, цукристості та врожайності, то тенденція з попередніми двома кластерами схематично подібна до загальновидової.

### 4.3. Кластерний аналіз сорго звичайного, зерновий морфотип

Для зернового морфотипу зв'язок між ознаками (рис. 4.3) теж відрізняється від загально видового.

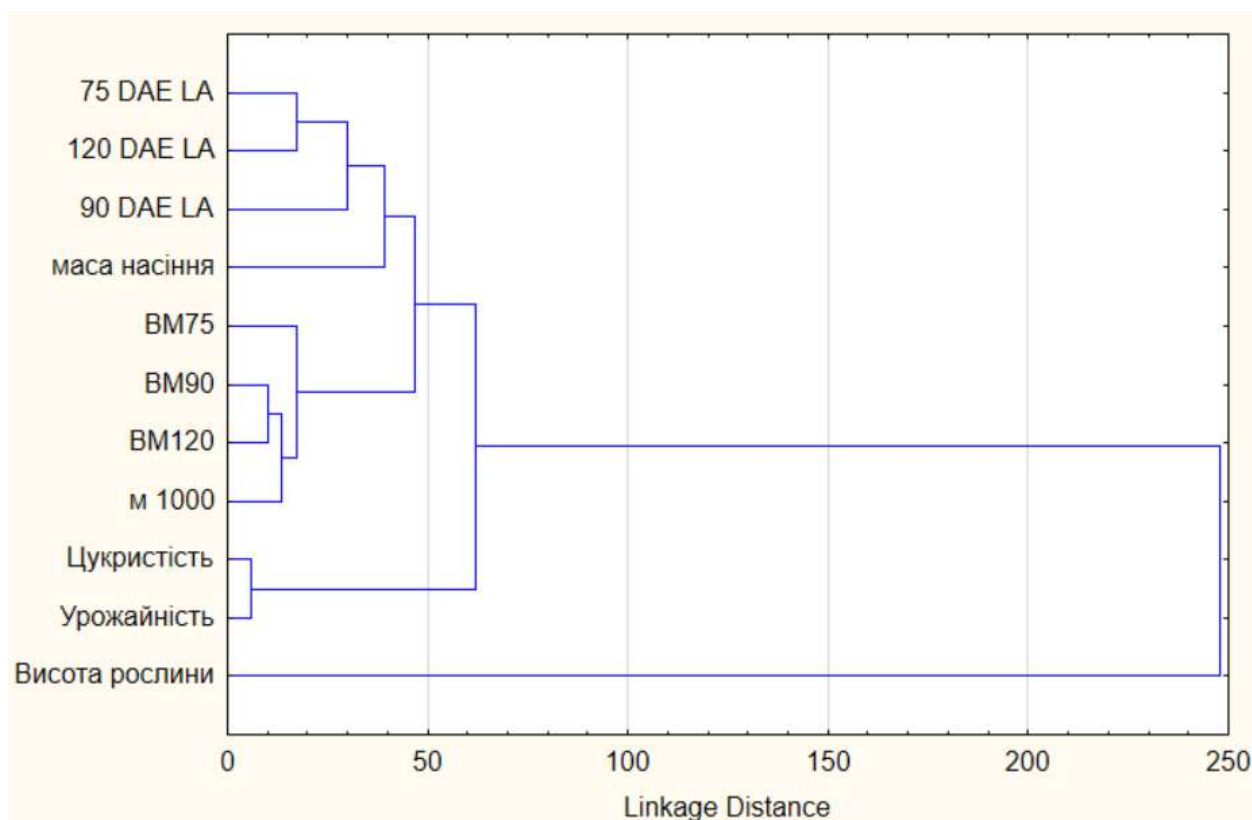


Рис. 4.3. Кластерний аналіз даних зернового морфотипу

Маса насіння перебуває в одному кластері з площею листя, але суттєво віддаленою (відносно), ніж у віничного фенотипу. Щодо другого кластера, то маса 1000 насінин має тісніший зв'язок з біомасою посівів на 90 та 120 добу, ніж на 75. Урожайність, цукристість та висота також залишаються без змін, як в загальному по культурі.



#### 4.5. Залежності між показниками продуктивності у різних сортів сорго

Отже, знаючи принципи, за якими групуються характеристики в кластерному аналізі, можна провести кореляційний аналіз та побудувати кореляційні матриці між найбільш важливими характеристиками по кожному морфотипу. Проаналізувавши кластери для кожного морфотипу було вибрано до 6 характеристик (одна з яких висота), які мають тісні зв'язки з урожайністю та біомасою та є важливими для нього.

Таблиця 4.1

Перелік характеристик для будови кореляційної матриці

Морфотип	Зерновий	Технічний	Цукровий
Параметри	Урожайність	Урожайність	Цукристість
	Площа листя 75 доба	Маса насіння	Біомаса 75 доба
	Біомаса 120 доба	Біомаса 90 доба	Біомаса 90 доба
	Маса насіння	Висота рослин	Біомаса 120 доба
	Маса 1000 насінин	Площа листя 75 доба	Висота
			Маса насіння

Для оцінки зв'язків між різними параметрами часто використовують кореляційний аналіз. Коефіцієнт парної кореляції варіює від  $-1$  до  $1$  і чим він ближчий до граничних значень, тим сильніший зв'язок між ознаки включно до функціональної залежності. Коефіцієнт кореляції Пірсона вказує лише на лінійний зв'язок та напрям цього зв'язку.

Для зернового морфотипу важливим є формування врожаю та окремих елементів врожаю, але для підбору кращих форм слід також розглядати і окремі вегетаційні індекси.

Як видно з кореляційної матриці ключових параметрів зернового морфотипу (рис 4.2) урожайність зерна майже не має зв'язку з площею листя на 75 добу вегетацію, а з біомасою на 120 добу цей зв'язок посередній ( $r = 0,51$ ). Це не обов'язково свідчить про погану залежність між показниками, але

й може вказувати на сильний розкид у досліджуваних генотипів, тому для детальної оцінки слід або розширити кількість сортів, або розглядати кожен випадок окремо. Щодо урожайності та маси зерна з волоті зв'язок наближається до функціонального ( $r = 0,99$ ), а з масою 1000 насінин є сильним ( $r = 0,83$ ).

Таблиця 4.2

Кореляційна матриця (коефіцієнт парної кореляції Пірсона) показників зернового морфотипу

Показник	75 DAE LA	120 DAE BM	Маса насіння	Маса 1000 зерен
Урожайність	-0,05	0,51	0,99	0,83
75 DAE LA	1	-0,61	-0,05	-0,48
120 DAE BM		1	0,54	0,59
Маса насіння			1	0,84
Маса 1000 зерен				1

Примітка: 75 DAE LA – площа листя на 75 добу вегетації, 120 DAE BM – біомаса на 120 добу вегетації

Площа листя на 75 добу має істотний від'ємний зв'язок з формуванням біомаси на 120 добу та масою 1000 зерен, але майже ніякого з масою насіння з рослини. Щодо біомаси на 120 добу то зв'язок позитивний з масою насіння та масою 1000 зерен, але середньої сили (0,54 і 0,59).

Щодо технічного морфотипу, то основною продукцією є волоті, але зерно також використовується у народному господарстві. Кількість гілочок у волоті залежить від урожайності, тому доцільно проводити аналізування цього показника також.

Урожайність зерна у віничного сорго також маж близький до функціонального позитивний зв'язок з масою насіння з рослини (рис. 4.3), але негативний зв'язок з вегетаційними індексами та висотою рослин. У випадку з висотою рослин цей зв'язок є сильно негативним ( $r = -0,92$ ). Подібна тенденція

між масою насіння та цими показниками, що пов'язано з незначним коливанням густоти стояння та пагоноутворення в посівах цього морфотипу.

Таблиця 4.3

Кореляційна матриця (коефіцієнт парної кореляції Пірсона) показників віничного морфотипу

Показник	Маса насіння	90 DAE BM	Висота рослин	90 DAE LA
Урожайність	0,99	-0,42	-0,41	-0,92
Маса насіння	1	-0,42	-0,41	-0,92
90 DAE BM		1	0,99	0,66
Висота			1	0,66
90 DAE LA				1

Примітка: 90 DAE LA – площа листя на 90 добу вегетації, 90 DAE BM – біомаса на 90 добу вегетації

Слід відмітити, що вегетаційні індекси та висота рослин у віничного морфотипу мали позитивний зв'язок. Біомаса з висотою були майже у функціональній взаємодії, а площа листя з висотою і біомасою мали зв'язок вище середнього (0,66).

Досліджені цукрові сорти/гібриди мали негативний зв'язок цукристості з більшістю вегетативних індексів та масою насіння (таблиці 4.4).

Таблиця 4.4

Кореляційна матриця (коефіцієнт парної кореляції Пірсона) показників цукрового морфотипу

Показник	75 DAE BM	90 DAE BM	120 DAE BM	Висота рослин	Маса насіння
Цукристість	-0,98	-0,98	-0,98	0,62	-0,98
75 DAE BM	1	0,99	1,0	-0,45	0,99
90 DAE BM		1	0,99	-0,47	0,99
120 DAE BM			1	-0,45	0,99
Висота рослин				1	-0,49
Маса насіння					1

Примітка: 75 DAE BM – біомаса на 75/90/120 добу вегетації

Отже, цукристість мала негативний майже функціональний зв'язок з такими параметрами, як біомаса на 75, 90 та 120 добу, що пов'язано з тим, що сахароза, яка є в стеблах може трансформуватися у целюлозу, яка є основним будівельним матеріалом рослини. Щодо маси зерна ситуація така сама, як з біомасою, бо сахароза потім трансформується у крохмаль насіння. Отже, для відбору вихідного матеріалу для високоцукристих генотипів слід підбирати форми з низькою насінневою продуктивністю.

Зв'язок між показниками біомаси в різні строки то він є майже функціональним, а з висотою негативним середньої сили.

### **Висновок до розділу:**

Застосування кластерного та кореляційного аналізу дозволяє швидко оцінити, які з параметрів є тіснопов'язаними при формування продуктивності сорго різних морфотипів. Кластерний аналіз дозволяє підібрати первинні параметри за яким слід відбирати вихідні форми, а кореляційний аналіз визначає напрям формування характеристики, який буде використовуватися для поліпшення морфотипу.

Отже, для технічного (віничного) морфотипу ключовою характеристикою буде урожайність та висота. Для зернового морфотипу – урожайність, маса насіння з волоті та біомаса рослин, оскільки збільшення одного з цих показників підвищує інші. Для цукрового морфотипу на перше місце виходить висота рослин, оскільки вона має найбільш виражений позитивний зв'язок з цукристістю соку.

## ВИСНОВКИ

1. Тривалість вегетаційного періоду від сходів до формування твердого зерна (придатність до збирання) у досліджуваних генотипів становила в межах 107–115 діб, а дата настання цвітіння через 74–86 діб після появи сходів, тому при підборі пар для схрещування потрібно зміщувати строки сівби окремих сортів.

2. Максимальна площа листкової поверхні формувалася на 90 добу вегетації. Максимальне значення було у зернового генотипу Каршах – 69,4 тис.м<sup>2</sup>/га, а середнє значення по досліді становило 57,5 тис. м<sup>2</sup>/га.

3. Динаміка наростання біомаси характеризувалася сповільненням приростів у періоди після 75 доби вегетації. Максимальна біомаса була у цукрових генотипів на 120 добу – 57,5 т/га у Енергодару та 43,8 т/га у Мамонт. Зернові та технічні генотипи формували 27,1–37,5 т/га біомаси.

4. Висота рослин зернового та технічного напрямку перебувала в діапазоні 97–134 см, тоді як цукровий сорт Енергодар досягав 236 см, а Мамонт – 246 см.

5. Цукристість сорго більшості генотипів була в межах 5,4–8,4 Вгіх, але окремо виділявся сорт Сват з вмістом цукру 10,8 Вгіх та цукрове сорго Мамонт з 17,4 Вгіх.

6. Найвища зернова продуктивність була у Сват – 8,48 т/га та Смотрич – 8,51 т/га. Найбільша маса 1000 насінин також була в сорту Смотрич – 32,4 г. Зернові генотипи в середньому мали крупніше зерно, ніж технічні та цукрові.

7. Згідно кластерного аналізу зв'язок між різними елементами продуктивності можна поділити на 3 субкластери: 1) листові індекси і маса насіння з волоті; 2) біомаса та маса 1000 насінин; 3) урожайність та цукристість. Висота є найбільш віддаленою характеристикою від інших.

8. Кореляційний аналіз вказує на сильну позитивну кореляцію між урожайністю та масою насіння з волоті у цукрового та віничного сорго, та цукристістю і висотою у цукрового.

## РЕКОМЕНДАЦІ СЕЛЕКЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ

При оцінці вихідних форм рекомендуємо:

1) застосовувати кластерний та кореляційний аналіз залежності різних параметрів, а для відбору пар для схрещувань підбирати форми, що характеризуються різними параметрами продуктивності;

2) використовувати сорти Сват та Смотрич, як джерела високої зернової продуктивності і одночасно такі, що мають високі показники маси зерна з волоті та маси 1000 насінин;

3) для фітоенергетичного використання підбирати форми, які мають більшу висоту рослин, оскільки це позитивно впливатиме на цукристість соку рослин. Найявний негативний зв'язок між біомасою та цукристістю потребує додаткової оцінки, оскільки достовірність цього зв'язку є невисокою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Байса, І. П. (2018). Колекція сорго: формування, вивчення і використання зразків генофонду. *Зернові культури*, (2, № 1), 14-21.
2. Вишнеvsька, О., Маркіна, О. (2020). Випробування різних сортів сорго цукрового в зоні Полісся для потреб біоенергетики. *Вісник аграрної науки*, 98(4), 54-61.
3. Каленська, С. М., Найденко, В. М. (2019). Економічна оцінка вирощування гібридів сорго зернового в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, (2).
4. Каражбей, Г. М. (2012). Поповнення ринку сортових ресурсів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин, (2), 42-44.
5. Корнєєва, М. О., Тимчишин, С. М., Тимчишин, Л. С. (2018). Продуктивність і комбінаційна здатність компонентів цукрово-кормових гібридів, придатних для виробництва біопалива. *Корми і кормовиробництво*, (86), 67-70.
6. Рибалка, О. І., Червоніс, М. В., Моргун, Б. В., Починок, В. М., Поліщук, С. С. (2013). Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*.
7. Рожко, І. І., Дьомін, Д. Г., Кулик, М. І. (2021). Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Scientific Progress & Innovations*, (2), 114-123.
8. Рудник-Іващенко, О. І., Сторожик, Л. І. (2012). Господарсько-цінні властивості сортів сорго різного використання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, (81 (1)), 175-182.
9. Свиридова, Л. А. (2018). Динаміка формування біометричних показників гібридів сорго зернового. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*, (1), 224-240.

10. Серета, В. І. (2012). Використання гетерозису в селекції цукрового сорго. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України, (3), 136-138.
11. Серета, В. І. (2012). Використання гетерозису в селекції цукрового сорго. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України, (3), 136-138.
12. Сторожик, Л. І., Музика, О. В. (2019). Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту. *Plant varieties studying and protection*, (15, № 2), 171-181.
13. Сторожик, Л. І., Близнюк, А. Ю., Кулик, Г. А. (2018). Структурно-морфологічні показники врожаю сорго зернового в умовах Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України, (6), 11-11.
14. Терещенко, І. С., Сторожик, Л. І. (2023). Якість, польова схожість насіння та фенольні профілі сучасних гібридів сорго цукрового. Новітні агротехнології, 11(3).
15. Харитонов, М. М., Бабенко, М. Г., Мартинова, Н. В., Рула, І. В., Гументик, М. Я. (2019). Сортовивчення гібридів сорго американської селекції в умовах техногенних ландшафтів Степу України. Біоенергетика, (2), 10-12.
16. Яланський, О. В., Серета, В. І. (2015). Перспективні гібриди сорго цукрового. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України, (9), 99-104.
17. Яланський, О. В., Остапенко, С. М., Серета, В. І. (2013). Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів цукрового сорго у біоенергетику. Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 4, 124-127.
18. Яланський, О. В., Остапенко, С. М., Серета, В. І., Бондаренко, Н. С., Ісаєва, Н. М., Байса, І. П., Таганцова, М. М. (2017). Селекція гібридів сорго зернового в умовах Генічеської дослідної станції. Зернові культури, (1, № 1), 31-35.

19. Bennetzen, J. L., Subramanian, V., Xu, J., Salimath, S. S., Subramanian, S., Bhatramakki, D., Hart, G. E. (2001). A framework genetic map of sorghum containing RFLP, SSR and morphological markers. *DNA-based markers in plants*, 347-355.
20. Burow, G. B., Franks, C. D., Acosta-Martinez, V., Xin, Z. (2009). Molecular mapping and characterization of BLMC, a locus for profuse wax (bloom) and enhanced cuticular features of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *Theoretical and Applied Genetics*, 118, 423-431.
21. Didenko, N. O., Mosiichuk, Y. B., Zosymchuk, M. D., Kharytonov, M. M., Babenko, M. G., Mazurenko, B. O., ... Islam, K. R. (2021). Recycling biosolids to improve marginal lands for bioenergy feedstock production in Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 79-86.
22. Hao, H., Li, Z., Leng, C., Lu, C., Luo, H., Liu, Y., ... Jing, H. C. (2021). Sorghum breeding in the genomic era: opportunities and challenges. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 1899-1924.
23. Harris, K., Subudhi, P. K., Borrell, A., Jordan, D., Rosenow, D., Nguyen, H., ... Mullet, J. (2007). Sorghum stay-green QTL individually reduce post-flowering drought-induced leaf senescence. *Journal of experimental botany*, 58(2), 327-338.
24. Hart, G. E., Schertz, K. F., Peng, Y., Syed, N. H. (2001). Genetic mapping of *Sorghum bicolor* (L.) Moench QTLs that control variation in tillering and other morphological characters. *Theoretical and Applied Genetics*, 103, 1232-1242.
25. Klein, R. R., Mullet, J. E., Jordan, D. R., Miller, F. R., Rooney, W. L., Menz, M. A., ... Klein, P. E. (2008). The effect of tropical sorghum conversion and inbred development on genome diversity as revealed by high-resolution genotyping. *Crop Science*, 48, S-12.
26. Lin, Y. R., Schertz, K. F., Paterson, A. H. (1995). Comparative analysis of QTLs affecting plant height and maturity across the Poaceae, in reference to an interspecific sorghum population. *Genetics*, 141(1), 391-411.

27. Mace, E. S., Jordan, D. R. (2010). Location of major effect genes in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Theoretical and Applied Genetics*, 121(7), 1339-1356.
28. Nazari, L., Shaker, M., Karimi, A., Ropelewska, E. (2021). Correlations between the textural features and chemical properties of sorghum grain using the image processing method. *European Food Research and Technology*, 247(2), 333-342.
29. Rami, J. F., Dufour, P., Trouche, G., Fliedel, G., Mestres, C., Davrieux, F., ... Hamon, P. (1998). Quantitative trait loci for grain quality, productivity, morphological and agronomical traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Theoretical and applied genetics*, 97, 605-616.
30. Srinivas, G., Satish, K., Madhusudhana, R., Nagaraja Reddy, R., Murali Mohan, S., Seetharama, N. (2009). Identification of quantitative trait loci for agronomically important traits and their association with genic-microsatellite markers in sorghum. *Theoretical and applied genetics*, 118(8), 1439-1454.
31. Wondimu, Z., Dong, H., Paterson, A. H., Worku, W., Bantte, K. (2021). Genetic diversity, population structure, and selection signature in Ethiopian sorghum [*Sorghum bicolor* L.(Moench)] germplasm. *G3*, 11(6), jkab087.
32. Wu, X., Liu, Y., Luo, H., Shang, L., Leng, C., Liu, Z., ... Jing, H. C. (2022). Genomic footprints of sorghum domestication and breeding selection for multiple end uses. *Molecular Plant*, 15(3), 537-551.
33. Zhao, Y. L., Steinberger, Y., Shi, M., Han, L. P., Xie, G. H. (2012). Changes in stem composition and harvested produce of sweet sorghum during the period from maturity to a sequence of delayed harvest dates. *Biomass and bioenergy*, 39, 261-273.

Міністерство освіти і науки України  
 Національний університет біоресурсів і природокористування України  
**«ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ СОРГО (SORGHUM BICOLOR L.) У СУЧАСНИЙ СЕЛЕКЦІЇ»**  
**«Source material of sorghum (Sorghum bicolor L.) in modern breeding»**  
 Виконавець: Мазуренко Б.О. спеціальність «Агрономія» Науковий керівник: к. с.г. н., доцент Макарук О.С.

**Анотація роботи:**

**Мета дослідження** полягає в оцінці вихідного матеріалу сорго для підбору найкращих форм для створення нового селекційного матеріалу. Щоб досягти поставленої мети досліджень було вирішено наступні завдання:

1. проаналізувати літературні джерела та визначити основні підходи до відбору різних форм сорго, як джерел та донорів цінних селекційних ознак;
2. розроблено схему дослідів та методологію оцінки кількісних ознак різних форм сорго;
3. досліджено основні способи отримання нового вихідного матеріалу сорго та проведено гібридизацію;
4. надано рекомендації селекційній практиці на основі проведених досліджень.

**Об'єкт дослідження:** сорти та гібриди сорго: Карликове 45, Красень, Степовий, Ярона, Світ, Карнах, Смогирч, Енергодар, Мамонт; аксині та клікаксні ознаки.

**Предмет дослідження:** особливості формування та успадкування аксінних і клікаксних ознак сорго.

**Методи дослідження:** використовувалися типові загальні та спеціальні методи досліджень у галузі агрономії. Статистичні: дисперсійний аналіз, порівняльно-розрахунковий, математичного моделювання тощо.

**Цінність отриманих результатів** полягає в описі та дослідженні аксінних і клікаксних ознак сорго різних морфотипів.

**Апробація результатів дослідження** проведена на підчас Міжнародної онлайн конференції «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Високі моменти висхід в сталій розвиток» що проходила за сприяння НУБіП України, 21-22 листопада 2024 року, м. Київ.

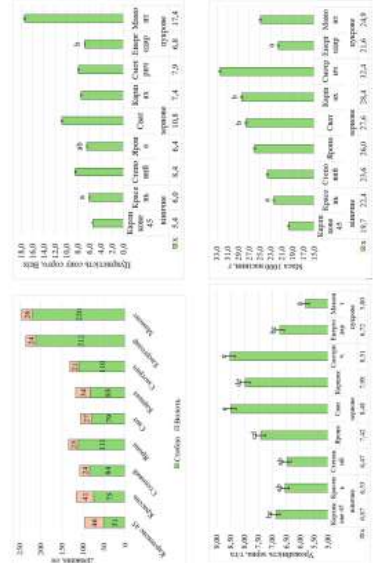


Рис. 2. Біометричні параметри рослин

- ◆ В першому розділі описано основні засади формування ознак сорго різних морфотипів та генетичні аспекти цього процесу, а також наведено методику створення нового вихідного матеріалу способом гібридизації.
- ◆ В другому розділі охарактеризовано умови проведення польових досліджень, наведено вихідні форми та методику їх оцінювання.
- ◆ В третьому розділі проаналізовано вегетативні індекси посівів – площу листя, біомасу, цукристість соку стебел сорго та індекси врожаю зерно.
- ◆ В четвертому розділі проведено кластерний та кореляційний аналіз вегетативних параметрів у досліджуваних генотипів та надано узагальнення до використання підходу.
- ◆ Робота завершується висновками та рекомендаціями селекційній практиці.

**Схема досліджень вихідного матеріалу сорго**

№	Варіант	Морфотип	Походження
1	Карликове 45	сорго вінкове	сорт
2	Красень	сорго вінкове	сорт
3	Степовий	сорго зернове	гібрид
4	Ярона	сорго зернове	сорт
5	Світ	сорго зернове	гібрид
6	Карнах	сорго зернове	гібрид
7	Смогирч	сорго зернове	сорт
8	Енергодар	сорго цукрове	сорт
9	Мамонт	сорго цукрове	гібрид



Рис. 3а. Кластерний аналіз показників

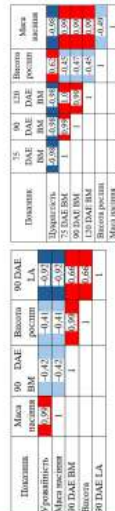


Рис. 3б. Кластерний аналіз показників масового сорго

**Біомаса сорго на моментів штітіння**

Сорти/гібриди	Надземна біомаса сорго, т/га		120 доба вегетації	
	75 доба вегетації	90 доба вегетації	75 доба вегетації	90 доба вегетації
Карликове 45	23,7 с	29,2 а	30,1 аb	36,0 с
Красень	24,7 с	34,1 ас	35,7 с	43,8 с
Степовий	21,5 аb	25,7 с	27,1 а	37,5 с
Ярона	20,3 а	22,4 ас	31,1 б	37,5 с
Світ	24,5 с	29,2 а	32,2 ас	31,1 б
Карнах	28,1 с	31,1 аb	32,2 ас	36,3 с
Смогирч	25,0 с	35,0 с	36,3 с	43,8 с
Енергодар	51,6 с	55,6 с	57,5 с	63,8 с
Мамонт	39,1 с	40,6 с	43,8 с	48,8 с
<b>Середнє по досліду</b>	<b>28,7</b>	<b>34,8</b>	<b>34,8</b>	<b>43,8</b>
НІР <sub>05</sub>	1,5	1,7	1,8	1,8

Примітка: Однаковий індекс біля значень в колонках вказує на відсутність різниці за критерієм Tukey's HSD<sub>05</sub>.



Рис. 1. Зовнішній вигляд рослин на 75 добу вегетації

1. Динаміка поростання біомаси зернової частини поростів у період після 75 добу вегетації. Максимальна біомаса була у цукрових генотипів на 120 добу – 57,5 т/га у Енергодару та 43,8 т/га у Мамонт. Зернові та вегетативні генотипи формували 27,1-37,5 т/га біомаси.
2. Висота рослин зернового та цукрового напрямку перебувала в діапазоні 97-134 см, тоді як цукровий сорт Енергодар досягав 236 см, а Мамонт – 246 см.
3. Цукристість сорго більшою генотипів була в межах 3,4-8,4. Векс але окремо індекси цукру Світ з індексом цукру 10,8. Векс але окремо індекси цукру Карнах 8,8, Смогирч 4,8, Ярона 4,8, Степовий 4,8, Карликове 45 4,8, Красень 4,8, Мамонт 4,8.
4. Найбільша маса 1000-насіння була в сорту Смогирч – 32,4 г. Зернові генотипи в середньому мали крупніше зерно, ніж вегетативні та цукрові.
5. Згідно кластерного аналізу за жок між різними елементами продуктивності можна поділити на 3 субкластери: 1) листова індекс і маса насіння в волоті; 2) біомаса та маса 1000 насіння; 3) урожайність та цукристість. Висота є найбільш відмінною характеристикою рослин в волоті цукрового та вінкового сорго, та цукристість і висотою у цукрових.
- 6.

**ВИСНОВКИ**

Динаміка поростання біомаси зернової частини поростів у період після 75 добу вегетації. Максимальна біомаса була у цукрових генотипів на 120 добу – 57,5 т/га у Енергодару та 43,8 т/га у Мамонт. Зернові та вегетативні генотипи формували 27,1-37,5 т/га біомаси.

Висота рослин зернового та цукрового напрямку перебувала в діапазоні 97-134 см, тоді як цукровий сорт Енергодар досягав 236 см, а Мамонт – 246 см.

Цукристість сорго більшою генотипів була в межах 3,4-8,4. Векс але окремо індекси цукру Світ з індексом цукру 10,8. Векс але окремо індекси цукру Карнах 8,8, Смогирч 4,8, Ярона 4,8, Степовий 4,8, Карликове 45 4,8, Красень 4,8, Мамонт 4,8.

Найбільша маса 1000-насіння була в сорту Смогирч – 32,4 г. Зернові генотипи в середньому мали крупніше зерно, ніж вегетативні та цукрові.

Згідно кластерного аналізу за жок між різними елементами продуктивності можна поділити на 3 субкластери: 1) листова індекс і маса насіння в волоті; 2) біомаса та маса 1000 насіння; 3) урожайність та цукристість. Висота є найбільш відмінною характеристикою рослин в волоті цукрового та вінкового сорго, та цукристість і висотою у цукрових.

**ПРОПОЗИЦІЙ СЕЛЕКЦІЙНИЙ ПРАКТИЦІ**

При оцінці вихідних форм використовувати кластерний та кореляційний аналіз залежності різних параметрів, а для відбору сорго для селекції підібрати форми що характеризуються високими показниками продуктивності та цукристістю. За комплексною оцінкою кращі показники зернової продуктивності та цукристістю мають перелічені надалі сорти Світ та Смогирч, оскільки вони мають одночасно і високі показники маси зерна з волоті та маси 1000 насіння.