УДК 581.9:711.1

О.Є. Пюрко

БІОЛОГІЧНА ТА НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГАЛОФІТІВ В УМОВАХ ПРИАЗОВ'Я УКРАЇНИ

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Розглянуто механізм формування біологічної та насіннєвої продуктивності у галофітів різних екологічних груп в умовах Приазов'я України. Засолення в будь-який період вегетації значно впливає на ростові процеси та біологічну та насіннєву продуктивність рослин. В найбільшій мірі негативна дія сольового стресу проявляється в середині вегетації, коли дія інших зовнішніх факторів досягає максимальних значень, а у рослин відмічаються найбільші розміри поверхні і здійснюються життєво важливі процеси запилення, запліднення, формування насіння. Найбільш чутливим до засолення виявився мезофіт, але і галофіти відносно цього чинника певним чином диференційовані, тому дослідні рослини згідно зростання солетолерантності розташовуються в ряд: P. lanceolata → A. santonica → H. pedunculata → S. europaea.

Ключові слова: засолення, галофіти, біологічна та насіннєва продуктивність.

О.Е. Пюрко

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГАЛОФИТОВ В УСЛОВИЯХ ПРИАЗОВЬЯ УКРАИНЫ

Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого

Рассмотрено механизм формирования биологической и семенной продуктивности у галофитов различных экологических групп в условиях Приазовья Украины. Засоление в любой период вегетации значительно влияет на ростовые процессы, биологическую и семенную продуктивность растений. В большей мере негативное действие солевого стресса проявляется в середине вегетации, когда действие других внешних факторов достигает максимальных значений, а у растений отмечаются наибольшие размеры поверхности и происходят жизненно важные процессы опыления, оплодотворения, формирования семян. Наиболее чувствительным к засолению является мезофит, но и галофиты относительно этого показателя соответствующим образом дифференцированы, поэтому исследуемые растения относительно увеличения солетолерантности располагаются в ряд: P. lanceolata → A. santonica → H. pedunculata → S. europaea.

Ключевые слова: засоление, галофиты, биологическая и семенная продуктивность.

O.Ye. Pyurko

THE BIOLOGICAL AND SEMINAL PRODUCTIVITY OF HALOPHYTES IN UKRAINIAN PRIAZOV'YA

Bogdan Chmelnitskiy Melitopol state pedagogical university

The forming mechanism of the biological and seed productivity of halophytes of different ecological groups in Ukrainian Priazov'ye was considered. Salinity in all the periods of vegetation was considerably influenced on the growth processes as well as biological and seed productivity of the plants. The negative action of salt stress was extremely high in the middle of the vegetation, when other external factors have maximum effect, the plants were characterized by biggest sizes of surface and the important processes of pollination, impregnation, and forming of seed are determined. The mesophytes were seemed to be the most sensible to the salinity, but the halophytes were also depended upon this factor. The pattern of plants distribution along the salt gradient was performed: P. lanceolata → A. santonica → H. pedunculata → S. europaea.

Keywords: salinity, halophytes, biological and seed productivity.

Формування врожаю – це складний, багатоланцюговий процес, в якому приймають участь чисельні взаємопов'язані та взаємообумовлені процеси, на які в значній мірі діють фактори зовнішнього середовища (Tarczynski, Jensen, Bohnert, 1993; Таран, 2001). Останні по різному впливають на життєдіяльність, створюючи специфічні внутрішньоклітинні, внутрішньотканинні режими і обумовлюють різноманіття кінцевих "реакцій-відповідей" рослин, які проявляються в ростових процесах, фотосинтезі, розвитку, органогенезі і, на сам кінець, в розмірах, структурі та якості врожаїв (Николаева, 1999; Thornley, Johnson, 1990).

При цьому особливості індивідуального розвитку рослин визначаються генотипом, норма реакції та ступінь реалізації якого у фенотипі в значній мірі залежить від умов середовища, в тому числі і від рівня та виду засолення (Neumann, 1997). Толерантність та адаптивність видів до діючого фактору може оцінюватися згідно ступеня варіабельності структурно-функціональних адаптаційних

перебудов на різних рівнях організації протягом онтогенезу (Жук, Григорюк, Гродзинський, 1999; Смит, Монако, Хеминг, Хансен, Криддл, 1996), які характеризують "надійність" даного генотипу (Melan, Dong, Endara, Davis, Ausubel, Peterman, 1993; Wu, Ding, Zhu, 1996). Продуктивність рослин, як кінцевий інтегральний показник, остаточно показує ступінь впливу діючого фактору на рослину, а аналіз складових продуктивності, в певній мірі, дозволяє з'ясувати основні напрямки та розміри цього впливу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами досліджень були представники дикорослої галофітної трав'янистої рослинності, які відносяться до різних екологічних груп (Мусієнко, 2005) і домінують на узбережжі північно-західного Приазов'я. Вони належать до: відділу – *Magnoliophyta*, класу – *Magnoliopsida*.

1) Порядок – *Scrophulariales*, родина – *Plantaginaceae*, рід – *Plantago L.*, вид – *P. lanceolata L.* Типовий мезофіт, адаптований до умов засолення. Подорожник – безстеблова рослина з листками зібраними в прикореневу, стрижнево-кистекореневого типу розетку (Жукова, Османова, 1999) з безлистними квітковими стрілками. Листки суцільні, ланцетні, широкі, але поступово звужуються в черешок, довжина якого дорівнює розміру листка. Суцвіття 5-10 см довжиною, а квітки при основі з пучком. Цвіте у травні - червні (Білик, 1963; Доброчаева, 1999).

2) Порядок – *Asterales*, родина – *Asteraceae*, рід – *Artemisia L.*, вид – *A. santonica L.* Цей рослинний організм відноситься до групи глікогалофітів. Це густо білувато опушена рослина, яка має стеблові двічі–тричі пір'ясторозсічені листки з 5-8 первинними сегментами з кожного боку. Кінцеві часточки видовжено-оберненояйцеподібні, рідше загострені. Кошики широко яйцеподібні, пониклі. Цвіте з вересня до жовтня, росте і розвивається на солонцях, солончаках та засолених луках (Савченко, 1999).

3) Порядок – *Caryophyllales*, родина – *Chenopodiaceae*, рід – *Halimione Aell*., вид – *H. pedunculata (L.) Aell.* є представником групи криногалофітів. Однорічник з прямостійним малорозгалуженим стеблом. Листки чергові, овальні або видовжено-оберненояйцеподібні з короткими черешками. Квітки зібрані в мутовчато-колосоподібне суцвіття. Приквітки мають клиноподібно-серцевидну форму з двома бічними тупими лопатями. Цвіте з червня до вересня. Росте на солончаках (Білик, 1963; Доброчаева, 1999).

4) Порядок – *Caryophyllales*, родина – *Chenopodiaceae*, рід – *Salicornia L.*, вид – *S. europaea L.* є найяскравішим індикатором засолених ґрунтів і належить до групи евгалофітів. Рослина однорічна, трав'яниста, почленована, сочна, гола, з супротивними гілками. Листки непомітні, у вигляді піхви. Квітки двостатеві, занурені в тканину стебла, створюючи на кінцях колосоподібні суцвіття. Оцвітина суцільна, має форму ромбічного, тупокутового щитку, який відкривається зверху вузькою щілиною, із якої виходять 2 тичинки та маточка. Плоди вкриті крючковато-зігнутими на верхівці волосками. Цвіте з липня до вересня, розвивається і росте на мокрих солончаках, морських узбережжях, в степу (Білик, 1963; Доброчаева, 1999).

Досліди проводили протягом 2009-2011 років в умовах природного (польовий) та штучного (вегетаційний метод) засолення. Для цього навесні на узбережжі Молочного лиману (с. Мордвинівка, Степанівка, Алтагир) закладалися трансекти по 10 м^2 (1*м* х 10*м*) в 3^x–кратній повторності, на яких проективне покриття домінуючого виду становило не менше 65%.

Одночасно на Навчально-науковому комплексі з фізіології рослин Мелітопольського державного педагогічного університету рослини цих видів вирощували в вегетаційних посудинах, які вміщують 10 кг повітряно сухого ґрунту на поживній суміші (Жуков, Карпухина, 1978; Трейман, 1986) згідно вимог (Казаков, 2000).

Штучний рівень засолення в вегетаційних посудинах створювали додаванням відповідної кількості солі (NaCl) (Казаков, 2000) з реєстрацією концентрації ґрунтового розчину, згідно схеми:

контроль (К) – рослини з трансект (природні умови);

варіант 1 – вегетаційний контроль, вирощування рослин впродовж вегетації на повній поживній суміші (Жуков, Карпухина, 1978);

варіант 2 – штучне засолення (2,5% NaCl) в першій половині вегетації (початок червня);

варіант 3 – засолення в середині вегетації (кінець липня);

варіант 4 – засолення в кінці вегетації (середина вересня). Специфічність рослинних об'єктів (відносно малі розміри, багаточисельні редукції, особливості будови та функцій) обумовила удосконалення загальновідомих і застосування традиційних методик вивчення життєдіяльності галофітів (Пюрко, Мусієнко, Казаков, Христова, 2001). Статистична обробка результатів стандартна (Доспехов, 1985; Сидоренко, 1996).

В фізіології рослин для цього використовуються конкретні параметри: біологічний врожай ($В_б$) – сума сухих речовин, утворених рослиною на гектарі за період вегетації, який визначається згідно рівняння:

$$В_б = \frac{\Sigma(Ф_{co_2} \cdot K_{еф} \cdot Л) \cdot 1.2...n}{100.000} ц / га,$$

де $В_б$ – сума сухих речовин, ц/га*;*
$Ф_{CO2}$ – кількість CO_2, засвоєного рослинами протягом доби, кг;
$K_{еф}$ – коефіцієнт ефективності фотосинтезу, який характеризується кількістю сухої біомаси, синтезованої рослиною протягом доби при засвоєнні 1 кг CO_2;
Л – площа асиміляційної поверхні, $м^2$; *n* – тривалість вегетаційного періоду, доба; 100.000 – коефіцієнт переводу значень параметру на $м^2$;

Господарський врожай ($В_г$) – сума сухих речовин, яка використовується людиною:

$$В_г = В_б \cdot K,$$

де: K – господарський коефіцієнт, який завжди менший одиниці.

У дикорослих видів для характеристики їх продуктивності крім $В_б$ використовується *насіннєва продуктивність рослини* (НПР) – маса повітряно сухого насіння, утвореного рослиною за вегетаційний період. При вивченні дії стресових факторів на рослину в різні періоди індивідуального розвитку інформативними параметрами виступають:

1 – потенціальна насіннєва продуктивність (ПНП) – потенціальна кількість насіння, яка дорівнює кількості квіток на рослині, *шт.;*

2 – реальна насіннєва продуктивність (РНП) – реальна кількість сформованого насіння, *шт*;

3 – коефіцієнт насіннєвої продуктивності ($К_{НП}$) – відношення РНП/ПНП, яке завжди менше одиниці.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Отримані нами експериментальні результати по впливу засолення в різні періоди вегетації на біологічну продуктивність галофітів різних груп представлено на рис. 1.

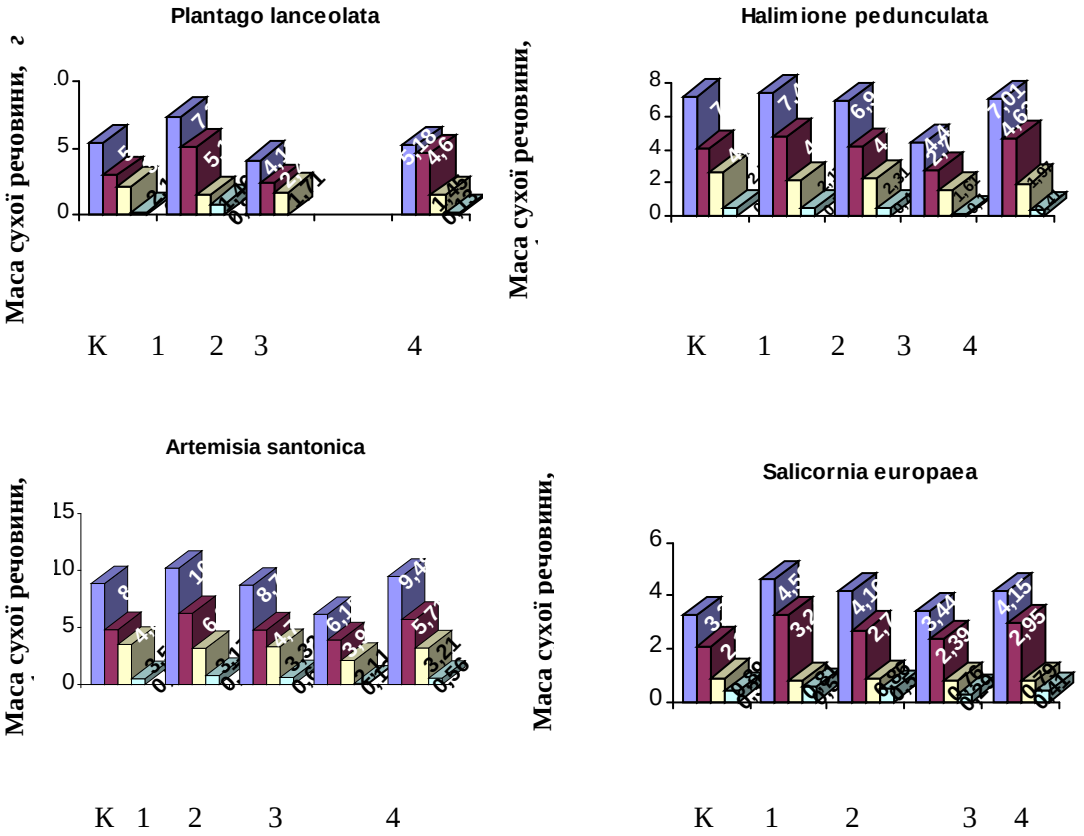

Рис. 1. Вплив засолення на біологічний врожай рослин та його складові:
– рослина; – надземна частина; – корінь; – насіння;
K – контроль, 1 – варіант 1 (вегетаційний контроль), 2 – варіант 2 (початок), 3 – варіант 3 (середина), 4 – варіант 4 (кінець вегетації).

Вони свідчать, що засолення в будь-який період вегетації знижує біологічну продуктивність рослин незалежно від виду максимально від 25,1% у S. europaea і до загибелі у P. lanceolata. При цьому спостерігається значна диференціація як по видам рослин, так і по періодам засолення та впливу останніх на різні органи рослин. Слід зазначити, що в більшій мірі негативний вплив підвищеної концентрації солей проявляється на надземній масі рослин. Маса кореня при цьому знижується в значно меншій мірі, ніж маса надземних органів, або, навіть, збільшується, що характерно для рослин трансект та варіанту 2, що вказує на значну роль органічної складової у формуванні солетолерантності галофітів.

При засоленні навесні в вегетаційних дослідах рослини P. lanceolata знизили $B_б$ на 44,4% в основному за рахунок надземної частини (53,1%) та повній відсутності насіння при збільшенні на 17,1% маси кореня. Така картина, на нашу думку, свідчить про суттєвий вплив водозабезпечення на життєдіяльність рослин при засоленні. В найменшій мірі негативний вплив засолення в цей період позначився на життєдіяльності S. europaea, у якого зменшення маси дорівнювало: 7,4% – насіння; 16,7% – надземної частини; 9,4% – цілої рослини при 6,2% стимуляції маси кореня. Для H. pedunculata та A. santonica, які за результатами експериментальних досліджень займають проміжне положення між мезофітом та евгалофітом, відповідні значення дорівнювали по насінню 15,4 та 22,8%; надземній частині – 12,5 та 23,4%; рослини в цілому – 6,5 та 14,6%; кореню – 6,5 та 5,4% відповідно. У всіх без виключення галофітів відмічалась стимуляція росту кореня, при затриманні наростання надземної частини, а значить, і маси цілої рослини. Слід зазначити, що в природних умовах, при поступовому засоленні, негативний вплив останнього проявляється на надземних органах в меншій мірі, а позитивний (на корені) в більшій мірі, що вказує на наявність і прояв адаптаційних перебудов у рослин.

Підвищення концентрації солей в ґрунті в середині вегетації (варіант 3), проявляється негативно на всіх органах і у всіх рослинах, незалежно від виду. Це обумовлюється інтеграцією негативних впливів високої температури, високої сонячної інсоляції, підвищеного осмотичного тиску ґрунтового розчину, водного дефіциту. В таких умовах рослини P. lanceolata загинули, а галофіти значно знизили значення всіх складових та біологічний врожай в цілому за рахунок як функціональних, так і структурних адаптаційних перебудов, описаних раніше. В найбільшій мірі це стосується надземних органів рослин та маси насіння. Дослідні рослини цього варіанту уступали відповідним контролям: у H. pedunculata по насінню – 80,8%; по масі надземної частини – 43,8%; кореня – 25,8%; цілої рослини – 40,1%. У A. santonica та S. europaea відповідні значення дорівнювали 84,2 та 46,3%; 37,2 та 26,2%; 33,4 та 14,6%, і, нарешті, 40,7 та 25,1%. Для рослин цього варіанту характерні великі втрати біомаси надземних органів і максимальні – маси насіння. В природних умовах при поступовому засоленні ґрунту (Контроль) негативні явища менш виражені, що вказує на наявність поступового формування солетолерантності у рослин.

Засолення в кінці вегетації (варіант 4) практично діє на генеративно зрілі рослини, ріст яких вже майже припинився і тому сприяє прискоренню старіння останніх. Ці рослини по всім кінцевим параметрам займають середнє положення (на рівні рослин 2го варіанту) при наявності великої різниці по масі насіння, яка в період засолення у контрольних рослин на відміну від дослідних продовжує поповнюватися за рахунок асимилятів і в подальшому відіграватиме значну роль в розповсюджені та пристосуванні виду до умов засолення. Результати по впливу засолення на насіннєву продуктивність рослин представлено в табл. 1.

Таблиця 1.

Вплив засолення на насіннєву продуктивність рослин

Вид рослин	**Варіанти досліду**	**Маса повітряного сухого насіння з рослини, *г***	**Насіннєва продуктивність**		**$K_{НП}$**
			Потенціальна, *шт*	**Реальна, *шт***	
P. lanceolata	Контроль	0,20±0,01	308±10	114±8	0,27
	Варіант 1	0,82±0,06	410±12	312±11	0,76
	Варіант 2	Насіння не сформоване			
	Варіант 3	Рослини загинули			
	Варіант 4	0,137±0,01	409±10	131±9	0,32

H. pedunculata	Контроль	0,042±0,04	294±15	200±9	0,68
	Варіант 1	0,052±0,02	365±34	277±13	0,73
	Варіант 2	0,044±0,01	295±17	218±17	0,74
	Варіант 3	0,013±0,01	159±11	59±5	0,27
	Варіант 4	0,041±0,02	360±21	299±11	0,63
A. santonica	Контроль	0,052±0,01	285±24	248±17	0,64
	Варіант 1	0,079±0,06	487±27	390±23	0,80
	Варіант 2	0,061±0,05	406±32	297±18	0,73
	Варіант 3	0,012±0,01	176±9	56±4	0,32
	Варіант 4	0,056±0,02	373±27	280±27	0,75
S. europaea	Контроль	0,038±0,02	173±11	89±5	0,52
	Варіант 1	0,054±0,02	188±14	135±10	0,72
	Варіант 2	0,050±0,03	179±9	124±9	0,69
	Варіант 3	0,016±0,01	151±6	52±0,9	0,38
	Варіант 4	0,041±0,04	179±7	125±10	0,70

Вони свідчать про те, що у всіх дослідних рослин насіння дуже дрібне (до 0,2-0,35 мг) і кількість його на рослині відносно невелика (в межах 150-400 шт.), а тому і загальна маса в основному дорівнює 4-20 мг. Засолення в різні періоди вегетації диференційовано впливає як на кількість насіння, так і на загальну масу з рослини. В найбільшій мірі підвищення концентрації солей в ґрунті впливає на P. lanceolata, понижуючи кількість насіння в 2,4 рази (варіант 4) та в 2,7 (варіант К) і одночасно зменшуючи масу насіння з рослини відповідно в 6,3 та 4,1 рази. Десинхронізація в зменшенні кількості насіння та його маси з рослини під дією сольового стресу пояснюється специфічністю проходження етапів органогенезу. На початку вегетації проходить закладка органів, в тому числі і кількості квітів, а значить і потенціальної кількості насіння. В середині вегетації проходять процеси запилення, запліднення та формування насінини. В кінці вегетації насінина виповнюється асимілятами і тому несприятливі фактори середовища, в тому числі і засолення, будуть по різному впливати на насіннєву продуктивність рослин.

Рослини мезофіту не сформували насіння в другому варіанті, повністю загинули в третьому та значно знизили в четвертому та в природних умовах (Контроль). Коефіцієнт насіннєвої продуктивності показує, що навіть у контрольних рослин (варіант 1) 24% квітів не утворюють насіння, а при дії сольового стресу цей показник дорівнює всього 0,27 (Контроль) та 0,32 (варіант 4). Це означає, що засолення значно впливає на формування генеративних органів і на 70-75% скорочує реальну насіннєву продуктивність, чим обмежує екологоценотичні стратегії експлерентності та патієнтності виду. Для галофітів, яким характерні певні адаптаційні механізми до засолення, несприятлива дія цього фактору проявляється диференційовано і в значно меншій мірі. Відносно солетолерантності дослідні види галофітів по експериментальним результатам можна розташувати в ряд: S. europaea → H. pedunculata → A. santonica. Незалежно від виду, негативний вплив в найбільшій мірі проявляється в середині вегетації (варіант 3), коли максимального напруження досягають інші фактори середовища, а рослинам характерні найбільші розміри і процеси запилення, запліднення та початок формування насіння. У дослідних рослин цього варіанту зменшуються як маса насіння, так і РНП відповідно: у криногалафіту на 75 та 79%; глікогалофіту – 84,8 та 87,4%; евгалофіту – 70,4 та 71,5%.

Маса насіння з рослин зменшується в меншій мірі ніж РНП і це вказує на адаптативне пристосування галофітів до засолення і відносну нормалізацію процесів життєдіяльності, в тому числі і фотосинтезу, за рахунок якого відбувається виповнення насіння асимілятами. Рослини другого та четвертого варіантів суттєво не розрізняються по кінцевим параметрам, але причини цього різні. Рослини другого варіанту в процесі вегетації пристосувалися до засолення, а рослинам четвертого характерно прискорення старіння. Тому втрати маси насіння та РНП рослинами другого варіанту становили: для H. pedunculata 15,4 та 21,3%; A. santonica – 22,8 та 23,8%; S. europaea – 7,4 та 8,1% відповідно. У рослин четвертого варіанту значення цих параметрів дорівнювали: у криногалафіту –

21,3 та 17,3%; глікогалофіту – 19,1 та 28,2%; евгалофіту – 24,1 та 7,4% відповідно. У рослин в природних умовах значення цих параметрів, як правило, займали проміжне положення між параметрами 2 і 4 варіантів.

ВИСНОВКИ

1. Засолення в будь-який період вегетації значно впливає на ростові процеси та біологічну та насіннєву продуктивність рослин.
2. В найбільшій мірі негативна дія сольового стресу проявляється в середині вегетації, коли дія інших зовнішніх факторів досягає максимальних значень, а у рослин відмічаються найбільші розміри поверхні і здійснюються життєво важливі процеси запилення, запліднення, формування насіння.
3. Найбільш чутливим до засолення виявились мезофіти, але і галофіти відносно цього чинника певним чином диференційовані, тому дослідні рослини згідно зростання солетолерантності розташовуються в ряд: P. lanceolata → A. santonica → H. pedunculata → S. europaea.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Білик Г.І. Рослинність засолених ґрунтів України, її розвиток, використання та поліпшення / Г.І. Білик. – Київ: АН України, 1963. – 300 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985.-351 с.

Жук О.І., Григорюк І.П., Гродзинський Д.М. Клітинний ріст рослин за умов водного стресу / О.І. Жук, І.П. Григорюк, Д.М. Гродзинський / Физиол. и биохим. культ. раст.–1999. – Т. 31, № 2. – С. 83-92.

Жуков Ю.П., Карпухина Н.С. Действие различных питательных смесей на рост и развитие кукурузы / Ю.П. Жуков, Н.С. Карпухина /Сборник научных трудов ТСХА. – 1978. – Вып. 228. – С. 5 – 10.

Жуков Ю.П., Карпухина Н.С.Морфологическая пластичность подземных ор-ганов у особей Plantago lanceolata (Plantaginaceae) / Ю.П. Жуков, Н.С. Карпухина /Бот. журнал. – 1999. – № 12. – С. 80 – 86.

Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.

Мусієнко М.М. Фізіологія рослин / М.М. Мусієнко. – К.: Либідь, 2005. – 807с.

Николаева М.Г. Особенности прорастания семян в зависимости от филогенетического положения растений и эколого-географических условий их обитания / М.Г. Николаева / Физиология растений. – 1999. – Т. 46, № 3. – С. 432 – 437.

Определитель высших растений Украины /Д.Н. Доброчаева, М.Н Котов, Ю.Н. Прокудин и др. /Под ред. Доброчаевой. – К.: Фитосоциоцентр, 1999. – 548 с.

Пюрко О.Є, Мусієнко М.М., Казаков Є.О., Христова Т.Є. Основи солестійкості рослин та методи її вивчення / О.Є. Пюрко, М.М. Мусієнко, Є.О. Казаков, Т.Є. Христова /Вісник Запорізького державного університету. – Біологічні науки. – Запоріжжя: ЗДУ, 2001. – № 1. – С. 204 – 208.

Савченко Г.В. Систематика та номенклатура видів Artemisia L. sect. Camperstres Korobkov, поширених в Україні / Г.В. Савченко /Укр. бот. журнал. – 1999. – Т. 56, № 3. – С. 282 – 286.

Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологи / Е.В.Сидоренко. – С-Пб.: Социально - психологический центр, 1996. – 350 с.

Смит Б.Н., Монако Т.А., Хеминг Д. Дж. Б., Хансен Л.Д., Криддл Р.С. Связь дыхания и скорости роста у растений Большого бассейна в США / Б.Н. Смит, Т.А. Монако, Д. Дж. Б. Хеминг, Л.Д. Хансен, Р.С. Криддл / Физиология растений. – 1996. – Т. 43, № 6. – С. 821 – 825.

Таран Н.Ю. Адаптаційний синдром рослин в умовах посухи / Н.Ю. Таран /Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.12. – К., 2001. – 42 с.

Трейман А.А. Питательные смеси и потребности растений в питании / А.А. Трейман / Физиология и биохимия культ. растений. – 1986. – Т. 18, № 4. – С. 315 – 325.

Melan M.A., Dong X., Endara M.E., Davis K.R., Ausubel F.M., Peterman T.K. An Arabidopsis thaliana lipoxygenase gene can be induced by pathogens, abscisic acid and methyl jasmonate / M.A. Melan, X. Dong, M.E. Endara, K.R. Davis, F.M. Ausubel, T.K. Peterman / Plant. Physiol. – 1993. – Vol. 101. – P. 441 – 450.

Neumann P. Salinity resistance and plant growth revisited / P. Neumann / Plant. Cell. Environ. – 1997. – Vol. 20. – P. 1193 – 1198.

Tarczynski M.C., Jensen R.G., Bohnert H.J. Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolyte mannitol / M.C. Tarczynski, R.G. Jensen, H.J. Bohnert / Science. – 1993. – Vol. 259. – P. 508 – 510.

Thornley J.H.M., Johnson I.R. Whole–plant respiration and growth energetics / J.H.M. Thornley, I.R. Johnson / Plant and Crop Modeling. N.Y.: Oxford Univ. Press. – 1990. – P. 264 – 271.

Wu S.–J., Ding L., Zhu J.–K. SOS 1, a genetic locus essential for salt tolerance and potassium acquisition / S.–J. Wu, L. Ding, J.–K. Zhu / Plant. Cell. – 1996. – Vol. 8. – P. 616 – 627.