

УДК 633.844:635.44:581.1

АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ РІЗНИХ ВИДІВ ГІРЧИЦІ

Яковлева-Носарь С.О., к.б.н., доцент, Багаченко В.С.

Запорізький національний університет, Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

krokus.zp@mail.ru

У статті в порівняльному аспекті розглядаються анатомо-фізіологічні характеристики посухостійкості двох сортів білої та сизої гірчиці.

Мета – вивчення анатомо-фізіологічних механізмів посухостійкості різних видів гірчиці.

Методи. У лабораторному експерименті імітували ефект посухи шляхом внесення в середовище вирощування 1%-вого розчину сахарози. Визначали водний дефіцит; довжину, ширину, площу поверхні та об'єм хлоропластів; ступінь відкриття продихів та їх кількість в полі зору мікроскопа.

Результати і висновки. Встановлено, що водний дефіцит менше виражений у сорту Росинка. В обох досліджених сортів гірчиці суттєво змінюється довжина хлоропластів, у найбільшій мірі – у сорту Радуга. Ширина хлоропластів за дії посухи практично не зазнає змін. В стресових умовах зменшуються об'єм і площа поверхні хлоропластів. Ці зміни найбільш виражені у рослині сорту Радуга. Оцінка ступеня розкриття продихової щілини свідчить, що в обох вивчених сортів за дії посухи величина цього параметра суттєво менша порівняно з контролем, причому в більшій мірі – у сорту Радуга. В умовах дефіциту вологи на одиницю поверхні листка (в полі зору) припадає більше продихів порівняно з контрольними рослинами (в обох досліджених сортів, але в більшій мірі – у сорту Росинка). Це є однією з ознак формування ксероморфної структури листка. Аналіз комплексу досліджених параметрів дозволяє зробити висновок, що більш посухостійкою є сиза гірчиця сорту Росинка.

Ключові слова: біла та сиза гірчиця, водний дефіцит, морфометричні параметри хлоропластів, стан продихового апарату, посухостійкість.

АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАЗНЫХ ВИДОВ ГОРЧИЦЫ

Яковлева-Носарь С.О., к.б.н., доцент, Багаченко В.С.

Запорожский национальный университет, Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковского, 66

В статье в сравнительном аспекте рассматриваются анатомо-физиологические характеристики засухоустойчивости двух сортов белой и сизой горчицы.

Цель - изучение анатомо-физиологических механизмов засухоустойчивости различных видов горчицы.

Методы. В лабораторном эксперименте имитировали эффект засухи путем внесения в среду выращивания 1%-ного раствора сахарозы. Определяли водный дефицит; длину, ширину, площадь поверхности и объем хлоропластов; степень открытия устьиц и их количество в поле зрения микроскопа.

Результаты и выводы. Установлено, что водный дефицит меньше выражен у сорта Росинка. У обоих исследованных сортов горчицы существенно изменяется длина хлоропластов, в наибольшей степени - у сорта Радуга. Ширина хлоропластов при действии засухи практически не изменяется. В стрессовых условиях уменьшаются объем и площадь поверхности хлоропластов. Эти изменения наиболее выражены у растений сорта Радуга. Оценка степени раскрытия устьичной щели свидетельствует о том, что у обоих изученных сортов при действии засухи величина этого параметра существенно меньше по сравнению с контролем, причем в большей степени - у сорта Радуга. В условиях дефицита влаги на единицу поверхности листа (в поле зрения) приходится более устьиц по сравнению с контрольными растениями (у обоих исследованных сортов, но в большей степени - у сорта Росинка). Это является одним из признаков формирования ксероморфной структуры листа. Анализ комплекса исследованных параметров позволяет сделать вывод, что более засухоустойчивой является сизая горчица сорта Росинка.

Ключевые слова: белая и сизая горчица, водный дефицит, морфометрические параметры хлоропластов, состояние устьичного аппарата, засухоустойчивость.

ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF DROUGHT RESISTANCE OF DIFFERENT TYPES OF MUSTARD

Yakovleva-Nosar' S.O., PhD, associate professor, Bagachenko V.S.

Zaporizhzhya National University, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya, Zhukovskogo Street, 66

INTRODUCTION

In the introduction the global structure of mustard seed production is presented, as well as main sectors of the national economy where it is applied. The information about the homeland of white and dove-colored mustard is provided.

In the article in comparative aspect anatomical and physiological characteristics of droughts resistance of the two cultivars of white and dove-colored mustard are described. The goal is the study of anatomical and physiological mechanisms of drought resistance of different types of mustard.

MATERIALS AND METHODS

Two types of mustard are studied: white mustard (Raduga) and dove-colored (Rosinka). In a laboratory experiment, the effect of drought was simulated by introducing 1% saccharose solution to the cultivation environment. Water scarcity; length, width, surface area and volume of chloroplasts was determined, and the degree of openness of the stomata visible to the microscope. The results were processed using statistical methods.

RESULTS AND DISCUSSION

It was determined that water scarcity was less marked for Rosinka.

In our experiment other indexes were also assessed, such as linear dimensions of chloroplasts (the largest and smallest diameters (hereinafter - the length and width)), volume and surface area of chloroplasts in the control and experimental versions. In both sorts of mustard the length of chloroplasts changes significantly, to the highest extent – for Raduga. The width of chloroplasts remains practically unchanged under the influence of drought. In stressful conditions, the volume and surface area of chloroplasts is reduced. These changes are more marked in plants of Raduga cultivar. Assessment of the degree of stomata slit opening indicates that in both cultivars studied under the influence of drought the value of this parameter is significantly lower compared with the control, and to a greater extent - in Rainbow cultivar. Under the conditions of lack of moisture there is a higher number of stomata per unit of the surface area of a leaf (in sight) in comparison to control plants (in both cultivars studied, but to higher extent – in Rosinka cultivar). This is one of the signs of the formation of xeromorphic leaf structure. Analysis of the complex of investigated parameters leads to the conclusion that the blue-gray mustard Rosinka is a more drought-resistant cultivar.

CONCLUSIONS

1. It is found that water shortage in mustard plants is (% of control values): in Raduga cultivar – 99,3, and in Rosinka cultivar – 66,8. This indicates a more advanced system of regulation of the water regime in the Rosinka cultivar.
2. In both mustard cultivars studied, the length of chloroplasts undergoes statistically significant changes, to the greatest extent – in Raduga cultivar. The width of the chloroplasts under the influence of drought remains practically unchanged.
3. The volume of chloroplasts in draughty conditions for Raduga cultivar was 30,9% of control, and their area – 42,5%; in Rosinka mustard cultivar the chloroplast volume is 46,7% of control, and the surface area of chloroplasts – 58,1% of control value.
4. Assessment of the degree of stomata slit openness indicates that in both cultivars studied under the influence of drought stomata slit width is substantially smaller in comparison to control, and to a greater extent in the Raduga cultivar (deviation from the control was 42.4%).
5. Under the conditions of lack of moisture there is a higher number of stomata per unit of the surface area of a leaf compared to the control plant (in both cultivars studied, but to greater extent – in Rosinka cultivar). This is one of the signs of the formation of xeromorphic leaf structure.
6. Analysis of the complex of investigated parameters leads to the conclusion that the blue-gray mustard Rosinka is a more drought-resistant cultivar.

Key words: white and dove-colored mustard, water shortage, morphometric parameters of chloroplasts, state of stomata apparatus, drought resistance.

ВСТУП

Основна олійна культура для України – соняшник. Альтернативою цієї важкої для ґрунту рослини є гірчиця. Вона дає змогу без погіршення стану ґрунту підвищити виробництво рослинної олії. До того ж аналіз динаміки попиту на неї свідчить про його підвищення останніми роками [1].

Структура виробництва насіння гірчиці у світі розподіляється наступним чином: для продовольчих цілей – домінуючу позицію займає Канада; для виробничих цілей – Індія, Пакистан та Бангладеш. Також до основних виробників насіння гірчиці належать США, Китай, Росія. Нині Україна входить до десятки світових лідерів з вирощування гірчиці. Основні площі, зайняті посівами гірчиці, знаходяться в Херсонській області. Зазвичай вирощують два види гірчиці: сизу (сарептську) і білу. І лише в деяких господарствах України – гірчицю чорну.

В насінні сизої гірчиці міститься 35–47% олії, а білої –30–40%. Крім олії, в насінні гірчиць накопичується 25–32% білка і до 0,5–1,7% ефірної олії. Жирна гірчична олія належить до слабовисихаючих (йодне число гірчиці сизої 102–108, білої 92–122). Олія має високі смакові якості, її використовують безпосередньо як харчову, а також у консервній, хлібопекарській, кондитерській і інших галузях харчової промисловості. Вона є сировиною для миловарної, текстильної і фармацевтичної промисловості. Ефірну олію використовують для виготовлення парфумерних та косметичних виробів. З макухи сизої гірчиці виготовляють столову гірчицю, медичні гірчичники, фітин та ін. Макуха на корм худобі без належної обробки не використовується.

Гірчиця біла вирощується також на зелений корм та зелене добриво. В 100 кг зеленої маси міститься 11 кормових одиниць. Біла гірчиця також добрий медонос і попередник для всіх культур сівозміни [2–4].

У гірчичній олії містяться усі розчинні вітаміни, зокрема вітамін А (сприяє росту організму й підвищує імунітет), К і Р (поліпшують міцність та еластичність капілярів), В₆ (відіграє важливу роль в азотистому обміні). Відомо, що вітамін Е зберігається в гірчичній олії в 4–5 разів довше, ніж в інших оліях. Завдяки антисептичним і бактерицидним властивостям гірчична олія якнайліпше підходить для лікування шлунково-кишкових, серцево-судинних і застудних захворювань. У домашніх умовах гірчичну олію використовують для змащення салатів, оскільки вона підкреслює природний смак овочів, а також для вироблення випічки, яка стає пишною і довго не черствіє [5].

Батьківщиною сизої (сарептської) гірчиці вважається Південно-Східна Азія, а білої – Середземномор'я. Здавна гірчицю культивують в Індії, Китаї, Єгипті, Передній Азії. У Росії вперше була введена в культуру у Нижньому Поволжі поблизу с. Сарепти (звідти і отримала назву сарептська) на початку XVIII ст. [6]. Гірчицю сизу (сарептську) вирощують в Китаї, Індії та країнах Європи; гірчицю білу – в країнах Західної Європи та у Сибіру [7].

Одним з пріоритетних напрямків селекції гірчиці є створення високопродуктивних, безерукових сортів з потенційною врожайністю насіння понад 3,0 т/га, олійністю насіння більше 48%, ефіроолійністю 0,70–0,85%, з вмістом олеїнової кислоти в олії понад 55% [8].

Зростання інтересу до вирощування гірчиці в українських сільгоспвиробників зумовлене високою рентабельністю її виробництва (до 100%), наявністю ринку збуту (здебільшого експорт через незначні об'єми вітчизняної переробки (до 7%)) та цілою низкою біологічних особливостей цієї культури (зокрема, раннє дозрівання). Крім того, гірчиця є відновним джерелом енергії, зокрема, як дизельне паливо і сировина для теплогенераторів.

Було розраховано, що зі 100 кг гірчиного насіння вихід корисної продукції складає близько 95%, а саме: 23–24 кг харчової олії; 5 кг олії для виготовлення ефірної олії; 50 кг макухи для гірчиного порошку; 15 кг макухи на корм тваринам; 2,5 кг лушпиння для палива.

Переробкою насіння гірчиці в Україні займаються підприємства, розташовані у містах: Одеса, Чернігів, Донецьк та Ніжин Чернігівської області [9].

Через швидкі темпи зміни клімату, що супроводжується підвищенням середньорічних температур, посухи охоплюють раз у два–три роки від 10 до 30 % території України, а раз у 10–12 років – від 50 до 70 % її загальної площі [10].

У зв'язку з вищезазначеним, мета нашої роботи – вивчення анатомо-фізіологічних механізмів посухостійкості різних видів гірчиці у порівняльному аспекті.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження виступали два види гірчиці: гірчиця біла (сорт Радуга) і гірчиця сиза (сорт Росинка).

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.). Сорт Радуга – сорт 0 типу (безеруковий). Висота рослин – 110–130 см (залежно від умов вирощування). Стебло гіллясте, вкрите жорсткими волосками (як і плоди та листя). Забарвлення стебла варіює від світло-зеленого до антоціанового. Середня врожайність насіння 8,0 ц/га. Маса 1000 насінин до 5,0 г. Максимальна врожайність насіння у виробничих умовах – 15 ц/га (Тульська область). Вміст жиру 28,9 %. Ефіроолійність насіння до 0,18 %. Вміст в олії олеїнової та лінолевої кислот до 74 %. Відрізняється підвищеним вмістом (до 59%) олеїнової кислоти в олії. Період від сходів до фізіологічної стиглості – до 90 днів. Ураження хворобами на рівні стандартів. Необхідно суворе дотримання просторової ізоляції від посівів інших сортів

Сортові ознаки чітко не встановлені. Суцвіття китицевидне, багатоквіткове. Квітки лимонно-жовті, тичинки майже не виступають із віночка. Стручок 2–5 см завдовжки, закінчується мечоподібним широким носиком, вкритий волосками. Насіння кулеподібне (4–10 шт. в стручку), діаметром 1,7–2,2 мм, кремового кольору. Маса 1000 насінин – 4,2–6,1 г. Тривалість вегетаційного періоду – 80–85 днів. Олійність – 44,2%. Урожайність насіння в умовах степової зони – 15–20 ц/га, у північних районах – 25–30 кг/га; зеленої маси – 290–320 ц/га.

Оригіатор – ВНДІ Олійних культур ім. В.С. Пустовойта, Росія [11].

Гірчиця сиза (*Brassica juncea* Czern). Сорт Росинка – сорт безерукового напряму, високоолійний крупнонасінний, середньостиглий, призначений для виробництва харчової олії та гірчиного порошку.

Сорт стійкий проти вилягання рослин та обсіпання насіння, середньостійкий проти хвороб та шкідників (стійкий до хрестоцвітної блошки та квіткоїда, альтернاریозу). Технологічний, придатний до механізованого вирощування. Збирання врожаю проводять при повній стиглості насіння, коли воно і у нижніх, і у верхніх стручках стане твердим.

Сортові ознаки чітко не визначені. Висота рослин – 130–140 см. Стебло, листя і стручки мають слабе антоціанове забарвлення, без опушення. Кущ зімкнений. Тривалість вегетаційного періоду – 85–90 днів. Плід горбкуватий, носик середньої довжини (відхилений середньо відносно стебла). Стручок з 22–27 насінинами овально-кулеподібної форми, жовтого забарвлення. Маса 1000 штук насінин – 3,5–4,0 г. Урожайність – 21–23 ц/га. Олійність – 41–42%, вміст ефірної (алілової) олії – 0,7–0,8%. Вміст ерукової кислоти – 0,2%.

Оригіатор – ВНДІ Олійних культур ім. В.С. Пустовойта, Росія [12].

Для імітації ефекту посухи в середовище вирощування додавали 1 %-вий розчин сахарози. Контрольні варіанти пророщували на дистильованій воді. У кожному експериментальному варіанті поміщали по 10 шт. насіння гірчиці у чашки Петрі у триразовому повторенні. Пророщування насіння проводили без доступу світла при температурі 22 ± 2 °С.

Визначення водного дефіциту рослин здійснювали за рекомендаціями Літвінова у віці 35 діб [13]; підрахунок кількості хлоропластів у клітині – за Мокроносим [14], визначення об'єму і площі поверхні хлоропластів – за [15, 16]; стан продихів визначали методом відбитків [13]. Одержані результати опрацьовували методами математичної статистики [17].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Водний дефіцит знижує інтенсивність фотосинтезу й утворення АТФ, а також гальмує відтік продуктів фотосинтезу з листків. При водному дефіциті знижується дихальний коефіцієнт, інтенсивність дихання різко падає, особливо у молодих листків [18].

Оскільки нестача води в тканинах рослин призводить до глибоких порушень перебігу фізіологічних процесів у них, необхідно оцінити величину водного дефіциту. Нами було встановлено, що водний дефіцит становить (від контрольних значень): у рослин сорту Радуга – $99,3 \pm 2,41\%$, у сорту Росинка – $66,8 \pm 2,64\%$.

Як видно, найбільш негативно нестача води відобразилась на білій гірчиці сорт Радуга. На основі аналізу літературних джерел можна припустити, що в рослинах сорту Росинка відбулося накопичення АТФ або гідрофільних речовин, зокрема проліну, і саме це сприяло утриманню рослиною води [19].

Наступним показником, що аналізувався нами, була кількість хлоропластів. Хлоропласти – тип пластид, органела, знайдена в клітинах рослин і деяких водоростей, що не відносяться до рослин. Хлоропласти поглинають сонячне світло і використовують його разом з водою та вуглекислим газом для отримання енергії для рослини (у формі АТФ) шляхом фотосинтезу. З огляду на важливу функцію, що виконують хлоропласти, необхідно дослідити реакцію фотосинтетичного апарату рослин на дію стресорів, зокрема посухи.

В нашому експерименті було оцінено такі показники, як: лінійні розміри хлоропластів (найбільший та найменший діаметри (далі – довжина і ширина)), об'єм і площа поверхні хлоропластів у контрольному та дослідному варіантах.

У таблиці 1 наведені одержані дані щодо мінливості довжини і ширини хлоропластів обох досліджених сортів гірчиці за дії посухи.

Оцінка впливу дефіциту вологи на лінійні розміри хлоропластів дозволила зафіксувати наступне: в обох досліджених сортів гірчиці статистично достовірно змінюється довжина хлоропластів, у найбільшій мірі – у сорту Радуга. Ширина хлоропластів за дії посухи практично не зазнає змін в обох досліджених сортів.

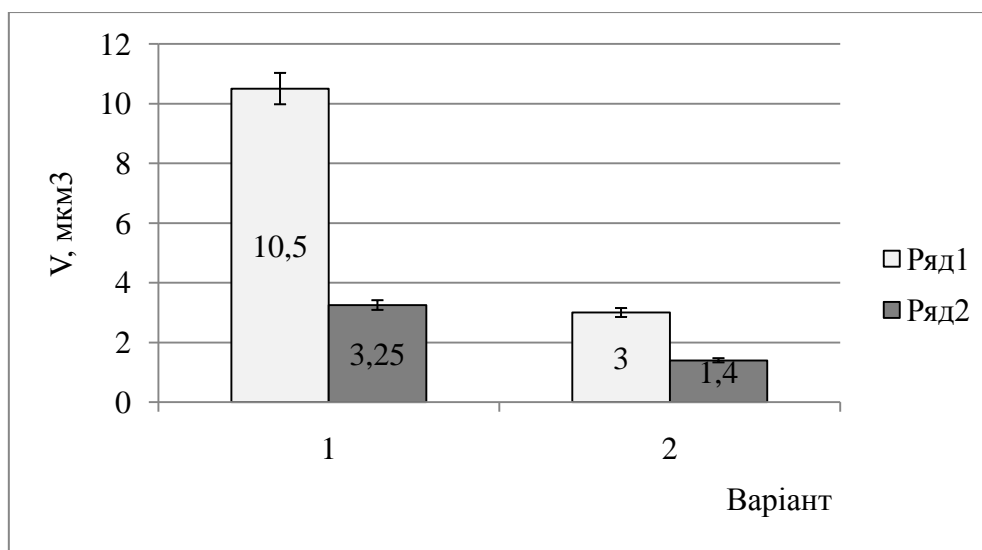
Нами було також розраховано об'єм (V) і площу (S) поверхні хлоропластів, що належать, згідно з А.Т. Мокроносим, до основних показників мезоструктури фотосинтетичного апарату рослин. Як видно з рисунків 1 і 2, у сорту Радуга ці параметри набули наступних значень: у контрольному варіанті об'єм – $10,5 \pm 0,99$ мкм³ та площа – $23,5 \pm 1,6$ мкм², в дослідному об'єм хлоропластів – $3,25 \pm 1,2$ мкм³, площа – $10,0 \pm 1,4$ мкм². Об'єм хлоропластів за дії посухи склав у сорту Радуга – 30,9% від контролю, а їх площа – 42,5%.

Таблиця 1 – Вплив посухи на лінійні параметри хлоропластів гірчиці

Сорт	Показники			% від контролю	td
Радуга	довжина	контроль	2,4±0,100	—	—
		дослід	1,4±0,059***	58,3	8,3
	ширина	контроль	0,6±0,086	—	—
		дослід	0,5±0,045	81,2	1,1
Росинка	довжина	контроль	1,4±0,040	—	—
		дослід	1,2±0,055*	85,7	2,9
	ширина	контроль	0,5±0,037	—	—
		дослід	0,4±0,120	82,3	0,8

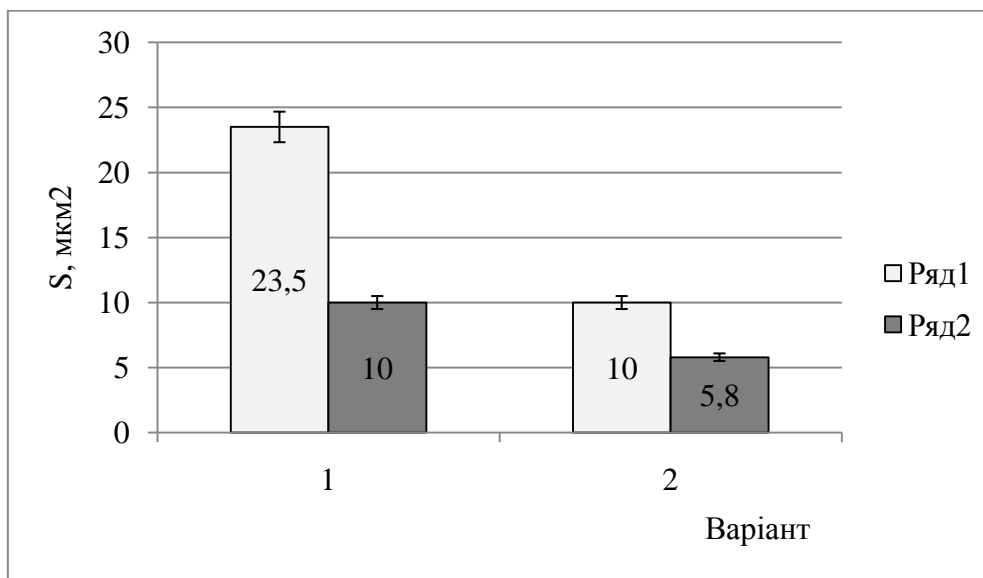
Примітка. *, *** – відмінність між контрольними і дослідними величинами статистично достовірна при $P > 95\%$ та $P > 99,9\%$, відповідно.

У сорту Росинка ці показники такі: в контрольному варіанті об'єм – $3,0 \pm 0,9 \text{ мкм}^3$ та площа – $10,0 \pm 0,63 \text{ мкм}^2$, у досліді об'єм хлоропластів – $1,4 \pm 0,89 \text{ мкм}^3$ та площа $5,8 \pm 0,90 \text{ мкм}^2$ (рис. 1, 2). Отже, у сорту Росинка об'єм хлоропластів становить 46,7% від контролю, а площа поверхні хлоропластів – 58,1% від контрольних значень.



1 – сорт Радуга, 2 – сорт Росинка; ряд 1 – контроль, ряд 2 – посуха

Рисунок 1 – Мінливість показника «об'єм хлоропластів» за дії посухи



1 – сорт Радуга, 2 – сорт Росинка; ряд 1 – контроль, ряд 2 – посуха

Рисунок 2 – Мінливість показника «площа хлоропластів» за дії посухи

З отриманих даних ми можемо зробити висновок, що посуха негативно впливає на зелені пластиди рослин, оскільки змінюються їх лінійні розміри, об'єм та площа, крім того, вони розміщені більш хаотично. В цьому експерименті нестача води найбільш негативно позначилась на фотосинтетичному апараті білої гірчиці сорту Радуга: її хлоропласти мають більший розмір, але меншу кількість в полі зору.

На рисунках 3 і 4 представлений зовнішній вигляд хлоропластів контрольних рослин і тих, що виростили за умов дефіциту вологи.

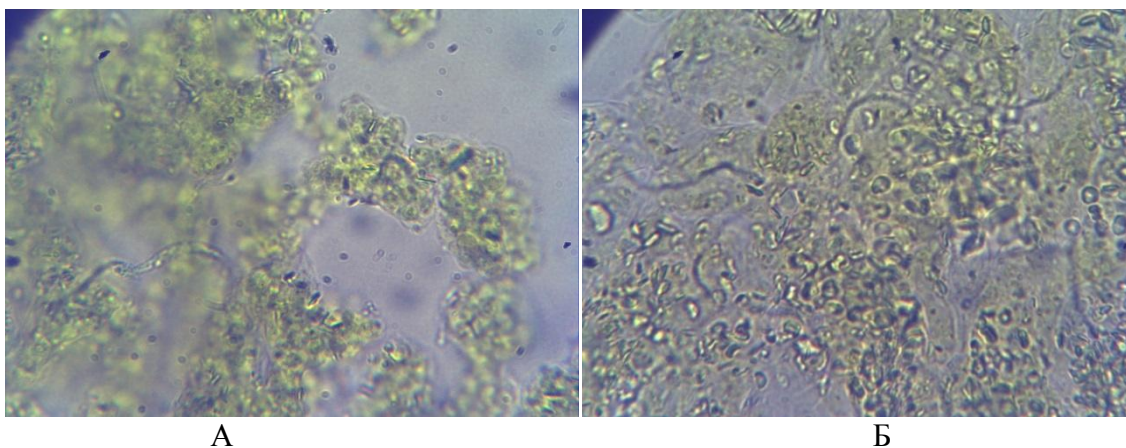
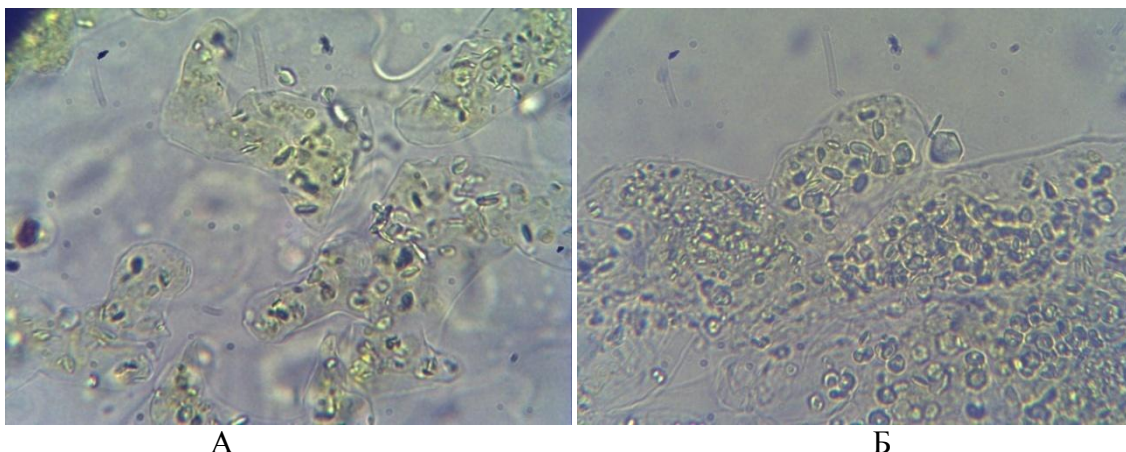


Рисунок 3 – Хлоропласти білої гірчиці сорту Радуга під час вирощування в контрольних умовах (А) та в умовах дії посухи (Б)



А

Б

Рисунок 4 – Хлоропласти сизої гірчиці сорту Росинка під час вирощування в контрольних умовах (А) та в умовах дії посухи (Б)

Як відомо, спостереження за ступенем відкриття продихів є важливим у фізіологічній та агрономічній практиці, оскільки допомагає встановити необхідність постачання рослин водою. Закриття продихів свідчить про несприятливі зрушення у водному обміні, а, отже, про утруднення надходження у листок вуглекислого газу.

У таблиці 2 наведені дані щодо ступеня відкриття продихової щілини. З них видно, що в обох вивчених сортів за дії посухи ширина продихової щілини суттєво менша порівняно з контролем, причому в більшій мірі – у сорту Радуга (відхилення від контролю склало 42,4 %).

Таблиця 2 – Вплив посухи на ширину продихової щілини, мкм

Варіанти Сорти	Контроль	Дослід	% від контролю	td
Радуга	6,6±0,7	3,8±0,9*	57,6	2,6
Росинка	11,4±0,8	8,0±0,4***	69,9	3,8

Примітка. *, *** – відмінність між контрольними і дослідними величинами статистично достовірна при $P > 95\%$ та $P > 99,9\%$, відповідно.

Під час проведення дослідження було встановлено, що в умовах посухи на одиницю поверхні листка (в полі зору) припадає більше продихів порівняно з контрольними рослинами (в обох досліджених сортів, але в більшій мірі – у сорту Росинка) (рис. 3 і 4).

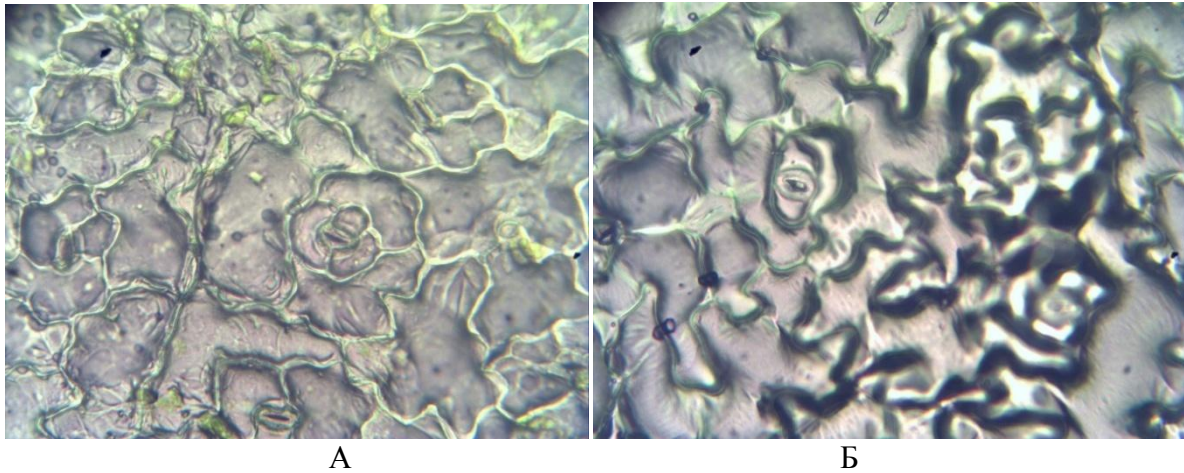


Рисунок 3 – Продири сизої гірчиці сорту Росинка в нормальних умовах (А) та в умовах посухи (Б)

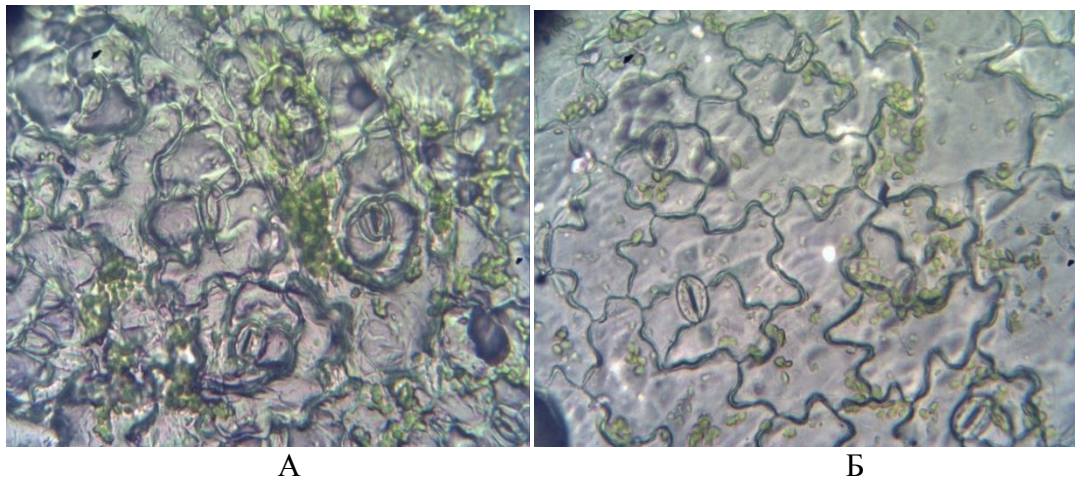


Рисунок 4 – Продири білої гірчиці сорт Радуга в нормальних умовах (А), та в умовах посухи (Б)

Це явище отримало назву «ксероморфна будова» (структура). Так, згідно з правилом В.Р. Заленського (1904 р.), для оптимізації водного режиму верхніх ярусів, що знаходяться в умовах гіршого водопостачання, спостерігається збільшення кількості і густоти жилок, зменшення клітин мезофілу листка, збільшення кількості продихів, що супроводжується зменшенням їх розмірів [20]. Очевидно, що формування подібної структурної організації, зокрема, збільшення кількості продихів на одиницю площі, є адаптивним аспектом стосовно умов нестачі води.

Отже, аналізуючи усі досліджені анатомо-фізіологічні показники, слід зазначити, що рослини гірчиці сизої сорту Росинка продемонстрували більшу стійкість до посухи порівняно з рослинами гірчиці білої сорту Радуга. Так, у рослин сорту Росинка був менше виражений водний дефіцит, у меншому ступені зазнали змін вивчені параметри хлоропластів (їх довжина, об'єм і площа поверхні); продихи були відкриті в більшій мірі та їх кількість в умовах дефіциту вологи істотно збільшувалася.

Перспективним є проведення досліджень подібного роду із залученням інших сортів гірчиці білої та гірчиці сизої.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що водний дефіцит рослин гірчиці становить (% від контрольних значень): у сорту Радуга – $99,3 \pm 2,41$, а у сорту Росинка цей показник склав $66,8 \pm 2,64$. Це свідчить про більш досконалу систему регуляції водного режиму в сорту Росинка.
2. В обох досліджених сортів гірчиці статистично достовірно змінюється довжина хлоропластів, у найбільшій мірі – у сорту Радуга (відхилення від контролю – 41,7%). Ширина хлоропластів за дії посухи практично не зазнає змін.
3. Об'єм хлоропластів за дії посухи склав у рослин сорту Радуга – 30,9% від контролю, а їх площа – 42,5%; у гірчиці сорту Росинка об'єм хлоропластів становить 46,7% від контролю, а площа поверхні хлоропластів – 58,1% від контрольних значень.
4. Оцінка ступеня розкриття продихової щілини свідчить, що в обох вивчених сортів за дії посухи ширина продихової щілини суттєво менша порівняно з контролем, причому в більшій мірі – у сорту Радуга (відхилення від контролю склало 42,4 %).
5. В умовах дефіциту вологи на одиницю поверхні листка (в полі зору) припадає більше продихів порівняно з контрольними рослинами (в обох досліджених сортів, але в більшій мірі – у сорту Росинка). Це є однією з ознак формування ксероморфної структури листка.
6. Аналіз комплексу досліджених параметрів дозволяє зробити висновок, що більш посухостійкою є сиза гірчиця сорту Росинка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електронний ресурс. Режим доступу <http://miragro.com/vyrashchivanie-gorchitsy.html>.
2. Зінченко В.Н. Рослинництво / В.Н. Зінченко, О.І. Салатенко, М.А. Білоножко. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 591 с.
3. Лещенко А.К. Олійні та ефіроолійні культури / А.К. Лещенко. – К.: Мета, 2006. – 205 с.
4. Литвин С.Г. Олійні культури на Україні / С.Г. Литвин. – К.: Вища освіта, 2012. – 50 с.
5. Олія – надійний шлях до здорового життя. Буклет / ІЮК УАААН, 2010. – 12 с.
6. Рослинництво: Підручник / С.М. Каленська, О.Я. Шевчук, М.Я. Дмитришак, О.М. Козяр, Г.І. Демидась; За редакцією О.Я. Шевчука. – К.: НАУУ, 2005. – 502 с.
7. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова. — М.: КолосС, 2007.— 612 с.
8. Електронний ресурс. Режим доступу <http://vniimk.ru/about-15>.
9. В.М. Журавель. Перспективи вирощування гірчиці озимої // Посібник українського хлібороба. – 2012. Електронний ресурс. Режим доступу http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Chem_Biol/Pukh/2012_2/0-48.pdf.
10. Електронний ресурс. Режим доступу <http://agrovoly.com/struktura.php?news=495/>
11. Електронний ресурс. Режим доступу <http://tsk-terra.ru/products/gorchitsa-belaya-sorta-raduga-rs1>.
12. Коновалов Н.Г. Новый безэруковый сорт яровой горчицы сарептской Росинка / Н.Г. Коновалов // Научно-техн. Бюллетень ВНИИМК. – 2003. – № 2 (129). – С. 60–61. Електронний ресурс. Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-bezerukovyy-sort-yarovoy-gorchitsy-sareptskey-rosinka>.

13. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин / В.П. Бессонова. – К.: Думка, 2006. – С. 275–278.
14. Мокроносов А.Т. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов / А.Т. Мокроносов, Н.А. Борзенкова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1978. – № 3. – С. 119–131.
15. Патент на корисну модель № 106144 Спосіб визначення морфології пластидного апарату рослин від 25.04.2016 р. / Лях В.О., Яранцева В.В., Левчук Г.М., Полякова І.О.
16. Патент на винахід № 111420 Спосіб оцінки та прогнозування продуктивності рослин від 25.04.2016 р. / Лях В.О., Яранцева В.В., Левчук Г.М., Полякова І.О.
17. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 320 с.
18. Електронний ресурс. Режим доступу <http://fizrast.ru/osnovy-ustoychivosti/ustoychivost-k-zasuhe/nedostatok-vody.html>.
19. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений / Т.В. Чиркова. – СПб: СПбГУ, 2002. – 244 с.
20. Бессонова В.П. Фізіологія рослин / В.П. Бессонова, С.О. Яковлева-Носарь. – Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А.Л.», 2014. – 596 с.

REFERENCES

1. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <http://miragro.com/vyrashchivanie-gorchitsy.html>.
2. ZInchenko V.N. Roslinnitstvo / V.N. ZInchenko, O.I. Salatenko, M.A. Bilonozhko. – K.: Agrarna osvIta, 2012. – 591 s.
3. Leschenko A.K. Oliyni ta eflrooliyni kulturi / A.K. Leschenko. – K.: Meta, 2006. – 205 s.
4. Litvin S.G. Oliyni kulturi na Ukrayini / S.G. Litvin. – K.: Vischa osvita, 2012. – 50 s.
5. Oliya – nadiyniy shlyah do zdorovogo zhittya. Buklet / IOK UAAAN, 2010. – 12 s.
6. Roslinnitstvo: Pidruchnik / S.M. Kalenska, O.Ya. Shevchuk, M.Ya. Dmitrishak, O.M. Kozyar, G.I. Demidas; Za redaktsiEyu O.Ya. Shevchuka. – K.: NAUU, 2005. – 502 s.
7. Rasteniєvodstvo / G. S. Posyipanov, V. E. Dolgodvorov, B. X. Zherukov i dr.; Pod red. G.S. Posyipanova. — M.: KolosS, 2007.— 612 s.
8. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <http://vniimk.ru/about-15>.
9. V.M. Zhuravel. Perspektivi viroschuvannya girchitsI ozimoyi // PosIbnik ukrayinskogo hliboroba. – 2012. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Chem_Biol/Pukh/2012_2/0-48.pdf.
10. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <http://agrovolya.com/struktura.php?news=495/>
11. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <http://tsk-terra.ru/products/gorchitsa-belaya-sorta-raduga-rs1>.
12. Konovalov N.G. Novyyi bezerukovyyi sort yarovoy gorchitsyi sareptskoy Rosinka / N.G. Konovalov // Nauchno-tehn. Byulleten VNIIMK. – 2003. – # 2 (129). – S. 60–61. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-bezerukovyy-sort-yarovoy-gorchitsy-sareptskoy-rosinka>.
13. Bessonova V.P. Praktikum z fiziologiyi roslin / V.P. Bessonova. – K.: Dumka, 2006. – S. 275–278.

14. Mokronosov A.T. Metodika kolichestvennoy otsenki struktury i funktsionalnoy aktivnosti fotosinteziruyuschih tkaney i organov /A.T. Mokronosov, N.A. Borzenkova // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. – 1978. – # 3. – S. 119–131.
15. Patent na korisnu model # 106144 Sposib viznachennya morfologiyi plastidnogo aparatu roslin vId 25.04.2016 r. / Lyah V.O., Yarantseva V.V., Levchuk G.M., Polyakova I.O.
16. Patent na vinahId # 111420 Sposib otsInki ta prognozuvannya produktivnosti roslin vId 25.04.2016 r. / Lyah V.O., Yarantseva V.V., Levchuk G.M., Polyakova I.O.
17. Lakin G.F. Biometriya / G.F. Lakin. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 320 s.
18. Elektronniy resurs. Rezhim dostupu <http://fizrast.ru/osnovy-ustoychivosti/ustoychivost-k-zasuhe/nedostatok-vody.html>.
19. Chirkova T.V. Fiziologicheskie osnovyi ustoychivosti rasteniy / T.V. Chirkova. – SPb: SPbGU, 2002. – 244 s.
20. Bessonova V.P. FiziologIya roslin / V.P. Bessonova, S.O. Yakovleva-Nosar. – DnIpropetrovsk: Vid-vo «Svidler A.L.», 2014. – 596 s.

Рецензенти: Журавель В.М., к.с.-х. н., с.н.с., вчений секретар Інституту олійних культур НААНУ;
Полякова І.О., к.б.н., доцент кафедри садово-паркового господарства та генетики ЗНУ.