

УДК 581.17
© 2014

І.О. ЗАЙЦЕВА,
доктор біологічних наук

М.М. ПОВОРОТНЯ,
аспірантка

Дніпропетровський національний
університет імені Олеся Гончара,
Україна
E-mail: irinza_ldfr@mail.ru

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ОВОДНЕНOSTІ ТКАНИН ЛИСТЯ ТА ГІДРОТЕРМІЧНИХ ФАКТОРІВ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ

*Розглянуто можливості використання аналітичного підходу у вирішенні задач кількісної оцінки залежності оводненості листя від температури і суми опадів на прикладі інтродукованих у степове Придніпров'я родових комплексів *Philadelphus L.*, *Deutzia Thunb.*, *Syringa L.*, *Acer L.* Отримані значення показника кількості вологи, необхідної для нормального функціонування окремих видів деревно-чагарникових рослин. Встановлено зв'язок розрахованих критеріїв з посухостійкістю рослин, що дозволяє прогнозувати реакцію інтродуцентів на стресові умови зростання.*

Ключові слова: водний режим, посухостійкість, гідротермічні фактори, нелінійна регресія, рослини-інтродуценти, степова зона.

Актуальною проблемою стійкості рослин культурфітоценозів у степовій зоні України є необхідність достатнього для життєдіяльності рослин водопостачання. Ця величина визначається ступенем вологолюбності рослин та погодними умовами під час вегетації. Тому прогностичні оцінки необхідної кількості вологи залежно від температури і умов зволоження вегетаційного періоду є важливою складовою підтримання життєздатності рослин у посушливих умовах.

Як критерій функціонального стану рослин за умов гідротермічного стресу може бути використаний показник оводненості тканин листя. Багатьма дослідниками загальна оводненість тканин використовується як важливий показник водообміну, з яким пов'язані інші фізіологічні процеси та біохімічні реакції рослинних клітин. Відомо [1, 9], що цей показник досить лабільний і варіює у широких межах залежно від умов вологозабезпеченості, освітлення, температури того середовища, яке формується у місці зростання рослини. Того самого часу, за оптимального вологозабезпечення для різних за

екологічними властивостями рослин притаманний свій, певний рівень оводненості, що забезпечує гомеостаз рослинного організму.

У дослідженнях водного режиму сільськогосподарських рослин відмічено, що різні за посухостійкістю сорти пшениці під час зневоднення більше відрізняються між собою саме за вмістом води у листках, ніж за іншими показниками, наприклад за відносним водним дефіцитом [7]. Рівень оводненості може бути використаний для характеристики особливостей водообміну різних екологічних груп, як це показано на прикладі трав'янистих і деревних рослин дубово-ялівцевих лісів північної середземноморської флори – ксерофітів, мезоксерофітів, ксеромезофітів [8]. Стійкі до посухи рослини характеризуються дещо меншою оводненістю тканин. Виходячи з цього, можна припустити, що для підтримки стабільного функціонування посухостійким рослинам необхідна менша вологозабезпеченість порівняно з мезофітними видами.

Метою роботи було вивчення впливу гідротермічних умов протягом вегетаційного періоду на стан оводненості рослинних тка-

нин і розробка кількісного прогнозу потреби у воді рослин, які різняться за стійкістю до водного стресу. Особливої актуальності набувають такі дослідження у районах степової зони України з посушливими, часто стресовими умовами під час вегетації.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктами досліджень були 40 видів деревно-чагарникових рослин – представників родових комплексів бузків (*Syringa* L.), садових жасминів (*Philadelphus* L.), дейцій (*Deutzia* Thunb.) та кленів (*Acer* L.), інтродукованих у ботанічному саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара. Досліджувані види за своїм походженням представляють всі основні райони природного видового різноманіття арборифлори помірної зони і характеризуються різним ступенем стійкості до посушливих умов Степового Придніпров'я.

Вміст води у тканинах листя визначали за загальноприйнятим методом у динаміці протягом вегетаційного періоду. Проби відбирали подекадно, з травня по вересень. Дослідні рослини на секторах ботанічного саду знаходилися в умовах природного водопостачання і не поливалися.

Польову оцінку ступеня посухостійкості (СП) проводили методом візуальних спостережень за 5-бальною шкалою, використовуючи

оригінальні розробки автора для даних об'єктів [4]. Обстеження проводили тричі, з липня по вересень, по мірі розвитку глибокої тривалої посухи. Враховували такі показники, як ступінь тургесцентності листя, наявність опіків та некрозів, пожовтіння і висихання листя, зменшення листової поверхні (літній листопад).

Погодні умови вегетаційного періоду характеризувалися підвищеною напруженістю гідротермічних факторів – середньомісячні температури перевищували багаторічні дані у травні і серпні на 2,2 °C, вересні – на 2,5 °C, а сума опадів протягом усієї вегетації (виняток червень) була значно нижчою за норму і становила у квітні, травні, липні та серпні 53, 33, 97 і 87 % до норми. У вересні опади були практично відсутніми (0,7 мм). Для математичного аналізу використовували подекадні дані, які передували кожному відбору проб: середню температуру повітря (t_i) та кількість опадів за декаду (W_i) – табл. 1.

Результати досліджень та їх обговорення.

За результатами проведеного аналізу вмісту води у листках можна відзначити деякі особливості досліджуваних родових комплексів. У молодих тканинах листя на початку вегетації рівень вмісту води був найбільш високим у дейцій (64,5–82,7 %), дещо нижчим у садових жасминів (63,5–79,9 %), бузків (67,0–83,4 %) та кленів (61,2–79,2 %). До кінця серпня в

1. Кліматичні показники за період досліджень *

Місяць	Середня температура, °C				Сума опадів, мм			
	подекадно			за місяць	подекадно			за місяць
	1	2	3		1	2	3	
Квітень	$\frac{8,1}{7,7}$	$\frac{13,0}{9,0}$	$\frac{11,6}{11,6}$	$\frac{10,9}{9,4}$	$\frac{0,0}{10}$	$\frac{19,2}{15}$	$\frac{1,2}{13}$	$\frac{20,4}{38}$
Травень	$\frac{13,5}{14,2}$	$\frac{17,0}{16,6}$	$\frac{24,1}{17,3}$	$\frac{18,2}{16,0}$	$\frac{14,8}{13}$	$\frac{0,5}{17}$	$\frac{0,1}{16}$	$\frac{15,4}{46}$
Червень	$\frac{18,6}{19,1}$	$\frac{17,9}{19,1}$	$\frac{17,5}{20,6}$	$\frac{18,0}{19,6}$	$\frac{29,0}{14}$	$\frac{66,1}{27}$	$\frac{8,8}{18}$	$\frac{103,9}{5}$
Липень	$\frac{19,3}{20,8}$	$\frac{21,4}{21,7}$	$\frac{23,6}{21,3}$	$\frac{21,4}{21,3}$	$\frac{36,9}{21}$	$\frac{6,4}{17}$	$\frac{11,4}{18}$	$\frac{54,7}{56}$
Серпень	$\frac{24,8}{21,6}$	$\frac{22,1}{20,9}$	$\frac{21,5}{19,3}$	$\frac{22,8}{20,6}$	$\frac{0,1}{9,0}$	$\frac{27,6}{13,0}$	$\frac{4,6}{15,0}$	$\frac{32,3}{37}$
Вересень	$\frac{17,9}{17,6}$	$\frac{19,1}{15,2}$	$\frac{16,6}{13,0}$	$\frac{17,8}{15,3}$	$\frac{0,0}{15}$	$\frac{0,7}{10}$	$\frac{0,0}{12}$	$\frac{0,7}{37}$

* Чисельник – фактичні значення середньодекадної температури та суми опадів за декаду;
знаменник – середньобагаторічні дані (норма).

умовах гідротермічного стресу оводненість листя знижується різною мірою у всіх видів, але послідовність родових комплексів за вмістом води в листках зберігається – у середньому для дейцій на рівні 69,9, садових жасминів – 67,1, бузків – 66,7, кленів – 59,5 %.

При вивченні механізмів водообмінних процесів найбільш важливим є визначення впливу гідротермічних факторів на оводненість тканин. Температура і кількість опадів є основними факторами впливу зовнішнього середовища. За наявності певних особливостей у межах родових комплексів досить складно піддаються аналізу різноманітні змінення оводненості листя впродовж вегетації в окремих видів. Тому для виявлення закономірностей впливу факторів температури і зволоженості на рослини з різною екологічною стратегією адаптації до посухи нами було проведено математичне моделювання процесів оводненості тканин листя.

Поставлене завдання ускладнюється тим, що значення температури повітря (t , °C) і кількості опадів (W , мм) під час спостережень в умовах польового дослідження змінювалися випадково. Ці обставини обмежують застосування звичайних емпірико-статистичних методів для оцінки впливу t і W унаслідок таких причин, як різна спрямованість впливу одного з факторів на коефіцієнт кореляції з іншим фактором; неможливість проведення двофакторного експерименту в контрольованих модельних дослідках з деревно-чагарниковими рослинами; неоднозначність рішень за регресійного аналізу, для чого виникає необхідність графічної інтерпретації функції двох змінних у тримірному просторі.

У зв'язку з цим найбільш доцільним виявляється інший шлях вирішення задачі, який використовується в математичному аналізі біосистем [6] – евристично розробити рівняння, яке буде відображати існуючий взаємозв'язок досліджуваних параметрів. Пошук такого рішення, його реалізація і зіставлення отриманих результатів з показниками стійкості рослин представлені в даній роботі.

Оводненість листя визначається головними факторами: екзогенними – температурою повітря t і кількістю опадів W та ендогенни-

ми – структурно-функціональними особливостями листка в онтогенезі. Функціональний зв'язок між оводненістю тканин Θ та цими факторами може бути представлений за аналогією до рівняння стану для газів $P = RT/V$ як функція двох змінних:

$$\Theta = f(t; W); \quad (1)$$

$$\Theta = LW / t, \quad (2)$$

де Θ – оводненість листя, яка пропорційна W і обернено пропорційна t , %; W – кількість опадів, мм; t – температура повітря, °C; L – коефіцієнт пропорційності.

Для більш точного описання реального стану оводненості тканин, необхідно ввести коефіцієнти, які відображають біологічні (структурно-функціональні) особливості досліджуваних видів рослин, використовуючи для цього аналогію поправок і доповнень у рівнянні Ван-дер-Ваальса по відношенню до вихідного рівняння стану газів. У результаті з рівняння (2) отримуємо, що

$$\Theta = LW / t + at - b\sqrt{W}. \quad (3)$$

Коефіцієнт a відбиває специфічні для кожного виду структурно-фізіологічні особливості, які лежать в основі механізмів адаптації до водно-температурного стресу і проявляються в ознаках ксероморфності листя, інтенсивності транспірації, ступеня жаростійкості листя, інтенсивності ланок метаболізму, компартментації води у клітинах, осмотичних властивостей протопласту клітин. Коефіцієнт a перш за все пов'язаний з температурним фактором і здійснює найбільш помітний вплив на величину оводненості тканин, що відображається у вигляді добутку at у рівнянні (3).

Коефіцієнт b відбиває ті механізми структурно-функціональної організації тканин, які забезпечують певний, найбільш оптимальний для кожного виду рівень оводненості за умов достатнього або навіть надлишкового водопостачання. Як такі механізми можна, наприклад, розглядати обмеження швидкого апопластного радіального транспорту води поясками Каспарі на рівні ендодерми кореня, або регулювання енергозалежних процесів формування осмотичного градієнта в тканинах і органах рослин. Коефіцієнт b пов'язаний переважно з опадами і меншою мірою впливає на величину оводненості, по-

рівняно з коефіцієнтом a , що відображається у вигляді добутку $b\sqrt{W}$ з від'ємним знаком.

Після перетворень отримуємо квадратичну функцію

$$\frac{\Theta t}{W} = L + \frac{at^2}{W} - \frac{bt}{W^{1/2}}, \quad (4)$$

аналогічну рівнянню $y_i = ax_i^2 - bx_i + L$. (5)

Таким чином, залежність змінних t , W і Θ можна виразити у вигляді квадратичної функції узагальнених змінних y_i , до якої включені t , W , Θ та змінної x_i , до якої включені t , W :

$$x_i = \frac{t_i}{W_i^{1/2}} \text{ та } y_i = \frac{\Theta_i t_i}{W_i}. \quad (6)$$

Використовуючи експериментальні дані з оводненості листя Θ_i по кожному відбору проб, розраховували узагальнені змінні y_i та x_i . Отримали парні значення y_i та x_i для кожного виду, відповідно до кількості відборів проб. Розташували їх у порядку зростання значень x_i , отримали криві, які добре

описуються квадратичною залежністю. Криві апроксимували квадратичною функцією ($R^2 = 0,92-1,00$). У результаті апроксимації отримали числові значення коефіцієнтів a , b та L (табл. 2). Особливо слід відмітити, що для всіх досліджуваних видів були отримані від'ємні значення коефіцієнта b , що підтверджує наше припущення про механізми обмеження надходження води за надлишкового зволоження.

Коефіцієнти a , b та L кількісно характеризують видову специфічність реакції рослин на посуху, що дає можливість провести порівняльний аналіз адаптивних властивостей рослин, різних за стійкістю до водно-термічного стресу. У цілому коефіцієнти добре узгоджуються з результатами проведених нами раніше досліджень щодо оцінки водообмінних процесів та стійкості рослин [2, 3, 5]. Було проведено подальше вивчення отриманої функціональної залежності: вивчалися точки екстремуму функції, тобто ве-

2. Коефіцієнти регресії квадратичної функції залежності узагальнених змінних y_i і x_i

Вид	L	a	b	Вид	L	a	b
<i>S.vulgaris</i>	1,1757	0,0459	-0,315	<i>Ph.tenuifolius</i>	0,6180	0,0424	-0,179
<i>S.josikae</i>	0,3324	0,0427	-0,097	<i>Ph.magdalenae</i>	0,8379	0,0471	-0,256
<i>S.persica</i>	0,7476	0,0438	-0,221	<i>Ph.delavayi</i>	0,7997	0,0444	-0,234
<i>S.oblata</i>	0,7446	0,0416	-0,205	<i>Ph.satsumanus</i>	0,5792	0,0375	-0,146
<i>S.wolfii</i>	0,5529	0,0441	-0,147	<i>Ph.verrucosus</i>	0,5406	0,0466	-0,157
<i>S.reflexa</i>	1,3163	0,0448	-0,322	<i>Ph.latifolius</i>	0,5192	0,0416	-0,162
<i>S.pekinensis</i>	0,6948	0,0442	-0,215	<i>Ph.gordonianus</i>	1,4688	0,0507	-0,395
<i>S.komarovii</i>	0,6179	0,0441	-0,173	<i>Ph.californicus</i>	0,5243	0,0408	-0,141
<i>S.yunnanensis</i>	0,4588	0,0418	-0,146	<i>Ph.microphyllus</i>	0,8108	0,0431	-0,236
<i>S.emodii</i>	0,2008	0,0335	-0,009	<i>Ph.mexicanus</i>	0,8172	0,0439	-0,817
<i>S.reticulata</i>	0,4569	0,0370	-0,113	<i>A.platanoides</i>	0,3661	0,0354	-0,124
<i>D.scabra</i>	1,5237	0,0510	-0,399	<i>A.pseudoplatanus</i>	1,8482	0,0548	-0,511
<i>D.discolor</i>	0,3663	0,0421	-0,121	<i>A.campestre</i>	0,6686	0,0382	-0,184
<i>D.purpurascens</i>	0,8702	0,0499	-0,234	<i>A.tataricum</i>	0,4128	0,0330	-0,128
<i>D.sieboldiana</i>	0,5940	0,0438	-0,162	<i>A.semenovii</i>	0,6230	0,0393	-0,195
<i>D.corymbosa</i>	0,9071	0,0497	-0,319	<i>A.ginnala</i>	0,2937	0,0361	-0,0981
<i>D.staminea</i>	0,3466	0,0410	-0,111	<i>A.monspeulanum</i>	0,9900	0,0449	-0,279
<i>Ph.coronarius</i>	0,7580	0,04492	-0,242	<i>A.trautvetteri</i>	0,3379	0,0432	-0,125
<i>Ph.caucasicus</i>	0,6555	0,0494	-0,198	<i>A.saccharinum</i>	0,4662	0,0340	-0,117
<i>Ph.schrenkii</i>	0,5666	0,0442	-0,154	<i>A.negundo</i>	1,3887	0,0517	-0,3689

личини найменшої оводненості, достатньої для нормального функціонування того чи іншого виду рослини. За фіксованої величини W оводненість тканин досягає свого мінімуму в точці $t_{\text{екстр.}}$.

Дослідження точки екстремуму проводили з використанням рівняння (4) через частинну похідну функції $\Theta = f(W; t)$ по температурі. Похідну дорівнювали нулю, оскільки похідну беремо у точці мінімуму,

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -\frac{LW}{t^2} + a = 0. \quad (7)$$

За рівнянням (7) можна розрахувати значення кількості опадів, необхідне для підтримання мінімуму оводненості для нормальної життєдіяльності рослини, за певного значення температури повітря під час вегетації

$$W_{\text{екстр.}} = \frac{at^2}{L}. \quad (8)$$

Рівняння (8) пов'язує між собою незалежні змінні W і t через коефіцієнти a і L . Цей зв'язок також можна виразити через комбінацію коефіцієнтів, включаючи коефіцієнт b і використовуючи квадратичну залежність (5). Але в даному аналізі ми обмежилися рівнянням (8), яке можна трактувати як мінімальну кількість опадів, потрібну рослині для нормального функціонування (без необхідності включення активного енергозалежного транспорту води) за умов певного температурного режиму в період вегетації.

Таким чином, критерій $W_{\text{екстр.}}$ визначає нижню межу гомеостазу функціонування рослинних тканин у тих чи інших температурних умовах. Нижчі значення $W_{\text{екстр.}}$ свідчать про більшу стійкість рослини до посухи, особливо за умов високих температур (табл. 3).

Як заданий параметр були використані два середньодадних значення температури – за

3. Значення $W_{\text{екстр.}}$ за різних температур та ступінь посухостійкості рослин (СП)

Вид	$W_{\text{екстр.}}$, мм за декаду		СП, бал	Вид	$W_{\text{екстр.}}$, мм за декаду		СП, бал
	$t=19,3^\circ\text{C}$	$t=24,8^\circ\text{C}$			$t=19,6^\circ\text{C}$	$t=19,6^\circ\text{C}$	
<i>S.vulgaris</i>	14,9	24,0	5	<i>Ph.tenuifolius</i>	26,3	42,2	5
<i>S.josikae</i>	49,3	79,0	3,5	<i>Ph.magdalenae</i>	21,6	34,5	3,5
<i>S.persica</i>	22,5	36,0	5	<i>Ph.delavayi</i>	21,3	34,1	4
<i>S.oblata</i>	21,4	34,3	4,5	<i>Ph.satsumanus</i>	24,8	39,8	3
<i>S.wolfii</i>	30,6	49,0	2	<i>Ph.verrucosus</i>	33,1	53,0	3,5
<i>S.reflexa</i>	13,0	20,9	5	<i>Ph.latifolius</i>	30,7	49,2	4
<i>S.pekinensis</i>	24,4	39,1	5	<i>Ph.gordonianus</i>	13,2	21,2	5
<i>S.komarovii</i>	27,4	43,8	3	<i>Ph.californicus</i>	29,8	47,8	4
<i>S.yunnanensis</i>	34,9	56,0	5	<i>Ph.microphyllus</i>	20,4	32,7	4
<i>S.emodii</i>	64,1	102,6	1	<i>Ph.mexicanus</i>	20,6	33,0	5
<i>S.reticulata</i>	31,1	49,8	0,5	<i>A.platanoides</i>	37,1	59,4	5
<i>D.scabra</i>	12,8	20,5	5	<i>A.pseudoplatanus</i>	11,3	18,2	5
<i>D.discolor</i>	44,1	70,6	4	<i>A.campestre</i>	21,9	35,1	5
<i>D.purpurascens</i>	22,0	35,2	4	<i>A.tataricum</i>	30,7	49,1	5
<i>D.sieboldiana</i>	28,3	45,3	3	<i>A.semenovii</i>	24,2	38,8	5
<i>D.corymbosa</i>	21,0	33,7	4	<i>A.ginnala</i>	47,2	75,6	4
<i>D.staminea</i>	45,4	72,7	5	<i>A.monspessulanum</i>	17,4	27,9	5
<i>Ph.coronarius</i>	22,7	36,4	5	<i>A.trautvetteri</i>	49,1	78,6	4
<i>Ph.caucasicus</i>	28,9	46,3	4,5	<i>A.saccharinum</i>	28,0	44,8	5
<i>Ph.schrenkii</i>	29,9	47,9	2,5	<i>A.negundo</i>	14,3	22,9	4

першу декаду липня з помірними, дещо нижчими за норму температурами, та за першу декаду серпня з найбільш високими температурами за сезон. У першому випадку, при $t = 19,6^\circ\text{C}$, складаються сприятливі для рослин температурні умови, у другому випадку, при $t = 24,8^\circ\text{C}$, яка перевищує норму на $3,2^\circ\text{C}$, температурний фактор має стресовий для рослин характер. У такий самий спосіб оцінювали стресовий характер температурного режиму в польовому досліді І.Г. Шматко та ін. [9], коли температура під час досліджень у травні і червні перевищувала середньобогаторічну норму на $2\text{--}3^\circ\text{C}$, що суттєво відбивалося на розвитку зернових культур.

Отримані дані показують, що у всіх видів, незалежно від ступеня стійкості, більшою чи меншою мірою підвищується потреба у водопостачанні для забезпечення нижньої межі нормального функціонування за умов високої температури. Показник $W_{\text{екстр.}}$

розрахований у точці екстремуму функції, найбільш повно розкриває адаптивні можливості досліджуваних видів. Такі отримані аналітичним шляхом оцінки збігаються з комплексними оцінками посухостійкості рослин, які були отримані нами з використанням фізіолого-біохімічних методів [5] і шляхом візуальних спостережень [4] – табл. 3.

За оптимальної температури найбільша кількість опадів необхідна таким малостійким видам, як *S.emodii*, *S.sjosikae*, *A.trautvetteri*, *A.ginnala*. Невелика кількість вологи достатня для більш посухостійких видів: *A.pseudoplatanus*, *D.scabra*, *S.reflexa*, *Ph.gordonianus*, *S.vulgaris*. За екстремальних температурних умов найбільш суттєво збільшується потреба у водозабезпеченні малопосухостійких видів. Наприклад, у *S.emodii* показник $W_{\text{екстр.}}$ досягає значень $102,6\text{ мм}$, *S.sjosikae* – $79,0\text{ мм}$. У посухостійких видів значення $W_{\text{екстр.}}$ підвищуються не більше ніж на $8\text{--}10\text{ мм}$.

Висновки

Розроблений новий підхід до оцінки посухостійкості рослин, з використанням рівняння стану оводненості тканин, дає можливість спростити і поглибити регресійний аналіз залежності водонасиченості тканин від неконтрольованих зовнішніх факторів – температури і опадів під час вегетації.

Отримані нові інтегральні характеристики показника $W_{\text{екстр.}}$ добре узгоджуються з комплексними оцінками посухостійкості на прикладі 40

видів інтродукованих рослин і можуть бути використані як кількісний критерій витривалості рослин у посушливих умовах степової зони.

Використання критерію $W_{\text{екстр.}}$, як показника функціональної залежності оводненості тканин від температури і кількості опадів, дозволяє прогнозувати фізіологічний стан рослин на основі даних гідротермічного режиму під час вегетації та визначити необхідний режим поливу для різних за посухостійкістю рослин.

Бібліографія

1. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений / П.А. Генкель – М.: Наука, 1982. – 279 с.
2. Зайцева И.А. Водный баланс растений семейства Saxifragaceae Juss. в условиях Степного Приднпровья / И.А. Зайцева // Вестник ДНУ. – 2006. – Вып. 14, т. 2. – С. 72–78. – (Серия: Биология. Экология).
3. Зайцева И.О. Динамика водообменных процессов роду Acer L. у зв'язку з їх посухостійкістю / И.О. Зайцева // Вісник ДНУ – 2004. – Вып. 12, № 1. – С. 54–61. – (Серия: Биология. Экология).
4. Зайцева И.А. Оценка полевой засухоустойчивости древесных интродуцентов / И.А. Зайцева // 36. науч. пр. "Фальцфейнівські читання". – Херсон, 2007. – С. 128–131.
5. Зайцева И.А. Скорость водоотдачи как критерий засухоустойчивости растений-интродуцентов / И.А. Зай-

цева // Материалы междунар. науч. конф. "Аллеопатия та сучасна біологія". – К., 2006. – С. 223–227.

6. Кутлахмедов Ю.А. Применение теории надежности в радиобиологии многоклеточных систем / Ю.А. Кутлахмедов // Надежность биологических систем. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 3–17.

7. Засухоустойчивость озимой пшеницы / [Проценко Ф.Д., Кириченко Ф.Г., Мусиенко Н.Н., Славный П.С.]. – М.: Колос, 1975. – 240 с.

8. Фалькова Т.В. Особенности водного режима дикорастущих видов растений Южного берега Крыма / Т.В. Фалькова, И.В. Голубева // Регуляция водного обмена растений. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 215–216.

9. Шматко И.Г. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам / И.Г. Шматко, И.А. Григорюк, О.Е. Шведова. – К.: Наук. думка, 1989. – 224 с.

Рецензент – доктор біологічних наук, професор О.В. Жуков