

УДК 635.15:631.5

DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-4

ОЦІНКА ЖАРОСТІЙКОСТІ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЛАБОРАТОРНИМИ МЕТОДАМИ

Я.Г. ЦИЦЮРА, канд. с.-г. наук, доцент
Вінницький національний аграрний
університет

У статті висвітлено результати вивчення особливостей вивчення посухо- та жаростійкості трьох районованих сортів редьки олійної, які ґрунтуються на широкопробованих методиках, застосовуваних до цілого ряду інших сільськогосподарських культур. Систематизовано погляди різних дослідників на процеси формування температурних стресових адаптацій рослин з огляду на механізм посухо- та жаростійкості та його роль у забезпеченні розробки адаптивних елементів технології вирощування хрестоцвітих культур та кліматичні зміни періоду вегетації у ареалі господарського поширення редьки олійної.

Вивчено особливість застосування одночасно двох лабораторних методик. Одна з методик базується на стресових реакціях насіння з оцінкою рівня його схожості після попереднього тривалого прогрівання намоченого насіння за поступово наростаючих високих температур. Друга методика базується на температурній реакції асиміляційного апарату рослин на середовище з різною температурою з метою встановлення ступеня деструктивного впливу високих температур на структури листка з послідуєчим визначенням ступеня ураження досліджуваних зразків, шляхом окрашення вражених зон у відповідних хімічних середовищах.

Застосування вказаної методології дозволило визначити що порогове значення температур для формування стандартно допустимих рівнів лабораторної схожості у вивчаємих сортів редьки олійної знаходиться в інтервалі 35–45 °С. Фактичне інтенсивне зниження лабораторної схожості для насіння з однорічним біологічним віком у вивчаємих сортів редьки олійної відмічено за температурного режиму прогрівання в 60 °С і вище з нульовим рівнем лабораторної схожості вже на рівні 80 °С.

Враховуючи короткий період прогрівання насіння за попереднього його замочування, рослини редьки олійної здатні переносити короткочасне підвищення температури повітря, за достатнього ґрунтового зволоження, у довірчому діапазоні 40–55 °С. Враховуючи зниження лабораторної схожості для насіння біологічного віку 1–5 років вже починаючи з рівня попереднього прогрівання при температурі 30 °С – оптимум пророщування сортів редьки олійної та оптимальний режим росту і розвитку рослин редьки олійної за умов достатнього ґрунтового зволоження найбільш ймовірно знаходиться в інтервалі 20–25 °С. За результатами застосування вказаних методик стосовно посухо- та жаростійкості вивчаємі сорти редьки олійної можна розмістити у такому порядку зниження показника Райдуга–Журавка–Либідь.

У статті сформульовано перспективи подальших досліджень у сфері оптимізації діагностування посухо- та жаростійкості лабораторними методами.

Ключові слова: редька олійна, посухостійкість, жаростійкість, схожість, пророщування, температурна адаптація.

Табл. 3. Рис. 2. Літ. 15.

Постановка проблеми. Важливим чинником формування високопродуктивних агрофітоценозів сільськогосподарських культур є забезпечення формування дружніх та рівномірних сходів, оптимізація строків посіву з огляду на температуру ґрунту та довкілля та оптимізація ростових процесів з огляду на кліматичні зміни. Останній чинник є важливим, оскільки тенденції кліматичних змін в останні періоди зумовлюють аномально високі температури саме у період інтенсивного росту та формування врожаю основних сільськогосподарських культур.

Відомо [1], що швидкість формування сходів, а також тривалість періоду такого формування від посіву до повних сходів визначається цілим рядом основних прямих та непрямих чинників. До прямих відносять у першу чергу температуру за якої відбувається пророщування та вологість субстрату в якому розміщується насіння. Ці два чинники є результируючими у формуванні величини як польової, так і лабораторної схожості насіння [2]. При цьому, характер жаростійкості культури можна оцінювати саме на стадії проростання за рахунок вивчення адекватності реакції насіння за здатністю до пророщування за попереднього впливу на нього високих температур, які перебувають поза біологічним оптимумом росту і розвитку насіння власне сільськогосподарської культури [3].

Іншим складовими методами вивчення жаростійкості рослин є оцінка ступеня пошкодження рослинних тканин за їх занурення у водяну баню відповідної температури та послідуючого з'ясування ступеня їх пошкоженості у варіанті оцінки величини некрозів клітинних стінок за рахунок побуріння тканини у відповідному реактивному середовищі [4]. Така методологія підтвердила свою ефективність у вивченні жаростійкості цілого ряду сільськогосподарських культур і широко використовується у практиці лабораторних підходів до оцінки температурної стресостійкості культурних рослин.

Враховуючи вище наведені факти, наші дослідження, які були направлені на пошук інтервалу толерантності рослин редьки олійної до високих температур з метою встановлення дієвих виробничих технологічних регламентів строків її сівби та періодів формування агрофітоценозів культури є актуальними та такими, що потребують наукового вивчення та узагальнення. Ця актуальність є ще більш вагомим з огляду на те, що основні технологічні підходи до формування агрофітоценозів редьки олійної на території України сформульовано ще у 80-90-х роках минулого століття і для сучасних умов господарювання та визначених кліматичних змін ці підходи потребують переоцінки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення питання жаростійкості хрестоцвітих культур займався цілий ряд як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. Серед вітчизняних вчених основні аспекти вивчення стійкості сільськогосподарських культур до високих температур відмічено у працях В.В. Кириленко і ін. [2], В.Г. Шахбазова [6], П.А. Генкеля [7], Д.М. Кушніренко і ін [8], И.А. Григорюк і ін. [8] та ряду інших [9-14].

У більшості вказаних досліджень відмічається, що оцінку жаростійкості певних видів культурних рослин можна ефективно поєднувати із двох складових – польового вивчення посухо- та жаростійкості на основі широкого кола апробованих методик, а також за рахунок застосування лабораторних методик такої оцінки.

Лабораторні методи в ряді досліджень [3, 4, 8, 11] сьогодні згруповано до двох основних базових методик: пророщування насіння, яке попередньо піддане високим плюсовим температурам та оцінка реакції вегетативних органів рослин на занурення у воду відповідних плюсових температур. На думку И.А. Григорюка і ін [9] обидва підходи є ефективними та підтвердили високий позитивний зв'язок із результатами польової оцінки рівнів посухостійкості на ряді зернових, зернобобових та технічних культурах. До такого ж висновку прийшли в своїх оцінках і дослідженнях П.А. Генкель [7], И.В. Косаковская [11].

При цьому, слід зауважити, що застосування подібних методик вивчення посухо- та жаростійкості для групи хрестоцвітих культур обмежено переважно культурою озимого ріпаку.

Таким чином, з'ясування аспектів температурної стресостійкості редьки олійної дозволить поглибити наші знання у галузі формування адаптивних стрес-реакцій рослин на різкі зміни абіотичних чинників довкілля та дозволить використати ці біологічні механізми у формуванні адаптивних елементів технології вирощування сільськогосподарських культур.

Умови та методика досліджень. Дослідження проводились у лабораторних умовах із використанням насіння трьох сортів редьки олійної – Райдуга, Журавка та Либідь. З метою вивчення впливу довговічності зберігання насіння на показники його реакції на підвищені температури насінневі проби включали насіння 10-ти, 5-ти та 1-но річного біологічного віку після збирання. Для ранньої діагностики жаростійкості сортів редьки олійної застосовували загальні рекомендації методики В.Г. Шахбазова [6] змінені нами на формат прогрівання набухлого насіння за різних діапазонів температур. Сама методика передбачала відбір у 4-х повтореннях по 50 насінин сортів редьки олійної, які розкладали у пластмасові коробочки і замочували у дистильованій воді при температурі 25 °С протягом 18 годин (з 12 години до 8 ранку), потім ці коробочки з насінням прогрівались (крім контрольних варіантів 25 °С) протягом 120 хв. у термостаті при різних температурах (30 ... 80 °С) з технологічним кроком варіанту 10 °С. Прогріте насіння відповідних варіантів поміщалося у термостатні умови де пророщувалося відповідно до державного стандарту України (ДСТУ 4138-2002) з термінами і методологією для хрестоцвітих культур. Облік схожості

проводили на 6 добу пророщування. Для температурних режимів прогрівання та пророщування було використано термостат ТСО-1/80 СПУ.

Для вивчення питання взаємозв'язку лінійних розмірів насіння редьки олійної з показниками її посівних якостей відбирали для пророщування три інтервальні фракції 7-10 г маси 1000 насінин, 10-13 г та 13-16 г. Визначення фракційної маси рослин проводили шляхом індивідуального зважування насіння на електронних вагах розмірної точності 0,01 г.

Для визначення жаростійкості вегетуючих рослин редьки олійної використовували ще одну широкоапробовану методику Ф.Ф. Мацкова [4]. Для досліджень відбиралось листя середнього ярусу з рослин все тих же трьох сортів редьки олійної у фазу початку цвітіння. Зразки по 5 листків послідовно занурювали у водяну баню на 30 хв. з діапазоном температур від 0 до 90 °С (з кроком у 5 °С з контролем за застосування шупового електротермометра). Листки з водяної бані поступово переносили у кристалізатор з водою кімнатної температури. Після цього листя переносилось у посудину з розчином 0,2 Н HCl де утримувалось протягом 18-20 хв. За рахунок впливу високих температур за певного їх рівня відбувалось руйнування мембран клітин листкових пластинок, вони починали пропускати кислоту, яка у процесі феофітинізації хлорофілу викликала побуріння зон температурного ураження. За температури 80 °С (летальний рівень) дослід припиняли. Ступінь жаростійкості зразків визначали за часткою побурівших тканин листової пластинки у % до загальної площі сканованого зображення листової пластинки.

Для визначення ступеня ураження листкових пластинок застосовували обробку сканованого зображення у середовищі програмного пакету Image J.

Статистичну оцінку отриманих результатів обліків проводили відповідно до загально застосовуваних рекомендацій [15].

Виклад основного матеріалу досліджень. Відомо, що у системі формування жаростійкості рослин значну роль відіграють показники в'язкості протоплазми та показниками інтенсивності клітинного та клітинно-тканинного метаболізму [7].

З цієї позиції, на нашу думку, вплив відповідних температур запускає певні фізіологічні зміни в клітинах та тканинах рослинного організму, які в свою чергу формують систему сигнальних реакцій через призму синтезу стресових білків та зміни співвідношення інших фізіологічно-активних речовин у тому числі інгібіторів чи стимуляторів росту, які вже на ранніх стадіях формування рослинного організму є свідченням відповідних рівнів температуростійкості за рахунок можливості адекватної реакції на підвищення температури формуванням захисних біологічних механізмів, які забезпечують навіть у вираженості стресових подразників гарантувати нормальність фізіологічних перетворень, зокрема високих рівнів схожості на стадії насіння.

Також відомо, що рослинні організми можуть витримувати високотемпературний стрес за рахунок двох процесів – уникнення або адаптації [9, 10]. Перший за твердженнями П.А. Генкеля [7] характеризується продукуванням

осмопротекторів, експресією білків, підвищенням рівня антиоксидантного захисту і контролю інтенсивності кутикулярної та продихової транспірації, другий – зміною просторової орієнтації та скручуванням листкової пластинки, транспіраційним охолодженням, ранньою стиглістю та перебудовою мембрано-ліпідного комплексу.

Проте по своїй суті, вираженість жаростійкості рослинного організму буде в значній мірі визначатись протіканням ефекту зневоднення рослинних тканин, ефектами перегріву надземної частини рослинного організму за рахунок фізіологічного рівня терморегуляції і транспірації. Це у підсумку визначатиме темпи гальмування росту рослини, аномально інтенсивні процеси формування генеративної частини, високі темпи абортатії плодоеlementів. Тобто у підсумку такі рослини, з низьким рівнем посухо- і жаростійкості демонструватимуть низьку масу рослини, порушення у фенологічному розвитку, ювенільне цвітіння тощо.

Ймовірність направленості таких процесів на думку А.Ф. Титова, В.В. Таланова [11], можна спрогнозувати визначивши реакцію надземної частини рослин на підвищення температури у вираженості пошкодженості листків, розвиткові некрозів різного рівня та навіть руйнування частини пластидної паренхіми.

Цілий ряд досліджень свідчить [1, 6, 10, 11, 13], що насіння має досить виражені і чутливі механізми реакції на поступове прогрівання. З одного боку такі механізми пов'язані із виходом насіння із стадії спокою, інші – із фізіологічними змінами у тканинах і зародку насінини у зв'язку з реакцією хімічних сполук на зміну температур. У підсумку, за наявності механізму температурної преадаптації у рослин, їх насіння буде витримувати більш широкий коридор температур та формуватиме відповідні рівні схожості насіння навіть за біологічно-порогових значень прогрівання. Додаткове ж зволоження насіння до стадії первинного набухання, методично за використання наростаючих температур дозволяє змодельовати природні фізіологічні процеси ініціації росту і проростання у взаємодії до зростаючих температур.

З іншої сторони, відомо [2, 5], що швидке проростання насіння редьки олійної спостерігали при 27–34 °С (близько 50 годин). Підвищення температури проростання (37 і 40 °С) призводило до накльовування насіння вже через 42 години, але фази повного проростання вони не досягали через загибель проростків. Така температура, очевидно, являється гранично високою для успішного проростання редьки олійної. Слід зазначити, що при цьому насіння, не проросле взагалі, не гинуло. Доказом цьому служить те, що після 4 діб пророщування при 40 °С відсоток насіння, що набухло, складав 24,5 %, а після зниження температури до 20 °С проростало ще 60 насінин. Тобто, непроросле, але набрякле насіння при температурі 40 °С зберігало свою життєздатність. Діапазон температури, в якому насіння редьки олійної проростало без втрати схожості, склав від 3 до 34 °С, але час проростання змінювався від 220 до 42 годин відповідно. Температурний інтервал від 14 до 34 °С є оптимальним, оскільки енергія проростання і схожість в цих межах не розрізнялися.

Найбільш сприятлива температура для її росту і розвитку 18–22°C. Проте період активної вегетації її може тривати до настання стійких заморозків, а в деяких випадках – до середини грудня за пониження температури нижче мінус 5 °С. Критичний період до високих температур тривалий і розтягнутий від фази бутонізації до фази плодоношення. Особливо чутлива редька олійна на підвищений температурний режим з низькою вологістю повітря в 50–60 %. Високі температури підвищують вміст протеїнів та клітковини в зеленій масі, а також суттєво знижують продуктивність рослин. Особливо негативно на продуктивності рослин відображується поєднання високих температур та дефіциту ґрунтової вологи в період цвітіння – плодоношення (до фази зеленого стручка) (Рис. 1).



Рис. 1. Зниження тургору листків та загальної облистяності рослин сорту Журавка за норми висіву 2,0 млн шт./га схожих насінин на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ на початку фази зеленого стручка в період інтенсивного наростання пікових значень середньодобової температури, дослідне поле ВНАУ (2015 р.).

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень.

Таким чином, враховуючи чітку норму реакції редьки олійної на зміну температурних параметрів пророщування насіння методика, яку ми застосували у лабораторних умовах має потенціал високодостовірного застосування, що й підтвердили результати наших досліджень.

Нами встановлено (Табл. 1), що попереднє прогрівання протягом двох годин замоченого насіння редьки олійної впливає на показники його лабораторної схожості. При цьому цей вплив мав різний характер залежно від біологічного віку насіння. Для насінневого матеріалу сортів редьки олійної віком один біологічний рік застосування попереднього прогрівання температурою вже у межах 30–35 °С

мало виражений понижуючий ефект на формування показника лабораторної схожості із певним значенням сортової специфічності. Так до контрольного варіанту за рахунок попереднього двохгодинного прогрівання насіння сортів редьки олійної при температурі 30 °С лабораторна схожість насіння знизилась від 2,5 % у сорту Райдуга до 3,3 % у сорту Журавка. Зростання температури попереднього прогрівання до 35 °С забезпечувало ще вищі рівні зниження лабораторної схожості насіння у всіх сортів – від 5,2 % у сорту Райдуга, до 5,2 % – у сорту Либідь. Послідує зростання температури прогрівання до 45 °С було критичним, оскільки зумовило загальне зниження лабораторної схожості насіння редьки олійної нижче стандартної у 70,0 %.

Фактичне інтенсивне зниження лабораторної схожості для насіння з однорічним біологічним віком у вивчаємих сортів редьки олійної відмічено за температурного режиму прогрівання в 60 °С і вище з нульовим рівнем лабораторної схожості вже на рівні 80 °С.

Таблиця 1

Жаростійкість сортів редьки олійної визначена методом температурної обробки замоченого насіння у модифікації методу В.Г. Шахбазова [6], 2020 р.

Сорт редьки олійної	Лабораторна схожість насіння на 6 добу пророщування на фільтрувальному папері за температури 25 °С за попереднього двохгодинного прогрівання насіння температурою, °С													
	К*	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Насіння урожаю 2019 року														
Райдуга	94,3	91,8	89,1	82,6	62,8	50,8	42,3	30,6	23,2	18,5	9,8	1,3	0,0	0,0
Журавка	96,5	93,2	90,8	79,8	68,4	53,9	47,9	32,4	25,8	14,2	7,4	0,9	0,0	0,0
Либідь	92,8	91,9	87,6	74,5	63,6	47,2	39,8	22,6	15,3	11,2	3,6	0,0	0,0	0,0
Насіння урожаю 2015 року														
Райдуга	88,6	86,4	81,9	70,7	58,8	45,9	33,6	25,7	17,3	12,8	1,9	0,0	0,0	0,0
Журавка	87,2	85,9	82,9	72,2	59,3	41,9	30,2	23,5	11,4	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	83,7	82,5	80,7	69,4	57,9	40,6	28,4	21,7	9,3	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Насіння урожаю 2011 року														
Райдуга	51,9	53,9	52,6	48,9	41,9	32,6	24,8	15,9	10,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Журавка	54,7	56,2	55,1	50,3	42,5	34,5	27,2	17,2	8,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	53,9	55,3	54,6	49,7	40,9	30,8	21,9	12,5	5,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Після арктангенсного перетворення: НІР ₀₅ (сортів) 1,56														
НІР ₀₅ (роки) 9,44														
НІР ₀₅ (температура прогрівання) 2,18														

Примітка. * – К – контрольний варіант.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень.

За біологічного старіння насіння – вік 5 років (насіння урожаю 2015 року) за загального зниження схожості на 8-10 %, причини якого нами було проаналізовано у попередніх наших дослідженнях [2] – ефект попереднього прогрівання насіння за температури прогрівання у 30 °С мав менший понижуючий ефект для всіх сортів редьки олійної, ніж у варіанті пророщування насіння з біологічним віком в 1 рік. При цьому, для насіння редьки олійної 5-ти

річного біологічного віку характер інтенсивного зниження лабораторної схожості зміщується у діапазон 45-50 °С з огляду на стартовий рівень лабораторної схожості насіння та темпи зниження показника у вивчаємому інтервалі температур попереднього прогрівання. Очевидно, що такий характер зміщення пов'язаний з особливостями вікових перетворень сполук насінини та особливостями вікової стабілізації компонентів ендосперму і зародка, особливо помітних у насінні олійних культур та відмічених у дослідженнях Н.К. Ижика [1]. Такі висновки, ще більш наглядно підтверджуються оцінкою впливу попереднього прогрівання на рівень лабораторної схожості насіння 10 річного біологічного віку (урожай 2011 року у таблиці) – за стимулюючого мінімального впливу температур прогрівання у діапазоні 30–35 °С на величину лабораторної схожості у співставленні до контрольного варіанту пророщування – темпи зниження лабораторної схожості за зростання прогрівання мають менші темпи зниження у співставленні до насіння 5-ти річного біологічного віку. Проте і граничний детермінуючий мінімум лабораторної схожості звужується до максимального температурного параметру у 65 °С.

Таким чином, виходячи з отриманих даних лабораторного вивчення формування схожості насіння сортів редьки олійної за його попередньої термічної обробки допустимий температурний оптимум для рослин редьки олійної, який закладено в теоретичну сутність методу В.Г. Шахбазова, знаходиться у інтервалі 30–45 °С. Враховуючи короткий період прогрівання насіння за попереднього замочування рослини редьки олійної здатні переносити короткочасне підвищення температури повітря за достатнього ґрунтового зволоження у довірчому діапазоні 40–55 °С. Враховуючи зниження лабораторної схожості для насіння біологічного віку 1–5 років вже починаючи з рівня попереднього прогрівання при температурі 30 °С – оптимум пророщування сортів редьки олійної та оптимальний режим росту і розвитку рослин редьки олійної за умов достатнього ґрунтового зволоження найбільш ймовірно знаходиться в інтервалі 20–25 °С. За результатами застосування вказаної методи стосовно посухо- та жаростійкості вивчаємі сорти редьки олійної можна розмістити у такому порядку зниження показника Райдуга–Журавка–Либідь.

Наглядно результати наших досліджень підтверджуються (Рис. 2).

Важливим, враховуючи високу мінливість насіння редьки олійної за лінійними розмірами та ваговими характеристиками [2, 5], є вивчення жаростійкості насіння різних вагових фракцій.

Актуальність цього питання визначається можливою істотною різницею між формуванням схожості насіння після попереднього його прогрівання з огляду на величину ендосперми насіння та співвідношення між масою зародкової та ендоспермальної частини насінини відмічену у дослідженнях Н.К. Ижика [1] та А.М. Волкова, Ю.Г. Перепадя [9]. Отримані нами результати засвідчують (Табл. 2), що температурна чутливість насіння у редьки олійної

знижується за зростання його індивідуальної ваги. Така особливість була встановлена для всіх сортів редьки олійної. Причому, найбільш відчутна різниця між зниженням схожості насіння за зростання температури його прогрівання встановлена між кардинально протилежними ваговими фракціями насіння в 7-10 та 13-16 г.



Рис. 2. Схожість насіння редьки олійної сорту Журавка попередньо прогрітого при температурі (попередньо зліва-направо: контроль 25 °С, 30 °С, 75 °С, 90 °С, 2020 р.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень.

Ця співставна різниця знижується у міру біологічного старіння насіння. Так, для порогової температури прогрівання насіння у 65 °С різниця між фракціями 7-10 та 13-16 г для насіння з біологічним віком один рік по сортах за показником лабораторної схожості насіння знаходилась в інтервалі 12,1-13,3 %, а для насіння з біологічним віком 10 років – 0,8-1,3 %, відповідно.

Різниця між величиною лабораторної схожості знаходилась залежно від температури прогрівання у межах від 1,8 до 10,9 % на користь більшого значення для вагової фракції насіння у 13-16 г. Слід також зауважити, що динамічність зниження лабораторної схожості насіння за зростання величини температури його прогрівання мала все той же характер спадної динаміки проте різні граничні порогові значення температури. Так, для насіння однорічного біологічного віку невисокі значення лабораторної схожості відмічено на рівнях в 70-80 °С, то для насіння десятирічного біологічного віку цей рівень гранично знижено до 65 °С. Таким чином, насіння редьки олійної за тривалого його зберігання змінює характер термостійкості із зниженням його допустимого біологічного порогового значення, щонайменше 1 °С на 1 рік біологічного віку, а стартові та динамічні показники лабораторної схожості мають істотно нижчі рівні як на контрольному, і на дослідному варіанті.

Саме це зумовлює відмінності у реакції на схожість насіння за зростання температури попереднього прогрівання насіння, оскільки температурні

Жаростійкість сортів редьки олійної визначена методом температурної обробки замоченого насіння у модифікації методу В.Г. Шахбазова [6] у розрізі вагових фракцій насіння, 2020 р.

Сорт редьки олійної	Лабораторна схожість насіння на 6 добу пророщування на фільтрувальному папері за температури 25 °С за попереднього двохгодинного прогрівання насіння температурою, °С													
	К*	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Насіння урожаю 2019 року														
Вагова фракція насіння 7-10 г														
Райдуга	91,6	89,4	87,8	76,9	60,8	40,3	35,7	23,2	11,4	5,9	0,8	0,0	0,0	0,0
Журавка	90,6	87,9	82,6	74,5	56,2	37,4	30,7	20,4	10,5	2,6	0,5	0,0	0,0	0,0
Либідь	92,7	90,2	83,6	73,2	51,8	34,6	27,2	18,7	8,1	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 10-13 г														
Райдуга	95,2	92,8	90,4	80,7	63,9	47,9	42,9	31,5	22,8	16,3	7,4	0,5	0,0	0,0
Журавка	94,8	92,6	89,3	78,7	66,7	51,2	44,8	29,5	20,7	13,7	5,1	0,2	0,0	0,0
Либідь	93,6	90,3	85,6	75,8	62,4	46,9	41,2	25,9	18,9	10,7	3,2	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 13-16 г														
Райдуга	96,3	93,8	91,6	82,8	74,1	49,6	44,8	35,4	24,7	19,6	11,8	2,3	0,0	0,0
Журавка	97,5	94,7	92,4	83,6	73,6	53,8	47,5	33,7	22,9	17,7	8,6	1,8	0,0	0,0
Либідь	95,8	92,5	87,8	78,9	65,9	48,4	43,6	30,8	20,2	13,2	7,4	1,2	0,0	0,0
Насіння урожаю 2015 року														
Вагова фракція насіння 7-10 г														
Райдуга	75,6	73,4	71,1	60,8	45,8	30,7	16,7	13,4	2,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0
Журавка	76,8	75,2	73,9	62,2	46,3	31,9	18,8	14,1	4,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	75,7	72,8	71,9	60,1	44,3	28,8	15,9	10,9	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 10-13 г														
Райдуга	79,2	75,8	73,2	64,5	49,1	34,8	22,4	18,7	5,8	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0
Журавка	77,9	76,6	75,4	66,8	48,9	35,6	24,5	19,2	7,1	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0
Либідь	78,4	75,6	75,1	63,2	47,5	30,6	19,2	12,5	5,2	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 13-16 г														
Райдуга	81,6	77,4	75,6	66,8	50,7	36,9	23,8	19,6	6,3	1,9	0,9	0,0	0,0	0,0
Журавка	78,5	77,4	76,7	68,4	49,3	37,8	26,7	22,3	8,6	2,1	0,7	0,0	0,0	0,0
Либідь	79,8	77,2	76,3	65,7	48,6	32,4	21,5	15,2	7,4	1,6	0,7	0,0	0,0	0,0
Насіння урожаю 2011 року														
Вагова фракція насіння 7-10 г														
Райдуга	49,7	51,5	50,1	46,7	35,9	27,6	20,8	10,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Журавка	50,7	53,2	51,1	46,5	37,3	30,2	22,4	9,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	48,9	50,2	48,6	42,1	33,6	26,7	18,9	7,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 10-13 г														
Райдуга	52,3	53,6	52,4	49,5	37,1	29,2	22,7	13,5	1,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Журавка	53,2	55,6	52,8	48,4	38,7	33,2	24,5	12,3	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	50,2	51,3	49,6	43,8	34,5	27,8	19,3	8,5	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Вагова фракція насіння 13-16 г														
Райдуга	55,8	54,2	53,7	50,8	38,7	30,6	24,5	14,8	2,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Журавка	54,1	56,2	53,4	49,6	39,4	34,5	25,7	13,9	2,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Либідь	51,6	52,4	50,9	44,2	36,8	28,7	20,9	9,3	1,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Примітка. * – К – контрольний варіант.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень.

градієнти різних жирних кислот є різними а процеси їх поступової руйнації за зростання температур прогрівання мають різнонаправлений характер.

Позитивна реакція зміщення температурного порогу прогрівання, який забезпечує хоча б мінімальні значення лабораторної схожості ми пояснюємо величиною самої насінини та ефектами температурної ємності насінини як твердого тіла, що на нашу думку впливає на характер тривалості фізіологічного впливу на структурні частини насінини навіть за однакової тривалості дії підвищених температур. У силу цього негативні ефекти від діє підвищеної температури знижуються відповідно до зростання лінійних об'ємів прогрівання насіння. З цих причин за окремими дослідженнями [2, 9] процес сушіння насіння більш крупних вагових фракцій має більш високі температурні режимні допуски, ніж насіння дрібніших фракцій.

Висновки зроблені нами у ході вивчення жаростійкості насіння сортів редьки олійної у варіанті допророщувального його прогрівання, знайшли своє підтвердження і в оцінці термостійкості листків сортів рослин редьки олійної у інтерпритації методики Ф.Ф. Мацкова [4] (Табл. 3).

Таблиця 3

Оцінка жаростійкості сортів редьки олійної визначена методом Ф.Ф. Мацкова [4] за ступенем ушкодження листків, 2020 р.

Сорт редьки олійної	Ступінь ушкодження листків високою температурою, °С												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Райдуга	6,8	11,6	19,6	31,2	68,4	77,8	91,6	98,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Журавка	5,3	8,9	17,4	28,7	70,9	81,6	96,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Либідь	7,9	14,5	23,6	36,8	75,4	83,9	98,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень.

Так, у процесі досліджень встановлено, що температурна межа чутливості вегетативних органів сортів редьки олійної не перевищує 60-65 °С. Істотні морфологічні деструктивні зміни листової пластинки наступають вже починаючи з інтервалу температур у 45–50 °С. Для листового апарату сортів редьки олійної щодо реакції на підвищення температури відмічено і ряд особливостей. По-перше морфологічні деструктивні ушкодження за наростання температур поширюються від країв пластинки до центральної жилки. При цьому найбільш виражені зміни відносяться до країв пластинки.

По-друге, характер руйнування морфологічних структур листка редьки олійної пов'язаний з його оводненістю, величина якої має виражений градієнт до зростання від центральної жилки листка до країв пластинки листка.

По-третє, найбільш стійкими до температурного впливу (за сталого наростання температур) є жилкові (провідні) структури листової пластинки, які у наших дослідженнях піддавались похідній руйнації саме за температурного порогу у 60–65 °С.

Крім того, проведені оцінки саме на листову пластинку сортів редьки олійної підтвердили ранжування сортів цієї культури за ознаками посухо- та жаростійкості у динамічному ряду до зниження показника: Райдуга – Журавка – Либідь. Це підкреслює зв'язність ознак жаростійкості насіння через величини лабораторного його пророщування із ознаками жаростійкості асиміляційного апарату самих рослин у період їх активної вегетації на початку фази цвітіння.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, у результаті системних лабораторних досліджень нами встановлено, що застосування непрямих апробованих методів оцінки посухо- та жаростійкості є ефективним в оцінці сортів редьки олійної.

Визначено, що температурна межа у системі пророщування насіння сортів редьки олійної знаходиться в інтервалі 30–45 °С, а температурна чутливість насіння сортів редьки олійної визначається як біологічним віком насіння, так і величиною вагових його фракцій, що слід враховувати як в методології вивчення жаростійкості цієї культури, так і в технологічних регламентах сушіння насіння в процесі доведення його до відповідних посівних кондицій.

По результатах наших досліджень сорти редьки олійної за ступенем посухо- та жаростійкості розмістились у такій послідовності Райдуга – Журавка – Либідь.

Перспективою подальших досліджень у цьому напрямку, на нашу думку, є встановлення зв'язку реакції насіння на попереднє його прогрівання наростаючими температурами у вираженості лабораторної схожості з огляду на хімічний склад насіння.

Список використаної літератури

1. Ижик Н. К. Полевая всхожесть семян. К.: Урожай, 1976. 200 с.
2. Цицюра Я.Г. Життєздатність насіння редьки олійної та її складові методами лабораторного оцінювання. *Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво*. 2019. №. 12. С. 53–68
3. Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Дергачов О.Л. Результати комплексної діагностики посухо- та жаростійкості пшениці м'якої озимої. *Науково-технічний бюлетень Миронівського Інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН*. 2012. №11–12. С. 156–173.
4. Мацков Ф. Ф. Распознавание живых, мертвых и поврежденных хлорофиллоносных тканей растений по реакции образования феофетина при оценке устойчивости к экстремальным воздействиям. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л. : Колос, 1976. С. 54–60.
5. Цицюра Я. Г, Цицюра Т. В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування. Монографія. Вінниця: ТОВ “Нілан ЛТД”, 2015. 624 с.

6. Шахбазов В. Г. Методика для определения жароустойчивости. Комплексная методика ранней диагностики засухо- и жароустойчивости мягкой яровой пшеницы. Новосибирск, 1981. 25 с.

7. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 280 с.

8. Григорюк И.А., Ткачев В.И., Савинский С.В., Мусиенко Н.Н. Современные методы исследования и оценки засухо- и жароустойчивости растений: Методическое пособие. К: Наук. світ, 2003. 139 с.

9. Волкова А.М., Перепада Ю.Г. Диагностика жаростойкости пшеницы, ячменя и огурцов по всхожести семян после прогревания. Под редакцией доктора биологических наук Г.В.Удовенко. Л.: Колос. 1976. С. 77–83.

10. Косаковская И.В. Стрессовые белки растений. Институт ботаники им. Н.Г. Холодного. НАН Украины. Киев: Изд. Укрфитосоц центра, 2008. 152 с.

11. Титов А.Ф., Таланова В.В. Локальное действие высоких и низких температур на растения. Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 166 с.

12. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур О.В., Юрченко Н.А. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом ґрунту. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 11. С. 36–43.

13. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Science*. 2013. Vol. 14. P. 9643–9684.

14. Xu, S., Li, J., Zhang, X., Wei, H., Cui, L. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. *Environ. Exp. Bot.* 2006. 56. P. 274–285.

15. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск, Вышэйш. Школа. 1973. 320 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Izhik N. K. (1976). Poleyaya vshozhest semyan [*Field germination of seeds*]. [in Russian].

2. Tsytsiura Ya.H. (2019). Zhyttiezdatnist nasinnia redky oliinoi ta yii skladovi metodamy laboratornoho otsiniuvannia [*Viability of oilseed radish seeds and its components by laboratory evaluation methods*]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry*. № 12. 53–68 [in Ukrainian].

3. Kyrylenko V.V., Humeniuk O.V., Derhachov O.L. (2012). Rezultaty kompleksnoi diahnostryky posukho- ta zharostiikosti pshenytsi miakoi ozymoi [*The results of a comprehensive diagnosis of drought and heat resistance of soft winter wheat*]. *Naukovo-*

tekhnichniy biuletен Myronivskoho Instytutu pshenytsi im. V. M. Remesla NAAN – *Scientific and technical bulletin of the Myronivka Wheat Institute named V.M. Remesla NAAS*. № 11–12. 156–173. [in Ukrainian].

4. Mackov F. F. (1976). Raspoznavanie zhivyyh, mertvyh i povrezhdennyh hlorofillonosnyh tkanej rasteniy po reakcii obrazovaniya feofetina pri ocenke ustojchivosti k ekstremalnym vozdeystviyam [*Recognition of living, dead and damaged chlorophyll-bearing plant tissues by the reaction of pheofetin formation when assessing resistance to extreme influences*]. Metody ocenki ustojchivosti rasteniy k neblagopriyatnym usloviyam sredy. L.: Kolos. [in Russian].

5. Tsytsiura Ya. H, Tsytsiura T. V. (2015). Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia. Monohrafiia [*Oilseed radish. Strategy of use and cultivation. Monograph*]. [in Ukrainian].

6. Shahbazov V. G. (1981). Metodika dlya opredeleniya zharoustojchivosti. Kompleksnaya metodika rannej diagnostiki zasuh- i zharoustojchivosti myagkoj yarovoj pshenicy [*Method for determining heat resistance. Complex method for early diagnosis of drought and heat resistance of soft spring wheat*]. [in Russian].

7. Genkel P.A. (1982). Fiziologiya zharo- i zasuhoustojchivosti rasteniy [*Physiology of heat and drought resistance of plants*]. [in Russian].

8. Grigoryuk I.A. (2003). Sovremennyye metody issledovaniya i ocenki zasuh- i zharoustojchivosti rasteniy: [Metodicheskoe posobie]. [*Modern methods of research and assessment of drought and heat resistance of plants: Methodological guide*]. [in Russian].

9. Volkova A.M., Perepadya Yu.G. (1976). Diagnostika zharostojkosti pshenicy, yachmenya i ogurcov po vshozhesti semyan posle progrevaniya. [*Diagnostics of the heat resistance of wheat, barley and cucumbers by seed germination after heating*]. Pod redakciej doktora biologicheskikh nauk G.V.Udovenko. L.:Kolos. [in Russian].

10. Kosakovskaya I.V. (2008). Stressovye belki rasteniy [*Stressful plant proteins*]. [in Russian].

11. Titov A.F., Talanova V.V. (2011). Lokalnoe dejstvie vysokih i nizkih temperatur na rasteniya [*Local action of high and low temperatures on plants*]. [in Russian].

12. Polishchuk I.S., Polishchuk M.I., Mazur O.V., Yurchenko N.A. (2018). Polova skhozhist nasinnia sortiv soi zalezno vid strokiv sivby za temperaturnym rezhymom hruntu [*Field germination of soybean seeds depending on sowing dates by soil temperature*]. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – *Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry*. № 11. 36–43. [in Ukrainian].

13. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M. (2013). Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Science*. Vol. 14. P. 9643–9684 [in English].

14. Xu S., Li J., Zhang X., Wei H., Cui L. (2006). Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. *Environ. Exp. Bot.* 56. P. 274–285 [in English].

15. Rokickij P. F. (1973). Biologicheskaya statistika. [*Biological statistics*]. [in Russian].

АННОТАЦІЯ

ОЦЕНКА ЖАРОСТОЙКОСТИ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ ЛАБОРАТОРНЫМИ МЕТОДАМИ

В статье отражены результаты изучения особенностей изучения засухо- и жаростойкости трех районированных сортов редьки масличной, основанные на широкоапробированных методиках, применяемых к целому ряду других сельскохозяйственных культур. Систематизированы взгляды различных исследователей на процессы формирования температурных стрессовых адаптаций растений учитывая механизм засухо- и жаростойкости и его роль в обеспечении разработки адаптивных элементов технологии выращивания крестоцветных культур и климатических изменений периода вегетации в ареале хозяйственного распространения редьки масличной.

Изучены особенности применения одновременно двух лабораторных методик. Одна из методик базируется на стрессовых реакциях семян с оценкой уровня его всхожести после предварительного длительного прогрева намоченных семян постепенно нарастающими высокими температурами. Вторая методика базируется на температурной реакции ассимиляционного аппарата растений на среду с разной температурой с целью установления степени деструктивного воздействия высоких температур на структуры листа с последующим определением степени поражения исследуемых образцов путем окрашивания пораженных зон в соответствующих химических средах. Применение указанной методологии позволило определить что пороговое значение температур для формирования стандартно допустимых уровней лабораторной всхожести семян в изучаемых сортах редьки масличной находится в интервале 35-45 °С. Фактическое интенсивное снижение лабораторной всхожести для семян с годовым биологическим возрастом у изучаемых сортов редьки масличной отмечено за температурного режима прогрева в 60 °С и выше с нулевым уровнем лабораторной всхожести на уровне 80 °С. Учитывая короткий период прогревания предварительно замоченных семян, растения редьки масличной способны переносить кратковременное повышение температуры воздуха при достаточном почвенном увлажнении в доверительном диапазоне 40-55 °С. Учитывая снижение лабораторной всхожести для семян биологического возраста 1-5 лет уже начиная с уровня предварительного прогрева при температуре 30 °С – оптимум проращивания сортов редьки масличной и оптимальный режим роста и развития растений редьки масличной в условиях достаточного почвенного увлажнения наиболее вероятно находится в интервале 20-25 °С.

По результатам применения указанных методик в отношении засухо- и жаростойкости, изучаемые сорта редьки масличной можно разместить в таком порядке снижения показателя Радуга-Журавка-Лыбидь. Сформулированы перспективы дальнейших исследований в области оптимизации диагностики засухо- и жаростойкости лабораторными методами.

Ключевые слова: редька масличная, засухоустойчивость, жаростойкость, всхожесть, проращивание, температурная адаптация.

Табл. 3. Рис. 2. Лит. 15.

ANNOTATION

ESTIMATION OF HEAT RESISTANCE OF OILSEED RADISH BY LABORATORY METHODS

The article reflects the results of studying the peculiarities of the study of drought and heat resistance of three zoned varieties of oil radish, based on widely tested methods applied to a number of other agricultural crops. The viewpoints of many researchers on the processes of forming the temperature stress adaptations of plants have been systematised, taking into consideration the mechanism of drought and heat resistance and its role in providing the development of adaptive elements of the technology for growing cruciferous crops and climatic changes in the growing season in the area of economic distribution of oilseed radish. The peculiarities of the application of two laboratory techniques simultaneously have been studied. One of the methods is based on stress reactions of seeds with an assessment of the level of its germination after preliminary long-term heating of the wetted seeds by gradually increasing high temperatures. The second technique is based on the temperature reaction of the assimilation apparatus of plants to an environment with different temperatures in order to determine the degree of destructive effect of high temperatures on leaf structures with the subsequent determination of the degree of damage to the studied samples by staining the affected areas in the appropriate chemical environments. The application of this methodology has made it possible to determine that the threshold temperature value for forming the standard permissible levels of laboratory germination of seeds in the studied varieties of oil radish is in the range of 35-45 °C. The actual intensive decrease in laboratory germination for seeds with one-year biological age in the studied varieties of oil radish has been distinguished for the temperature regime of heating at 60 °C and higher with a zero level of laboratory germination at 80 °C. Considering the short heating period of pre-soaked seeds, oil radish plants are able to withstand a short-term increase in air temperature with sufficient soil moisture in the confidence range of 40-55 °C. Considering the decrease in laboratory germination for seeds of biological age 1-5 years already starting from the level of preliminary heating at a temperature of 30 °C – the optimum germination of oilseed radish varieties and the optimal growth and development of oilseed radish plants in conditions of sufficient soil moisture was most likely in the range of 20-25°C. Based on the results of the application of these methods in relation to drought and heat resistance, the studied varieties of oilseed radish can be placed in the following order of decreasing of the indicator 'Raduga' - 'Zhuravka' - 'Lybid'.

The prospects for further research in the field of optimizing drought and heat resistance diagnostics by laboratory methods have been formulated.

Key words: oilseed radish, drought resistance, heat resistance, germination, temperature adaptation.

Tabl. 3. Fig. 2. Lit. 15.

Інформація про автора

Цицюра Ярослав Григорович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ. Адреса: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 5/42, E-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net, 0675854008.

Цицюра Ярослав Григорьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии ВНАУ. Адрес: 21008, м. Винница, ул. Солнечная 5/42, E-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net, 0675854008.

Tsytsiura Yaroslav – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Soil Management, Soil Science and Agrochemistry, Vinnytsia National Agrarian University. (21008, Vinnytsia town, Soniachna st. 3, build 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net).