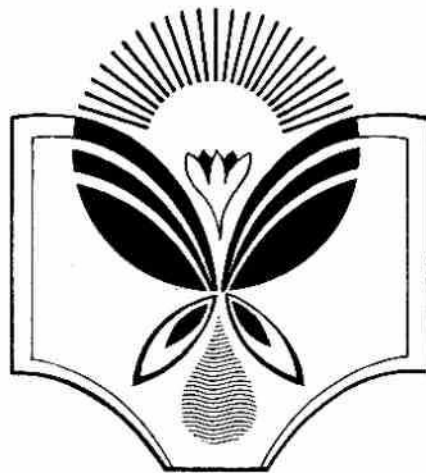




Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка**

Серія: біологія



Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2012. — № 3 (52). — 122 с.

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
ім. Володимира Гнатюка
від 25.09.2012 р. (протокол № 2)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

М. М. Барна	доктор біологічних наук, професор (<i>головний редактор</i>) (Україна)
К. С. Волков	доктор біологічних наук, професор (Україна)
В. В. Грубінко	доктор біологічних наук, професор (<i>заступник головного редактора</i>) (Україна)
Н. М. Дробик	доктор біологічних наук, професор (Україна)
О.П. Камеліна	доктор біологічних наук, професор (Росія)
В. З. Курант	доктор біологічних наук, професор (<i>заступник головного редактора</i>) (Україна)
Н. М. Нємова	член–кореспондент РАН, доктор біологічних наук, професор (Росія)
В. І. Парпан	доктор біологічних наук, професор (Україна)
О. Б. Столяр	доктор біологічних наук, професор (Україна)
В. О. Хоменчук	кандидат біологічних наук, доцент (<i>відповідальний секретар</i>) (Україна)
В. Р. Челак	доктор біологічних наук, професор (Молдова)
Макаї Шандор	доктор габілітований, професор (Угорщина)
І. В. Шуст	доктор біологічних наук, професор (Україна)

Літературний редактор: Т.П. Мельник
Комп'ютерна верстка: В.О. Хоменчук

*Збірник входить до переліку наукових фахових видань ВАК України
Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009*

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом

ЗМІСТ

БОТАНІКА	5
М. М. BARNA, О. В. MATSUK PECULIARITIES OF BIOLOGY OF FLOWERING OF PROTANDROUS AND PROTOGENIC <i>JUGLANS REGIA</i> L. INDIVIDUALS IN CONNECTION WITH DICHOGAMY	5
YE.L. KORDYUM, L.YE. KOZEKO, YU.V OVCHARENKO PHENOTYPIC PLASTICITY OF AERIAL-AQUATIC PLANTS <i>ALISMA PLANTAGO-</i> <i>AQUATICA</i> L. AND <i>SIUM LATIFOLIUM</i> L.: STRUCTURAL AND MOLECULAR ASPECTS	11
Н.О. СТЕЦУЛА ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ФЛОРИСТИЧНОГО СКЛАДУ ПЕРЕДКАРПАТТЯ.....	16
Р. Л. ЯВОРИВСЬКИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ФЛОРИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ПЛАТО	20
ГІДРОБІОЛОГІЯ	28
В.О. ДЕМЧЕНКО СТРУКТУРА ПРОМИСЛОВИХ УЛОВІВ РИБ В АЗОВСЬКОМУ МОРІ В УМОВАХ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН У ВОДОЙМІ	28
П.Д. КЛОЧЕНКО, І.Ю. ІВАНОВА, Г.Г. ЛІПЦЬКА ВИДОВИЙ СКЛАД ФІТОПЛАНКТОНУ ЗАПЛАВНИХ ОЗЕР м. КИСВА.....	35
А.І. LUTSIV, V.V. GRUBINKO ABSORPTION OF IONS Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} AND Pb^{2+} BY CELLS OF <i>CHLORELLA</i> <i>VULGARIS</i> BEIJER.	42
Ю.І. СЕНИК, Б.З. ЛЯВРІН, Ю.В. СИНЮК, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ ТРАНСПОРТ ЙОНІВ ЦИНКУ ТА КАДМІЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНИ ЕРИТРОЦИТІВ РИБ	50
ЕКОЛОГІЯ	55
Ю. А. БОБРОВНИЦЬКИЙ РЕАКЦІЇ ПРОРОСТКІВ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> L. НА ПОМІРНИЙ ВОДНИЙ ДЕФЦИТ НА КЛІТИННОМУ ТА МОЛЕКУЛЯРНОМУ РІВНЯХ.....	55
Л.А. ГОЛУНОВА, В.Г. КУР'ЯТА АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОСЛИН СОЇ ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ <i>BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM</i> І РЕТАРДАНТІВ.....	66
О.В. GURS'KA THE INVESTIGATION OF <i>PYRETHRUM COCCINEUM</i> (WILLD.) WOROSCH. ALLELOPATHIC ACTIVITY	71
О. Ю. РУЖИЦЬКА МОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА СТРУКТУРНИХ ЗМІН У ПОРОЖНІЙ КИШЦІ ПРИ ОТРУСННІ ХЛОРИДОМ КАДМІЮ	75
А. П. СТАДНИЧЕНКО, В. К. ГИРИН ВПЛИВ НІТРОФОСУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПОГЛИНАННЯ КИСНЮ МОЛЮСКОМ <i>UNIO PICTORUM</i> (<i>BIVALVIA</i> , <i>UNIONIDAE</i>).....	80
Г.В. ЦЕХМІСТЕР, Л.А. ПІНЧУК, Н.В. ТКАЧУК, В.О. ЯНЧЕНКО, А.М. ДЕМЧЕНКО ПОКАЗНИКИ РОСТУ <i>LEPIDIUM SATIVUM</i> L. ЗА ПРИСУТНОСТІ 1- АРИЛТЕТРАЗОЛВМІСТНИХ ПОХІДНИХ 1-ТЕТРАЛІН-6-ІЛ-ЕТАНОНУ	84
С. Ю. ШЕВЧУК НОВІ ДЛЯ ФАУНИ УКРАЇНИ ВИДИ ГЕТЕРОТРОФНИХ ДЖГУТИКОВИХ (<i>PROTISTA</i> , <i>EXCAVATA</i> , <i>KINETOPLASTEA</i>) РОДУ <i>VODO</i> ТА ЇХ ЕКОЛОГО- МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ	89

ЗМІСТ

БІОХІМІЯ	94
Н.В. БОГДАНОВСЬКА ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА АКТИВНІСТЬ ЕНДОТЕЛІАЛЬНОЇ NO-СИНТАЗИ	94
О.І. ДУХ ВПЛИВ ВІТАМІНУ А У РАЦІОНІ ПТИЦІ НА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД КУРЯЧОГО ЯЙЦЯ.....	100
У.П. ЄФРЕМОВА, Н.Е. ЛИЧКОВСЬКА, Р.В. ФАФУЛА, З.Д. ВОРОБЕЦЬ ОСОБЛИВОСТІ НІТРООКСИДСИНТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЛІМФОЦИТІВ ПЕРИФЕРИЧНОЇ КРОВІ ПРИ АНКІЛОЗИВНОМУ СПОНДИЛОАРТРИТІ.....	103
Р.Я. ІСКРА, В.В. ВЛІЗЛО СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗНА, КАТАЛАЗНА ТА NO-СИНТАЗНА АКТИВНІСТЬ У ТКАНИНАХ ЩУРІВ ЗА ВПЛИВУ ЦИТРАТУ ХРОМУ	107
ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ	114
ПРОФЕСОР ЕРАСТ АНАТОЛІЙОВИЧ ГОЛОВКО	114
АВТОРИ НОМЕРА	121

БОТАНІКА

UDC 582.746.51:634.51

M. M. BARNA, O. B. MATSUK

Ternopil national teachers' training university named after Volodymyr Gnatuk
Kryvonosa Str.2, Ternopil city, 46027

PECULIARITIES OF BIOLOGY OF FLOWERING OF PROTANDROUS AND PROTOGENIC *JUGLANS REGIA* L. INDIVIDUALS IN CONNECTION WITH DICHOGAMY

Results of research of biology of flowering of *Juglans regia* L. of protandrous and protogenic individuals in connection with dichogamy are given in the article. Peculiarities of individuals flowering, depending on climatic factors (temperature and humidity of the air, precipitation, illumination) were analysed in conditions of Western Podillya (Ternopil region). It was established that dichogamy in the kind of *Juglans* L. appeared during evolution of the vegetable kingdom as adaptation to the cross-pollination.

Key words: dichogamy, protandry, protogyny, biology of flowering, climatic factors, *Juglans regia*

Dichogamy (from Greek *dicha* – into two parts, separately and *gamos* – marriage) – non-simultaneous after ripening of anthers and stigmas in flowers. Dichogamy as adaptation to the cross-pollination was described by A. T. Bolotov for the first time [2]. The term dichogamy was suggested by Sprengel in 1773 year. Anthers (proterandriya) ripen at first in one kind of flowers, but stigmas (protogyny) ripen in the other flowers. Dichogamy is observed not only in monoecious, but also in unisexual flowers of monoecious and dioecian plants [3]. There are two types of dichogamy: accomplished, when stigmas ripen after parching of stamens (or vice-versa) and not accomplished, which appears because of not lost function of organs of opposite sex. Protandry is observed almost in all plants of *Asteraceae* Dumort., *Fabaceae* Lindl., *Ranunculaceae* L. family and others. Protogyny is observed more rarely, for example, in plants of *Berberidaceae* L., *Brassicaceae* Burnett., *Rosaceae* Juss. family and others. For the first time phenomenon of dichogamy in the kinds of *Junglas* L. genus was described by F. Delpino [17] on the example of *J. regia*.

Material and research methods

Individuals of Circassian walnut, that grow on the territory of fruit garden of agrobiological laboratory of Ternopil national teachers' training university named after Volodymyr G. were taken as object of research. 9 trees (4 – protandrous, 5 – protogenic) were chosen to carry out observations of flowering character (beginning of flowering, mass flowering, end of flowering, duration of flowering). Researches of biology of flowering were carried out during two years on the same individuals, which were marked with proper labels beforehand. Observations of flowering of certain flowers and inflorescences were carried out on five chosen with that purpose generative cuts of each individual.

Phases of flowering (beginning of flowering, mass flowering, duration and end of flowering) were studied by the methods of A. N. Ponomarev [8] and M. M. Barni [2]. Besides that sequence of flowers opening and quantity of open flowers within inflorescence, duration of flowering of certain

flowers, inflorescences, individuals were established. Data, taken from <http://rp5.ua/archive.php>, about temperature of air, its relative humidity and precipitation, was used to determine dependence of these processes from meteorological factors.

Beginning of flowering of male individuals was considered such a state of male aments when first anthers appear in blossom cluster. When touching them pollen was left on the fingers. Beginning of flowering of female individuals was considered such a state of pistils when stigmas with formed lobes were noticed under the blanket of bracts. Period of mass flowering of male flowers was considered such a state when all male flowers in aments produced pollen. End of flowering of male flowers was characterized by blossom fall of male flowers and aments. End of flowering of female flowers was characterized by presence of dry stigmas which can't make conditions for germination of pollen.

Results of research and their review

Starting research of biology of flowering of generative organs, we came from the fact that *Juglans regia* according to data [7] is concerned to phenogroup as per the period of flowering of polycarpic tree plants – average blossoming (21.04-23.05) and to phenogroup as per duration of flowering to the period of blossoming – short (8-14 days). Having analysed data of research of terms of efflorescence of *Juglans regia* individuals and duration of flowering (period of flowering) taking into consideration meteorological conditions of Western Podillya (Ternopil region) and coming from proposed classification of phenogroups of polycarpic tree plants [7], we established that *Juglans regia* belongs to average blossoming kinds which blossoms in the first decade of May and continues to bloom to the middle of the third decade of May with short period of flowering.

Throughout two years of research according to the biology of *Juglans regia* flowering in conditions of Ternopil region certain appropriateness concerning blossoming of individuals of examined kind, was established. *Juglans regia* is characterized by morphological peculiarities of stamen and utricle flowers that considerably influence process of flowering. Stamen and utricle flowers blossom non-simultaneously on one and the same individual. Cases of simultaneous blossoming of male and female flowers on one and the same tree were observed very seldom. At first, male flowers blossom on one and the same individual. Then in the end of their flowering, female start to bloom. On others - vice-versa at first female flowers blossom, then male flowers start blooming. Such appropriateness of blossoming of male and female flowers rules out their self-pollination and provides cross-pollination. Blossoming of male flowers happens more intensively than female, and ends in short term. During cross-pollination male generative sphere of most polycarpic plants produces more pollen than stigma of utricles that female generative sphere produces to its taking. It provides more probability of hitting of pollen to the stigmas of utricle during anemophilous pollination. Interval between blossoming of male and female flowers is 6-10 days. Such peculiarity of flowering is typical for dichogamous plants, which object of our research *Juglans regia* belongs to.

Question concerning constancy of type of flowering of *Juglans regia* still stays disputable. Some scientists consider that type of flowering of one individual persists permanently, others think that type of dichogamy can change because of climatic conditions.

According to data of N. A. Orlova [8] it is very difficult to make out forms of Circassian walnut by morphological characteristics to their flowering. During the first year of blossoming only female flowers and sometimes stamen appear in most individuals. During the second year number of stamen flowers increase, but female dominate. And only during the third year proper form of flowering of this or that individual is settled. Protandrous and protogenic individuals are spread in plantations approximately evenly. Results, carried out by abovementioned author of research, also showed that protandrous individuals a little bit predominate over protogenic one in grown-up individuals of Circassian walnut. As far as young individuals are concerned, which have recently entered into the period of fructification, considerable predominance of number of protogenic individuals to protandrous is observed.

According to P. L. Dorofeev's observations [5], separately growing protogenic individuals of Circassian walnut give more often crops than separately growing protandrous individuals. This fact is explained by self-pollination of protogenic individuals, because their female flowers keep life activity

till ripening of pollen of their aments. So vicinity of other Circassian walnut trees is necessary for protandrous individuals more than for protogenic one.

Heredity of this or that type of dichogamy is not examined much. Studying genetics of this phenomenon, O. D. Mayatska ascertained that each individual of Circassian walnut can make group of descendants that are distinguished by the type of dichogamy to protandrous and protogenic individuals [11]. Walnut garden from seeds taken from 30 trees was created in 1951 year on Volodymyrivska agro forest land improvement research station (Mykolaiv region) by methods of F. L. Schepotiev to study this question. Area of the garden was 5 ha. Seeds from each tree were separately sowed. That gave opportunity to grow descendants from nut trees with certain type of dichogamy. Descendants of maternal trees began to fructify regularly from 10 years age. Such method of formation of Circassian walnut population allowed to distinguish young trees according to the types of dichogamy. Record of protogenic and protandrous nut trees in the garden was carried out in 1965 year in the period of blossoming. Descendants of Circassian walnut are 1024 young trees, where 537 (52%) of individuals are protogenic and 487 (48%) are protandrous. Researches which were carried out, indicate that Circassian walnut gives descendants, that are divided according to the types of dichogamy into protandrous and protogenic individuals. Their number can be approximately the same or with little deviation.

So, it can be inferred from literary data, that protandry and protogyny are inherently fixed characteristics that are passed by certain hereditary factors in chromosomes of Circassian walnut. Quantitative reveals of dichogamy in monoecious Circassian walnut are similar to the character of descendants' differentiation by the signs of sex in other monoecious tree breeds.

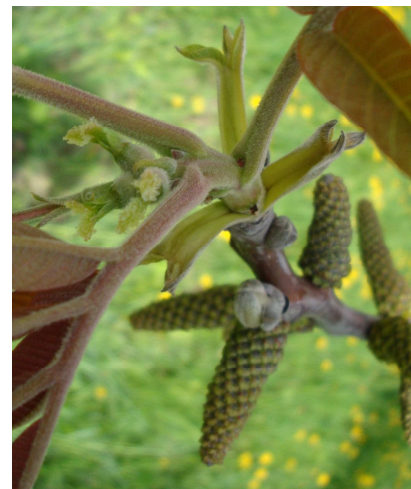
Our two years researches of this question are confirmed with literary data, because we observed constancy of dichogamy type in one and the same *Juglans regia* individuals. Despite changes of climatic conditions during the period of research male generative sphere of protandrous individuals and female of protogenic one always came first into phase of flowering (picture 1). Such appropriateness is also observed in the process of flowering. Data that we receive is confirmed by literary data about the fact that dichogamy is hereditary sign, peculiar to monoecious Circassian walnut. Change of climatic conditions influences only change of terms of beginning and duration of flowering of *Juglans regia* individuals.



Picture 1. Protogenic (on the left) and protandrous (on the right) *Juglans regia* individuals in the period of flowering in the garden of agro biological laboratory of Ternopil teachers' training university named after Volodymyr Gnatuk (11. 05. 2011 year)

During three years of researches appropriateness of blossoming beginning of protandrous and protogenic *J. regia* individuals was established [9, 10]. This appropriateness consists of the following. Each year male generative sphere of protandrous individuals came into phase of flowering averagely 8-10 days faster than male generative sphere of protogenic individuals (picture 2). Moreover this appropriateness was observed even because of different climatic factors (temperature, humidity of the

air and precipitation). So, in 2010 year male generative organs came into phase of flowering on the 3rd of May, and protogenic one on the 11th of May. In 2011 male flowers of protandrous individuals starts blossoming on the 3rd of May, and protogenic one on the 18th of May, in 2012 properly – the 2nd and the 8th of May. Analysis of climatic factors for the periods of flowering of protandrous individuals showed that average daily temperature and humidity of the air during these periods were the following: in 2010 year – + 15,41 °C and 59,25%; in 2011 year - + 11 °C, 62%; in 2012 year - +17,2 °C, 52,6%. It can be inferred from the given data that during the years of research male generative sphere of protandrous individuals came into the phase of flowering the most quickly in 2012 year (the 2nd of May), and the latest – in 2011 year (the 11th of May). Accordingly analysis of climatic factors during the period of flowering of protogenic individuals showed that temperature and humidity of the air during these periods were the following: in 2010 year +14,41 °C and 66,1%; in 2011 year + 15,1 °C and 66,3%; in 2012 +15,2 °C, 87%. So, it can be inferred from the given data that during the years of researches male generative sphere of protandrous individuals came into the phase of flowering the most quickly in 2012 year (the 8th of May), and the latest – in 2011 year (the 18th of May).



Picture 2: Male aments of protandrous (a) and protogenic (b) *Juglans regia* individuals in the period of coming into the phase of flowering (the 11th of May 2011 year)

Aments, that were placed below on the cut, blossomed out the first, afterwards those which were placed closer to the top of the cut. According to the literary data one ament blossoms for 1,5-2 days, and because of sunny warm weather all pollen from the ament spills out during one day [13, 14]. According to our observations male aments blossomed for 2-4 days, because in the period of flowering there was cold rainy weather. Mass flowering of the examined kind starts on the 4-6th day from the beginning of the blossoming. Number of flowers that opened sharply decreases in rainy weather, but this process does not stop completely (picture 2). In these conditions anthers first opened on the sunny side of the ament and then on the shady one. Period between blossoming of male and female flowers is 5-8 days.

As far as question of blossoming of male generative sphere of protandrous and protogenic *Juglans regia* individuals is concerned, we received the following data. In contrast to coming into the phase of flowering of male generative sphere of protandrous and protogenic individuals, where protandrous individuals came first into the phase of flowering, in the process of blossoming of female generative sphere we ascertained reverse appropriateness. It means that protogenic individuals come first into the phase of flowering, and then protandrous one. By the way mentioned appropriateness was observed even during different climatic factors (temperature, humidity of the air, precipitation). So, in 2010 year female flowers of protogenic individuals came into the phase of blossoming on the 5th of May, and protandrous one on the 9th of May; in 2011 year properly – the 10th of May and 16th of May; in 2012 year – the 2nd and 7th of May (picture 3).

Analysis of climatic factors during the period of flowering of protogenic individuals showed that temperature and humidity of the air in the time of these periods were the following: in 2010 year - +17 °C and 53%; in 2011 year - +14,7 °C and 62%; in 2012 year - +21,5 °C and 47,8%.

As far a process of flowering of protandrous individuals is concerned, in appropriate period temperature and humidity of the air were the following: in 2010 year +14,1 °C and 79.7%; in 2011 year + 11,5 °C and 85%; in 2012 year +17 °C and 63%. So, it follows from the given data that during the years of researches the quickest female generative sphere of protogenic individuals came into the phase of flowering in 2012 year (the 2nd of May), and the latest in 2011 year (the 10th of May), and concerning protandrous individuals, the quickest was in 2012 year (the 7th of May), and the latest was in 2011 year (the 16th of May).

Period of blossoming of female flowers lasted from 5 to 8 days depending on weather conditions. After blossom fall male aments dry up and fall, but pollinated female flowers continue to function till the process of seeds and fetus formation. Beginning of mass flowering of male aments of protogenic *Juglans regia* individuals happens after blossoming of female flowers in 3-4 days. Mass blossoming of female flowers of protandrous individuals happens in 4-5 days after blossoming of male one and sometimes even later.



Picture 3 Female flowers of protogenic (a) and protandrous (b) *J. regia* individuals in the period of coming into the phase of blossoming (the 3rd of May 2012 year)

Conclusions

Dichogamy of *Juglans regia* is biologically stipulated natural process that depends on genetic factors and is controlled by climatic conditions, decisive meaning of which belongs to temperature and humidity of the air. Flowering of protandrous and protogenic individuals of Circassian walnut in conditions of Ternopil region happens in different terms, difference between these terms is 7-8 days regardless of climatic factors and lasts averagely for 16 days. Mass blossoming of examined individuals is on the 6th-7th day. Twenty-four hours rhythm of flowers bloom of *Juglans regia* is daily.

1. Barna M. M. Formation of flowers and biology of blossoming of kinds of family Salix L./ M.M. Barna, M. I. Adamiv.// Scientific bulletin of state university. Series of Biology. – 1998 - № 5. – P. 7–9. (in Ukrainian).
2. Big Soviet Encyclopaedia: in 30 volumes. Chief editor A. M. Prokhorov. - [3rd edition]. M. “Soviet Encyclopaedia”. 1972. — volume 8: Debtor — Eucalyptus. — P. 1027. (in Russian).
3. Gerts N. V. Biology of flowering of kinds of family Acer L. in conditions of Western Podillya (Ternopil region)/ N. V. Gerts // Collection of scientific works of Lugansk national agrarian university. Series of Biological science – 2008 – № 83. — P. 17–25. (in Ukrainian).
4. Dorofeev P. L. Culture of caryocarpous in Moldova / P. L. Dorofeev – Kishinev city: state edition of Moldova, 1950 — P. 116–121. (in Russian).
5. Zhigalova S. L. Dichogamy of *Juglans L.* kind (Juglandaceae) / S. L. Zhigalova // Urgent problems of botany and ecology: conference of young scientists-botanists (Kiev city, 7th-10th September 2004 year): materials of conference — Kaniv, 2004 —P. 47. (in Ukrainian).
6. Ivchenko A. I. Sequence and duration of flowering of tree plants of arboretum of botanic garden / A. I. Ivchenko, N. L. Blusuk, L. B. Kolyada // Scientific bulletin — 2006 year — issue 16.4 — P. 204–212. (in Ukrainian).

7. Ponomarev A. M. Study of flowering and plants pollination / A. M. Ponomarev // Field geobotany — M. — L.: Publishing house AN USSR, 1960 — volume 2. — P 9–19. (in Russian).
8. Matsuk O. B. Peculiarities of biology of flowering of protandrous individuals *Juglans regia* L. in conditions of Western Podillya (Ternopil region) / O. B. Matsuk // Collection of scientific works of Lugansk national agrarian university. Series Biological sciences — Lugansk: “Elton-2”, 2011 — № 28. — P. 36. (in Ukrainian).
9. Matsuk O. B. Peculiarities of biology of flowering of protandrous individuals *Juglans regia* L. in conditions of Western Podillya (Ternopil region) / O. B. Matsuk // Scientific bulletin of Uzhgorod national university. Series of Biology — Uzhgorod 2011 — Edition 30 — P. 25–27. (in Ukrainian).
10. Mayatskaya O. D. Form variety of Circassian walnut and vegetative reproduction of best forms: author's abstract discussion of thesis of academic candidate's degree, agricultural sciences: / O. D. Mayatskaya — Kharkov. 1974 — 19th P.. (in Russian).
11. Orlova N. A. Bioecological peculiarities of plants of Uglans kind in Chuiskaya valley: author's abstract discussion of thesis of academic candidate's degree, agricultural sciences — Frunze, 1958 —P. 68. (in Russian).
12. Komanich I. G. Distant hybridization of nut kinds (*Juglans* L.) / I. G. Komanich — Kishinev: Shtiintsa, 1989 — P. 153. (in Russian).
13. Polischuk L. K. Voloskyy nut in Ukraine / L. K. Polischuk — Kyiv: publishing house of Kyiv university, 1959 — P. 228. (in Ukrainian).
14. Schepotiev F. L. About inheritance of dichogamy types of Circassian walnut / F. L. Schepotiev, O. D. Mayatskaya // 1st scientific session of Donetsk scientific center of AN USSR: theses of report – Donetsk, 1966 – page 18-20. (in Russian).
15. Schepotiev F. L. Nuts / F. L. Schepotiev, F. A. Pavlenko, O. A. Rikhter - [2nd edition,
16. alteration and addendum] — Kyiv: Crop, 1978 — P. 184. (in Ukrainian). (in Ukrainian).
17. Delpino F. 1874. Ulteriori osservazioni e considerazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Appendice. Dimorfismo nel noce (*Juglans regia*) e pleiontismo nelle piante. / F. Delpino — Atti della Societa Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale (Milan) 17: 402—407.(in English).

М. М Барна, О. Б. Мацюк

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЇ ЦВІТІННЯ ПРОТАНДРИЧНИХ І ПРОТОГІНІЧНИХ ОСОБИН *JUGLANS REGIA* L. У ЗВ'ЯЗКУ З ДИХОГАМІЄЮ

У статті наведені результати дослідження біології цвітіння *Juglans regia* L. протандричних і протогінічних особин у зв'язку з дихогамією. Проаналізовано особливості цвітіння особин залежно від кліматичних умов (температури та вологості повітря, опадів, освітленості) в умовах Західного Поділля (Тернопільська обл.). Встановлено, що дихогамія в роді *Juglans* L. виникла протягом еволюції рослинного світу як пристосування до перехресного запилення.

Ключові слова : дихогамія, протандрія, протерогінія, біологія цвітіння, кліматичні умови, *Juglans regia*

Н. Н. Барна, О. Б. Мацюк

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ЦВЕТЕНИЯ ПРОТАНДРИЧЕСКИХ И ПРТОГИНИЧЕСКИХ ОСОБЕЙ *JUGLANS REGIA* L. В СВЯЗИ С ДИХОГАМИЕЙ

В статье приведенные результаты исследования биологии цветения *Juglans regia* L. протандрических и протогинических особей в связи с дихогамией. Проанализированы особенности цветения особей в зависимости от климатических условий (температуры и влажности воздуха, осадков, освещенности) в условиях Западного Подолья (Тернопольская обл.). Установлено, что дихогамия в роде *Juglans* L. возникла в течение эволюции растительного мира как приспособления к перекрестному опылению.

Ключевые слова дихогамия, протандрия, протерогиния, биология цветения, климатические условия, *Juglans regia*

Рекомендує до друку

Надійшла 20.07.2012

Н.М. Дробик

UDC 575.21:57.012:577.21:582.536.15+582.794.1

YE.L. KORDYUM, L.YE. KOZEKO, YU.V OVCHARENKO

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine
Tereschenkivska str. 2, 01004, Kyiv, Ukraine**PHENOTYPIC PLASTICITY OF AERIAL-AQUATIC PLANTS *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. AND *SIUM LATIFOLIUM* L.: STRUCTURAL AND MOLECULAR ASPECTS**

The data of investigations of aerenchyma formation, alcohol dehydrogenase and heat shock protein 70 kDa (Hsp70) levels in *Alisma plantago-aquatica* and *Sium latifolium* plants growing in biotopes with different water regimes are presented. A key role of water regime in development of aerial-aquatic plants was shown. Plant adaptive responses on the changes in water supply are considered in the light of the concept on phenotypic plasticity.

Key words: *Alisma plantago-aquatica*, *Sium latifolium*, *adaptation*, *phenotypic plasticity*, *anatomy*, *alcohol dehydrogenase*, *Hsp70*, *water regime*.

A genome ability to change its expression and be realized in different phenotypes in a response to various environmental influences is a fundamental property of all living organisms and is known as phenotypic plasticity. Due to phenotypic plasticity, organisms can adapt to environmental variations in space and time. Phenotypic manifestations of changes in gene expression are already defined at the level of transcription efficiency and also RNA processing and translation [18] and include a very broad spectrum of ecologically important traits – physiological, biochemical, anatomical and morphological, peculiarities of developmental biology, time of transferring to the reproductive stage, propagation systems and progeny development. The wide theoretical and experimental investigations of phenotypic plasticity have been carried out in order to elucidate its importance in evolution, specialization, population dynamics and the strategy of survival in heterogenic environment [1, 2, 5, 9, 11, 15, 16, 20, 22, 23].

An idea of plasticity as a general biological phenomenon is emphasized to require special attention to its ecological aspects, as it is supposed that plasticity of organisms significantly affects stability and local diversity of the population and cenosis by action on energy transfer, carbon cycles, a number of trophic levels, turnover of nutrients and primary performance [14, 21]. It is stressed the prospectivity of investigations of plasticity in the ecological aspect to understand both the mechanisms of plant responses on abiotic and biotic factors, and the influence of these responses on interrelations of organisms with their habitat.

Strategy of adaptation is not always easily to understand because particular environmental factors, on which plants react, are not often clear and enough complex. In response to unfavorable fluctuations of ecological factors – drought, flooding, extreme temperature, soil salinity, high light intensity, infection with pathogenic agents – structural and metabolic processes, which counteract stress, occur in plants. As it is well known, water accessibility for plants is a critical external factor of their growth and development [4]. Any limit of water availability leads to dehydration of plants and, thus, affects adversely plant growth and development. For investigations of the influence of water deficit in the soil on plants in nature, aerial-aquatic plants growing in ecotopes with different water regimes are a convenient model to study phenotypic plasticity in plant adaptation to the changes in water supply in natural environment.

Aerial-aquatic *Alisma plantago-aquatica* and *Sium latifolium* plants can grow, develop and bear fruits giving viable seeds on the riverside that is an evidence on the possibilities of aerial-aquatic

plants to adapt to limited water consumption. Terrestrial plants perform a “reproductive imperative” – a strategy of adaptation consisting of preservation of a species, i. e. leaving of progeny. Therefore, in the given paper, we consider phenotypic plasticity of some traits of the structural and functional organization (root anatomy, alcohol dehydrogenase (ADH) and heat shock protein 70 kDa (Hsp70) level) in *A. plantago-aquatica* and *S. latifolium* plants growing under different water regimes in the natural conditions.

Material and Methods

Investigations were carried out in the M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine during years. The plant material was collected in the vegetative and flowering phases at the river Psjol near Velyka Bagachka in Poltava region during field expeditions. The distance between plants growing in water and on the riverside is only from 1–3 till 20–25 m that makes possible to sharply determine an action factor – a water quantity in the soil, as light intensity and air humidity are as a rule identical.

The primary treatment (fixation or freezing of roots and leaves) of the collected material was carried out immediately after collection, the following treatment and analyses – in the laboratory. For light microscopy, segments of the root mature zone were fixed in 16% formaldehyde solution, cut into sections by hand, stained with aniline blue and examined with a Axioscope (Zeiss, Germany). Alcohol dehydrogenase (ADH, EC 1.1.1.1) was resolved by native electrophoresis in 6% polyacrylamide gel (PAG) and isoenzyme patterns were detected by the tetrazolium technique [10]. A cytochemical staining method [19] was used to localize ADH activity in roots. Hsp70 was determined by Western-blot analysis after 10% SDS-PAG electrophoresis of total soluble proteins of the leaves [7]. Monoclonal antibodies against Hsp70 and secondary anti-mouse antibodies coupled to biotin (Sigma) were used.

Results and Discussion

Root anatomy

A filaceous root system mostly consisting of numerous adventive roots is characteristic for adult *A. plantago-aquatica* and *S. latifolium* plants. In these species, as in other aerial-aquatic plants [17], adventive roots are characterized with the presence of aerenchyma – large intercellular spaces, which together with those in stems and leaves provide oxygen uptake by growing root apices and an exchange with exogenous air. Aerenchyma begins to form in the root proximal meristem on a schizolysigenous type and fully developed in the root mature part. In monocotyledonous *A. plantago-aquatica*, aerenchyma is surrounded with epidermis and one cortex layer on the root periphery and one cortex layer, which cells closely adjoined, and endoderm on the inner side (Fig. 1, a).

In dicotyledonous *S. latifolium*, a number of cortex layers, which surround aerenchyma on root periphery and on the side of a central cylinder, significantly increased (Fig. 1, b), a secondary growth is typical for roots. Unlike aerial-aquatic plants, in plants of the same species growing on riverside, a root system becomes similar to that of terrestrial plants: adventive roots are characterized with very small intercellular air spaces (Fig. 1, c, d). It needs to note that presence or absence of aerenchyma is not constant and can vary in dependence on changes in water supply. In cases of increasing soil humidity due to long-term rainy weather or the regulation water level in river, the formation of new adventive roots with well developed aerenchyma begins in *A. plantago aquatica* (Fig. 1, e) and *S. latifolium* terrestrial plants. After water abatement in the river, intensive secondary growth begins in the *S. latifolium* roots, owing to this a primary cortex (aerenchyma) appears on the root periphery (Fig. 1, f) and desquamates later, and, as a result, the roots are coated with periderm.

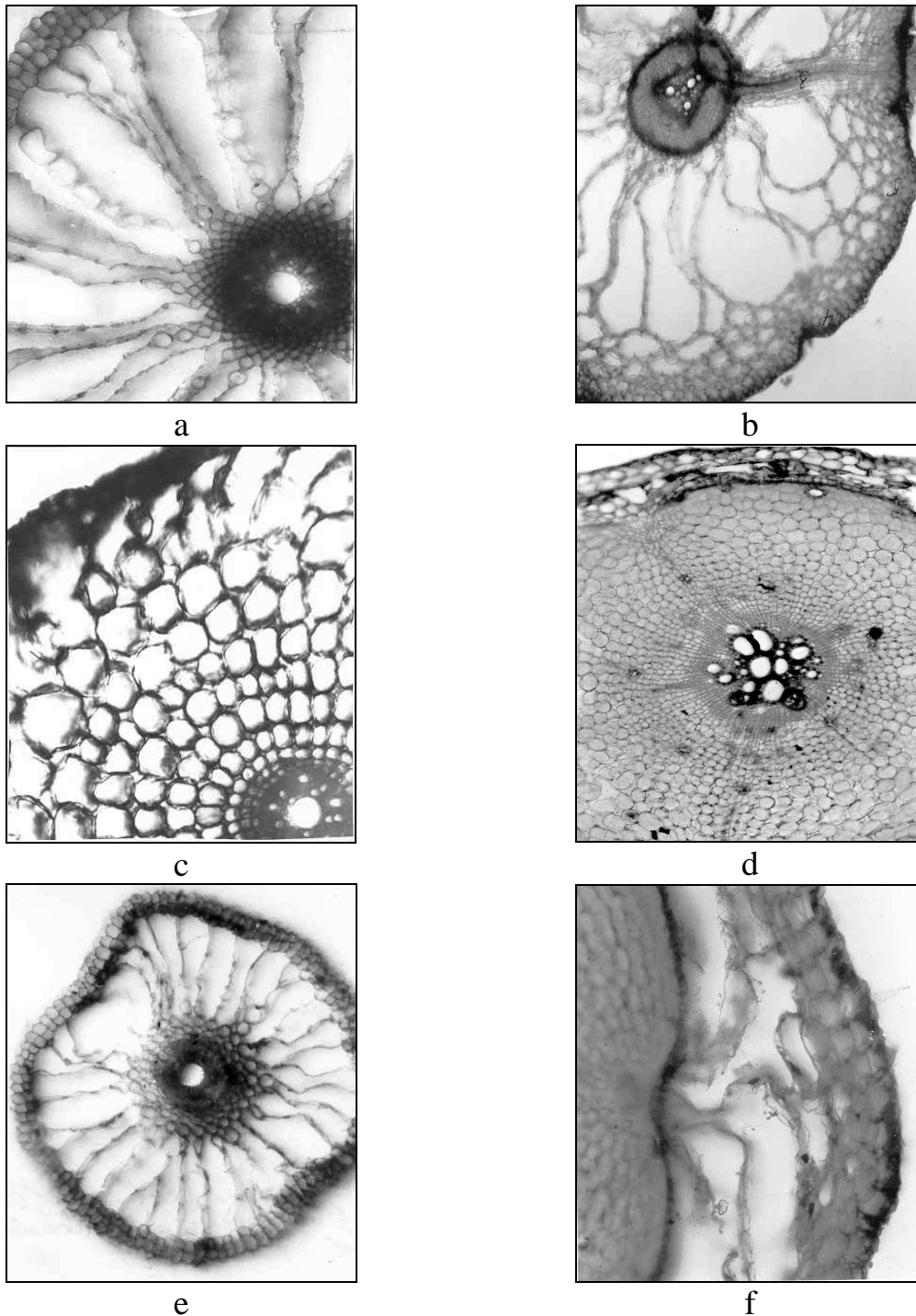


Fig. 1. Transverse sections of the root mature zone of *Alisma plantago-aquatica* (a, c, e) and *Sium latifolium* (b, d, f) grown in different water supply. a, b – an aerial-aquatic plants, c, d – a terrestrial plants, e – a terrestrial plant after long-term raining, f - an aerial-aquatic plant after a certain period of time after water abatement.

ADH expression in roots

Metabolic adaptation of plants to hypoxia includes activation of the ethanol fermentation pathway, in which ADH catalyzes a key reaction – reduction of acetaldehyde to ethanol. It is known that ability of species to ADH induction correlates with their tolerance to hypoxia [13]. Earlier, we showed ADH activity in the roots of *A. plantago-aquatica* and *S. latifolium* growing in water and its absence in the roots of terrestrial plants. The enzyme was induced under flooding of terrestrial plants: ADH activity appeared in the roots after 1 h-flooding and increased after 2 h [8].

In this study, a comparative analysis of aerenchyma and ADH localization in the roots of the both species was performed. Initiation of aerenchyma was observed in the distal elongation zone of root tips of aerial-aquatic plants (Fig. 2, a, b). On the other side, cytochemical analysis of ADH in the roots of plants grown in water and at the riverside revealed the enzymatic activity only in the aerial-aquatic plants (Fig. 2, c-f). It localized mainly in the root apical meristem and the elongation zone. These actively growing apical regions of the root have accelerated oxygen consumption [3] that, apparently, can result in ADH induction as well as initiate of aerenchyma formation.

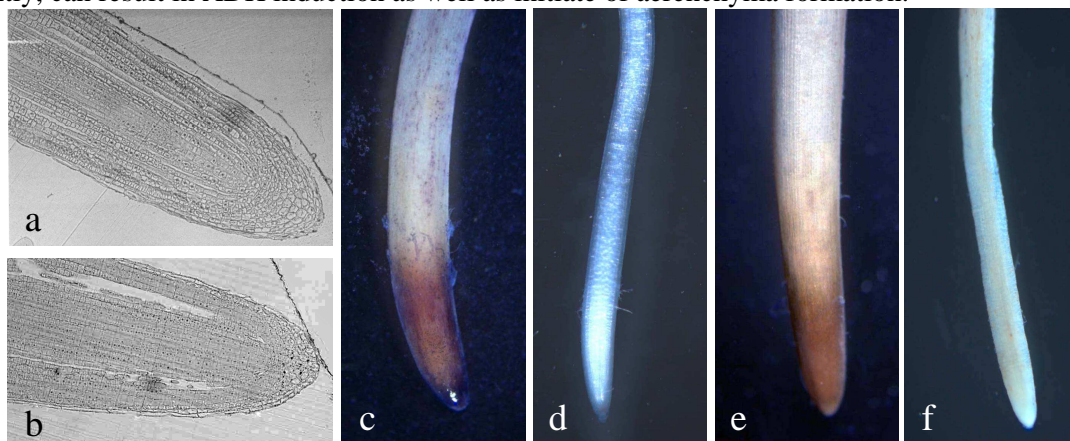


Fig. 2. Root apices of *Alisma plantago-aquatica* (a, c, d) and *Sium latifolium* (b, e, f) grown in different water supply. a, b – Longitudinal sections of the roots of aerial-aquatic plants, c-f – general view of the root apices of aerial-aquatic (c, e) and terrestrial (d, f) plants after cytochemical ADH reaction.

ADH and Hsp70 expression in leaves

Flooded roots undergo hypoxic conditions, but leaves do not suffer from restricted oxygen availability directly. Analysis of leaves of *S. latifolium* also showed ADH expression (Fig. 3) that indicates its systemic induction both in roots and leaves of plants, which undergo root hypoxia. At the same time, the plants growing in different locations showed significant variations in the ADH level not only in the aerial-aquatic plants, but also in the terrestrial ones. The ADH was determined in some plants grown on the riverside but undergone a temporal increase in the soil water content.

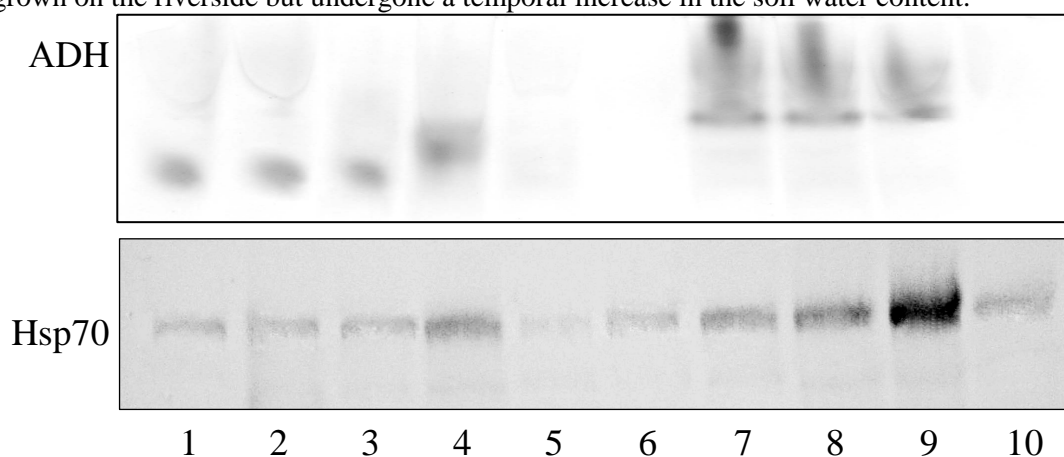


Fig. 3. Zymograms of ADH and Western-blots of Hsp70 of leaves of aerial-aquatic (1-5) and terrestrial (6-10) *Sium latifolium* plants.

An important component of a general adaptation syndrome of different stresses is known to be Hsp70 – a key member of the cellular molecular chaperone system [12, 24]. It can be used as a biomarker of a stress state of plants [6]. So we compared ADH level in the leaves of the *S. latifolium* plants with the Hsp70 level. It was determined that the ADH and the Hsp70 showed similar changes in their expression that indicates, respectively, specific and non-specific adaptive reactions in

response to flooding. So, it may suppose that Hsp70 (as molecular chaperones in whole) is an important component of the tolerance of aerial-aquatic plants to changes in water supply that ensures the high adaptive plasticity of the species.

Conclusions

The obtained data on phenotypic plasticity of a number of structural and molecular patterns in aerial-aquatic plants growing in the ecotopes with different water regimes (in water and at the riverside) clearly demonstrate a key role of water supply in development of aerial-aquatic plants, that makes possible for plants to adopt to the unfavorable environmental fluctuations.

1. Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants // *Advances in Genetics*. – 1965. – 13. – P. 115–155.
2. Delpuech J.-M., Moreteau B., Chiche J. et al. Phenotypic plasticity and reaction norms in temperate and tropical populations of *Drosophila melanogaster* ovarian size and developmental temperature // *Evolution*. – 1995. – 49. – P. 670–675.
3. Drew M.C. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1997. – 48. – P. 223–250.
4. Grime J.P. The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity / Eds. Caldwell, R.V. Pearcy. *Exploitation of environmental heterogeneity by plants*. – NY, Acad. Sci., 1994. – P. 1–21.
5. Kause A., Haukioja E., Hanhimaki S. Phenotypic plasticity in foraging behavior of sawfly larvae / *Ecology*. – 1999. – 80. – 1230–1241.
6. Kozeko L.Ye., Artemenko O.A., Zaslavsky V.A. et al. Evaluation of plant state under influence of unfavorable changes of ecological factors using heat shock protein 70 kDa (Hsp70) // *Ukr. Botan. Zhourn.* – 2011. – 68, № 6. – P. 890–900. (in Ukrainian)
7. Kozeko L., Kordyum E. The stress protein level under clinorotation in context of the seedling developmental program and the stress response // *Microgravity sci. technol.* – 2006. – XVIII, N 3/4. – P. 254–256.
8. Kozeko L., Ovcharenko Yu., Kordyum E. Alcohol dehydrogenase expression in aerial-aquatic plants in response to different water environment // *Adv. Agriculturul Sci. Problem.* – 2008. – 524. – P. 167–171.
9. Kordyum E.L., Sytnik K.M., Baranenko V.V. et al. Cellular mechanisms of plant adaptation to unfavorable actions of ecological factors in the natural conditions. – Kiev: Naukova Dumka, 2003. – 277 p. (In Russian).
10. Levites E.V. *Genetics of plant isozymes*. – Novosibirsk: Nauka, 1986. – 145 p.
11. Marshall D.R., Jain S.K. Phenotypic plasticity in *Avena fatua* and *Avena barbata* // *Amer. Naturalist*. – 1968. – 108. – P. 457–467.
12. Mathew A., Morimoto R.I. Role of the heat-shock response in the life and death of proteins / *Stress of Life: from Molecules to Man*. Csermely, P. (Ed.) // *Ann. New York Acad. Sci.*, 1998. – 851. – P. 99–111.
13. McManmon M., Crawford R.M.M. A metabolic theory of flooding tolerance: the significance of enzyme distribution and behavior // *New Phytol.* – 1971. – 70. – P. 299–306.
14. Miner B.G., Sultan S.E., Morgan S.G. et al. Ecological consequences of phenotypic plasticity // *Trends in Ecology and Evolution*. – 2005. – 20. – P. 686–692.
15. Scheiner S.M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity // *Ann. Rev. Ecol. System.* – 1993. – 24. – P. 35–68.
16. Schlichting C.D., Levin D.A. Phenotypic plasticity of annual phlox: tests of some hypotheses // *Amer. J. Bot.* – 1984. – 71. – P. 252–260.
17. Shennikov A.P. *Ecology of Plants*. – Moscow: Sovetskaya nauka, 1950. – 375 p.
18. Singer M., Berg P. *Gene and genomes: A changing perspective*. Mill Valley, California: Univ. Sci. Books, 1991. – 929 p.
19. Stout S.C., Porterfield D.M., Briarty L.G. et al. Evidence of root zone hypoxia in *Brassica rapa* L. grown in microgravity // *Int. J. Plant Sci.* – 2001. – 162, N2. – P. 249–255.
20. Sultan S.E. Phenotypic plasticity for fitness components in *Polygonum* species of contrasting ecological breadth // *Ecology*. – 2001. – 82. – P. 328–343.
21. Sultan S.E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development // *Evolution & Development*. – 2003. – 5. – P. 25–33.
22. Taylor D.R., Aarsen L.W. An interpretation of phenotypic plasticity in *Agropyron repens* (Graminae) // *Amer. J. Bot.* – 1988. – 75. – P. 401–413.
23. Via S. Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment? // *Amer. Naturalist*. – 1993. – 142. – P. 352–365.

24. Vierling E. The roles of heat shock proteins in plants // Annu. Rev. Plant Physiol. – 1991. – 42. – P. 579–620.

Є.Л. Кордюм, Л.Є. Козеко, Ю.В. Овчаренко

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ

ФЕНОТИПІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ПОВІТРЯНО-ВОДНИХ РОСЛИН *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. І *SIUM LATIFOLIUM* L.: СТРУКТУРНІ ТА МОЛЕКУЛЯРНІ АСПЕКТИ

Представлені дані дослідження формування аеренхіми, експресії алкогольдегідрогенази та білка теплового шоку 70 кДа (Hsp70) у рослин *Alisma plantago-aquatica* і *Sium latifolium*, що ростуть в біотопах з різним водним режимом. Показана ключова роль водного режиму в розвитку повітряно-водних рослин. Адаптивні відповіді рослин цих видів на зміни у водозабезпеченні розглядаються у світлі концепції фенотипічної пластичності.

Ключові слова: *Alisma plantago-aquatica*, *Sium latifolium*, адаптація, фенотипічна пластичність, анатомія, алкогольдегідрогеназа, Hsp70, водний режим

Є.Л. Кордюм, Л.Е. Козеко, Ю.В. Овчаренко

Інститут ботаніки ім. Н.Г. Холодного НАН України, Київ

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ВОЗДУШНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ *ALISMA PLANTAGO - AQUATICA* L. И *SIUM LATIFOLIUM* L.: СТРУКТУРНЫЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ

Представлены данные исследования формирования аэренхимы, экспрессии алкогольдегидрогеназы и белка теплового шока 70 кДа (Hsp70) у растений *Alisma plantago - aquatica* и *Sium latifolium*, произрастающих в биотопах с разным водным режимом. Показана ключевая роль водного режима в развитии воздушно-водных растений. Адаптивные ответы растений этих видов на изменения в водообеспечении рассматриваются в контексте концепции фенотипической пластичности.

Ключевые слова: *Alisma plantago-aquatica*, *Sium latifolium*, адаптация, фенотипическая пластичность, анатомия, алкогольдегидрогеназа, Hsp70, водный режим

Рекомендує до друку

М.М. Барна

Надійшла 15.06.2012

УДК 581.9

Н.О. СТЕЦУЛА

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка
вул. В. Івасюка 11, Трускавець, 46027, Україна

**ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ФЛОРИСТИЧНОГО СКЛАДУ
ПЕРЕДКАРПАТТЯ**

Проведено історичний аналіз ботанічних досліджень і накопичення наукових знань про рослинність Передкарпаття та лікарських рослин зокрема. Весь період досліджень видового складу угруповань передгірських ландшафтів доцільно розділити на три різних за тривалістю та рівнем досліджень етапи. До першого загально-флористичного етапу можна віднести – дослідження 1809 р.–1940 р., до другого популяційного – дослідження 45–80 років ХХ ст., до третього етапу – сучасні дослідження, з кінця ХХ – початку ХХІ століття.

Ключові слова: флора, історія досліджень, угруповання рослин, ландшафт, лікарські рослини

Передкарпатські ландшафти розташовані в області Передкарпатського передового прогину і включають такі природні райони Стривігор-Болозівський, Стрийсько-Жидачівський, Дрогобицьке та Моршинське передгір'я. У формуванні флори Львівщини брали участь північні та південно-східні види, що перемістилися на схід з гір Середньої Європи, а також рівнинні атлантичні види. З південного сходу занесені до нас степові види [4; 5]. У зв'язку з цим флора Передкарпаття неоднорідна за своїм складом. Для неї характерними, передусім, такі основні флористичні елементи: бореальні, або тайгові (смерека європейська, сосна звичайна, брусниця, ліннея північна тощо); середньоевропейські, або зони широколистяних лісів (бук звичайний, дуб звичайний, ялиця біла, граб звичайний, переліска багаторічна тощо); монтанні, або гірські, до яких належать європейські гірські, а серед них і карпатські види, в тому числі деякі ендемічні (костриця карпатська, фіалка відхилена, королиця круглолиста); понтичні, або степові (типчак борознистий, ковила тощо).

Різноманітність флористичного складу рослинного покриву завжди викликали інтерес у багатьох дослідників. Однак накопичення знань відбувалось поступово. Водночас із вивченням морфології та поширення видів досліджувались цілющі властивості рослин

Історія досліджень флористичних угруповань Передкарпаття охоплює близько 202 років. Її початком можна вважати працю В. Бессера (1809), яка є одним з перших досліджень, присвячених флорі Галичини [23]. За цей час багаторазово змінювалися як напрямки досліджень, так і уявлення про склад флори регіону. Весь період досліджень флористичних угруповань доцільно розділити на три умовні етапи. До першого етапу можна віднести період з 1809 р.–1940 р., до другого популяційного – дослідження 45–80 років ХХ ст., до 3 етапу – сучасні дослідження, з кінця ХХ – початку ХХІ століття.

Дослідження 1809 – 1940 р.

Перший етап – флористичний (1809–1940 рр.) – дослідження флори носили описово-систематичний характер. Перші ботанічні дослідження Передкарпаття розпочалися на початку позаминулого століття В. Бессером [23] та А. Завадським [30]. В їх працях охарактеризовано карпатську рослинність та географію рослин Галичини в цілому й опубліковано узагальнюючі списки флори регіону. У подальшому відомості про поширення рослин даного регіону знаходимо у публікаціях Ф. Гербіха [24; 25], М. Раціборського [26]. Наприкінці ХVІІІ століття А. Реман вперше виділив рослинні формації для окремих районів Львівської області [27; 28]. Однак рослинний покрив став об'єктом дослідження значно пізніше. На початку ХІХ століття Г. Заповович досліджував районування Українських Карпат за флористичними ознаками [29].

Отже, цей перший період дослідження рослинності Передкарпаття носив в основному флористичний характер. Результати досліджень стали основою для наступного вивчення флори Передкарпаття.

Дослідження 40–80 років ХХ ст.

Другий етап досліджень рослинності Передкарпаття припадає на повоєнні роки. Під час Другої Світової війни дослідження припинилися. Війна зробила свій відбиток, знищуючи багато рідкісних угруповань рослин, змінюючи загальний стан флори.

Одними з найбільш ґрунтовних праць цього часу є публікації Д. Афанасьєва [1], Г. Козія [9; 10] та К. Малиновського [13], в яких автори наводять дані про видовий склад та поширення рослин досліджуваних територій. Так, Д. Афанасьєв у книзі "Рослинність УРСР. Природні луки" (1968 р.) описує рослинний покрив і надає повний перелік видів на території України. Флору та рослинність західних областей України висвітлено у статті Г. Козія "Флора і рослинність західних областей України" (1963 р.). Характеристику рослинності гірської місцевості наведено у книзі К. Малиновського "Рослинність високогір'я Українських Карпат" (1980 р.).

Основні публікації цього періоду щодо ботанічних досліджень західних областей України стосуються результатів досліджень присвячених класифікації рослинності Українських Карпат [3] (М. Голубець [6]), геоботанічному районуванню заходу України (Ю. Шеляг-Сосонко, Г. Куковиця [22]), ресурсному потенціалу (П. Ващенко [2], С. Харкевич [19]), збереженню флори В. Чопик [21]. В цей же період багато праць було присвячено питанням

вивчення флори лікарських рослин України та західних областей зокрема. Про цілющі властивості лікарських рослин, способи приготування ліків описали М. Носаль, І. Носаль у книзі "Лікарські рослини і способи їх застосування в народі" (1962 р.), В. Кархут "Ліки навколо нас" (1973 р.). Цінною роботою щодо вивчення лікарських рослин Карпат є монографія В. Комендара [11]. У ній автор серед 2 тис. дикорослих судинних рослин Карпат виділяє 350 видів, що мають лікувальні властивості. У книжці описано понад 230 видів лікарських рослин, частина з яких застосовується у науковій та народній медицині, частина – лише в народній. Для кожної рослини дано ботанічну й фармакологічну характеристику, способи лікування, час і місце збирання.

Отже, ботаніки серйозно займаються дослідною роботою, вивчають видовий склад, класифікацію флори регіонів та України в цілому, а також окремі асоціації рослинних угруповань. Систематичні дослідження дали змогу скласти геоботанічні карти. Водночас рослинність цієї території потребує подальшого дослідження та вивчення.

Сучасні дослідження (кінець ХХ ст. – початку ХХІ ст.)

Третій етап досліджень рослинності та флори Передкарпаття припадає на кінець ХХ – початок ХХІ ст. Сучасний етап характеризується якісно новим підходом до вивчення рослинності, як важливого компонента екосистем, що бере значну участь у її функціонуванні. Зростає зацікавлення комплексного вивчення екосистем, розроблення та вдосконалення методів охорони біорізноманіття та забезпечення умов сталого розвитку, встановлюється залежність рослинних угруповань від екологічних і едафічних умов, виділяються рідкісні рослинні угруповання, а також окремі асоціації рослинних угруповань.

Тривалий час у зв'язку з домінуванням уявлення про невичерпність рослинних ресурсів у регіоні охороні рослинності не приділялось достатньої уваги, незважаючи на те, що про необхідність збереження рідкісних рослин йшлося ще на початку ХХ ст. Однак природоохоронна спрямованість досліджень посилилась у 70 роках у зв'язку з активацією міжнародних угод про охорону біорізноманіття рослинності. Їх результатом була, опублікована у 1987 році "Зелена Книга України" [7].

Найбільш повно стан охорони рослинності висвітлено у книгах "Раритетні фітоценози західних регіонів України" [17] та "Раритетний фітогеофонд західних регіонів України" [18], де відзначено фактори, що викликають скорочення рідкісних ценозів і запропоновані необхідні заходи щодо їх збереження. У довіднику "Лікарські рослини" А. Гродзинського акцентується увага на охороні рослин, особливо рідкісних та зникаючих видів, описано ботанічну характеристику, поширення рослин, фармакологічні властивості та використання [12].

Новий поштовх ботанічним дослідженням даної території дали Й. Царик [20], К. Малиновський [13-15]. Вчені розвивають екологічний напрям, пропонують вивчення фітоценозів на популяційному рівні, підкреслюють його значимість для розкриття їх структури та змін у часі. Незважаючи на значну кількість досліджень, проведених у Передкарпатті, для ботаніків залишається досить широке поле діяльності. Не досліджено склад флори цієї території, актуальним залишається вивчення адвентивних видів, змін рослинного покриву за антропогенного впливу.

Висновки

Незважаючи на досить високі темпи розвитку флористичних досліджень в останні десятиліття, залишається не вирішеною ціла низка проблем, для розв'язання яких необхідна інтеграція підходів і методів з інших суміжних дисциплін, зокрема, порівняльної флористики, екології, біоморфології, з врахуванням специфіки передгірської місцевості.

Одним із першочергових завдань є дослідження стану її антропогенної трансформації, прогноз динаміки, синекології флористичних угруповань. Необхідно продовжити дослідження територіального розміщення лікарських рослин, а також їх збереження та відтворення.

1. *Афанасьєв Д.Я.* Природні луки УРСР. Рослинність УРСР / Афанасьєв Д.Я. – К.: Наук. думка, 1968. – 225 с.
2. *Ващенко П.Т.* Природні ресурси західних районів УРСР / Ващенко П.Т. – Львів: Книжково журнальне вид-во, 1959. – 132 с.

3. *Визначник* рослин Українських Карпат. – К.: Наук. думка. – 1977. – 433 с.
4. *Геренчук К.І.* Ландшафти / Геренчук К.І. // *Природа Українських Карпат.* – Львів: Вид-во Львів. ун-ту. – 1968. – С. 208 – 238.
5. *Геренчук К.І.* *Природа Львівської області* / Геренчук К.І. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. – 150 с.
6. *Голубець М.А.* Принципы и классификация растительности Украинских Карпат/ Голубець М.А., Малиновський К.А. // *Бот. журн.* – 1967. – 52, № 2. – С. 189–201.
7. *Зелена книга* Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные виды нуждающиеся в охране растительные сообщества / Под ред. Ю.Р. Шеляга-Сосонко. – Наук. Думка, 1987. – 216 с.
8. *Кархут В.В.* Ліки навколо нас / Кархурт В.В. – К.: Здоров'я. – 1973. – 447с.
9. *Козій Г.В.* Рослинні ресурси Українських Карпат та їх раціональне використання / Козій Г.В. // *Флора і фауна Карпат.* – М.: Изд-во АН СССР. – 1960. – С. 99–105.
10. *Козій Г.В.* Флора і рослинність західних областей України / Козій Г.В. // *Праці бот. саду.* – Львів: Вид-во Львів. ун-ту. – 1963. – С. 7–20.
11. *Комендар В.І.* Лікарські рослини Карпат / Комендар В.І. – Ужгород: Карпати. – 1971. – 247 с.
12. *Лікарські рослини:* Енциклопедичний довідник / [за ред. А.М. Гродзинського]. – К.: Головна редакція української енциклопедії імені М.П. Бажана. – 1992. – 544 с.
13. *Малиновський К. А.* Рослинність високогір'я Українських Карпат / Малиновський К.А. – К.: Наук. думка. – 1980. – 280 с.
14. *Малиновський К.А.* Проблема вивчення і охорони популяцій рідкісних видів флори Українських Карпат / К.А. Малиновський, Й.В. Царик // *Укр. ботан. журн.* – 1991. – 48. № 3. – С. 13–21.
15. *Малиновський К.А.* Структура популяцій рослин у Карпатах / К.А. Малиновський, Й.В. Царик // *Укр. ботан. журн.* – 1991. – 48, № 6. – С. 82–87.
16. *Носаль М.А.* Лікарські рослини і способи їх застосування в народі / М.А. Носаль., І.М.Носаль. – К.: Держмедвидав УРСР. – 1962. – 299 с.
17. *Раритетні фітоценози* західних регіонів України (Регіональна "Зелена книга") / [Стойко С.М., Мілкіна Л.І., Ященко П.Т., Кагало О.О., Тасенкевич Л.О.]. – Львів: Поллі. 1998. – 189 с.
18. *Раритетний фітогенофонд* західних регіонів України / [Стойко С.М., Ященко П.Т., Кагало О.О., Мілкіна Л.І., Тасенкевич Л.О., Загальський М.М.] – Львів: Ліга-Прес. – 2004. – 232 с.
19. *Харкевич С.С.* Рослинні багатства Українських Карпат, їх використання та охорона / Харкевич С.С., Чопик В.І.– К.: Вид-во АН УРСР. – 1960. – 67 с.
20. *Царик Й.В.* Перспективи та принципи популяційних досліджень фітоценозів/ Й.В. Царик // *Вісник Львівського університету.* – Серія біол. – 2007. – Вип. 43. – С. 27–32.
21. *Чопик В.І.* Рідкісні і зникаючі види рослин України. Довідник / Чопик В.І. – К.: Наукова думка. – 1978. – 212 с.
22. *Шеляг-Сосонко Ю.Р., Куковиця Г.С.* Геоботанічне районування рівнинної частини заходу України / Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Г.С. Куковиця. – *Бот. журн.* – 1971. – 56, № 10. – С. 1388–1395.
23. *Besser W.* Primitiae florum Galicie Austriae utriusque / Besser W. – Vienna. – 1809. – P. 1. – 423 s.
24. *Herbich F.* Uber die Verbreitung der in Galizien und Bukowina wildwachsenden Pflancen / F. Herbich // *Verh. Zool.-bjt. Ges. Wien.* – 1861. – Abt.11. – S. 33–70.
25. *Herbich F.* Przyczynek do geografji roslin w Galicji / F. Herbich // *Rocz. Tow. Nauk. Krakowskiego.* – 1866. – 100 s.
26. *Raciborski M.* Roslinnosc wyd stojacych okolic Lwowa / M. Raciborski // *Kosmos.* – 1910. – R. 35. – S. 44–65.
27. *Rehman A.* O formacjach roslinnych w Galicji. Obvod Zloczowski / A. Rehman // *Spraw. Kom. Fiziogr.* – 1870. – T. 4. – S. 186–235.
28. *Rehman A.* O formacjach roslinnych w Galicji. Obvod Zloczowski / A. Rehman // *Spraw. Kom. Fiziogr.* – 1871. – T. 5. – S. 7–22.
29. *Zapalowicz H.* Ze strefy roslinnosci karpatskiej / Zapalowicz H. // *Spraw Kom.Fiziogr.* 1908. – 42 s.
30. *Zawadzki A.* Enumeratio plantarum Galicie et Bacovinae oder die in galizien und der Bukovina wildwachsenden pflanzen / Zawadzki A. – Breslau. – 1835. – 200 s.

Н.О. Стецула

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРЕДКАРПАТЬЯ

Дрогобычский государственный педагогический университет, Украина

Проведен исторический анализ ботанических исследований и накопления научных знаний о растительности Предкарпатья и лекарственных растений в частности. Весь период исследования видового состава группировок предгорных ландшафтов можно разделить на три

разных по продолжительности и уровню исследования этапа. К первому флористическому этапу можно отнести – исследования 1809–1940 г., ко второму популяционному – исследования 45-80 годов XX в., к третьему этапу – современные исследования, с конца XX – начала XXI века.

Ключевые слова: флора, история исследований, группировка растений, ландшафт, лекарственные растения

N. Stetsula

Ivan Frankko State Pedagogical University of Drohobych, Ukraine

HISTORY OF INVESTIGATION OF FLORA STRUCTURE OF THE FOOT-HILLS OF THE CARPATHIANS

The historical analysis of botanic investigation was conducted and scientific knowledge about vegetation of the foot hills of the Carpathians was collected and about herbs in particular. All period of the investigation of the specific difference of the composition of grouping of the foot-hill landscapes is to be divided into three different periods according to the durability and the level. The investigation of 1809-1940 can be taken to the first general flora stage; to the second investigation of grouping 45-80 Century XX; to the third modern investigation from the of Century XX to the beginning of the Century XXI.

Key words: flora, history of investigations, grouping of plants, landscape, plants

Рекомендує до друку

Надійшла 4.07.2012

М.М. Барна

УДК 582 : (477.84)

Р. Л. ЯВОРІВСЬКИЙ

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

АНАЛІЗ СИСТЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ФЛОРИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ПЛАТО

У статті наведені результати аналізу систематичної структури флори Тернопільського плато, зокрема, встановлено, що її спонтанна фракція нараховує 1355 видів вищих судинних рослин, які належать до 530 родів, 115 родин, 57 порядків, 6 класів та 5 відділів. Проаналізовано основні флористичні пропорції, провідні родини та роди у порівнянні з флорами Волино-Поділля [5], Морафських товтр [28] та інших суміжних територій.

Ключові слова: флора, Тернопільське плато, систематичний аналіз флори, провідні родини та роди

Інвентаризація флори та її аналіз є одним з основних завдань при вивченні рослинного світу будь-якого регіону. Під флорою розуміємо сукупність видів рослин, що поширені на певній території й утворюють всі властиві їй рослинні угруповання та заселяють усі типи місцезростань. Флора Тернопільського плато (ТП) нами розглядається як конкретна регіональна флора.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили протягом 1993–2012 рр. Метою досліджень було встановлення видового складу вищих судинних рослин, що зростають в умовах природної флори на території ТП та проведення його систематичного аналізу в порівнянні із окремими суміжними

територіями. Для реалізації мети досліджень використовували наступні методи: аналіз літературних джерел, польові (детально-маршрутний та напівстаціонарний), камеральні (критико-таксономічна обробка гербарного матеріалу, структурно-порівняльний аналіз флори). Зібраний матеріал обробляли варіаційно-статистичним методом за В. М. Шмідтом [29–31] та В. А. Кокуніним [7].

Результати досліджень та їх обговорення

Найважливішим кількісним показником будь-якої флори є її флористичне багатство, рівень якого визначається кількістю видів, родів та родин [29, 31]. За нашими уточненими даними, спонтанна флора досліджуваного регіону нараховує 1355 видів вищих судинних рослин, які належать до 530 родів, 115 родин, 57 порядків, 6 класів та 5 відділів. У порівнянні з північними рівновеликими територіями вона багатша за флору Латвії (1274) і за видовим складом наближається до флори Беларусі (1460), яка за площею в декілька разів більша і тому фактично таке співставлення безпідставне. У порівнянні з південнішими флорами вона значно бідніша від флори Молдови (1792), Придніпровської височини (1750), Західного Причорномор'я (1800) і гірської південнобережної флори Криму (2200).

Отже, за видовим складом флора ТП плато знаходиться у проміжному положенні поміж суто північними та південними флорами і наближається до флор Центральної Європи, куди власне й належить флора України, за винятком флори Південного берегу Криму. Вона значно менша за розмірами і бідніша за видовим складом від флори Волино-Поділля (1893) й розглядається тут як частина від цілого, тобто як складова частина багатшої флори Волино-Подільської височини. Ми дотримуємось поглядів О. І. Толмачова [12, 14] та Б. А. Юрцева [32, 33], які вважають, що визначення елементарної природної флори відповідає дефініції конкретної флори, яка обумовлена географічним, а не формаційним змістом, тобто формувалась в умовах дискретного ландшафту.

Систематична структура флори визначається О. І. Толмачовим як властивий кожній флорі розподіл видів між систематичними категоріями вищого рангу [13]. Основними її показниками є співвідношення між різними групами вищих рослин, які відображаються у відсотках від загальної кількості видів, родів та родин; розподіл видів між різноманітними таксонами – відділами, родинами та родами; кількісний склад родин, що займають у флорі панівне становище; співвідношення між кількістю видів у різних родинях. Отримані кількісні показники у порівнянні з флорами інших територій дають змогу пояснити певні ботаніко-географічні закономірності рослинного світу.

Зокрема, про ступінь видового та родового різноманіття у різних відділах судинних рослин свідчать флористичні пропорції, тобто співвідношення середньої кількості родів у родині та видів у родині, роді. Для флори ТП основна пропорція становить 1 : 4,6 : 11,8, тобто середня кількість родів у родині становить 4,6, видів у родині – 11,8 а у роді (родовий коефіцієнт) – 2,56.

Для різних таксонів надродинного рангу флористичні пропорції дуже різняться (табл. 1), що відображає нерівномірність процесів еволюції у них, саме тому судинні спорові та голонасінні рослини відіграють незначну роль у формуванні флори регіону досліджень, становлячи лише 34 види (2,5 %), що є характерним для всіх регіональних флор і флори земної кулі в цілому [3]. Панівними ж у систематичній структурі флори ТП є представники відділу *Magnoliophyta* (1321 вид, 97,5 %). Співвідношення видів класу *Liliopsida* (251 вид; 18,5 %) до *Magnoliopsida* (1070 видів; 79,0 %) у відділі становить 1 : 4,26 і є значно вищим, ніж аналогічні показники, характерні для флор Середньої Європи (1 : 2,9–3,6) [13, 31], проте суттєво нижчим, ніж таке співвідношення у флорах лісових регіонів, наприклад Полісся – 1 : 4,7 [1].

У цілому, показники флористичних пропорцій значною мірою залежать від площі території, на котрій представлена досліджувана флора та її видового багатства, тому не завжди співмірні при порівнянні окремих флор між собою [6, 13, 30]. У той же час, найбільш низькі пропорції вказують на згасання вищого рангу таксонів у таксонах і навпаки. Досить високим ступенем вищого рангу вищого рангу відрізняється лише відділ *Magnoliophyta*, причому середня кількість видів та родів у родинях *Liliopsida* є дещо вищою, ніж у *Magnoliopsida*.

Кількісний розподіл таксономічних одиниць та основні пропорції флори
Тернопільського плато

Відділ, клас	Родини		Роди		Види		Пропорції (родини:роди: види)	Род. коэф.
	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%		
<i>Lycopodiophyta</i>	1	0,9	2	0,4	3	0,2	1 : 2 : 3	1,5
<i>Equisetophyta</i>	1	0,9	1	0,2	7	0,5	1 : 1 : 7	7,0
<i>Polypodiophyta</i>	8	6,9	13	2,5	21	1,6	1 : 1,6 : 2,6	1,6
<i>Pinophyta</i>	2	1,8	3	0,6	3	0,2	1 : 1,5 : 1,5	1,0
<i>Magnoliophyta</i>	103	89,5	511	96,3	1321	97,5	1 : 5 : 12,8	2,6
в т.ч. <i>Magnoliopsida</i>	84	73,0	409	77,1	1070	79,0	1 : 4,9 : 12,7	2,6
<i>Liliopsida</i>	19	16,5	102	19,2	251	18,5	1 : 5,4 : 13,2	2,5
ВСЬОГО	115	100	530	100	1355	100	1 : 4,6 : 11,8	2,56

Як відомо, у сучасній флористиці при аналізі флор перевага віддається 10 провідним родинам, якими за твердженням О. І. Толмачова [12] характеризується «обличчя» регіональної флори (табл. 2). Десять провідних родин у флорі ТП охоплюють 762 види (56,24 %) та 297 родів (56,04 %), а інші 105 родин представлені 593 видами та 233 родами, що становить відповідно 43,76 % та 43,96 %. Частка провідних родин у структурі флори досліджуваного регіону практично співпадає з аналогічними показниками для Волино-Поділля (55,42 %) [4, 5] та Морафських Товтр (56,8 %) [28].

Отже, до 10 провідних родин у структурі флори ТП належать: *Asteraceae* – 156 видів (11,51 %), *Poaceae* – 89 (6,57 %), *Rosaceae* та *Brassicaceae* – по 79 видів (по 5,83 %), *Fabaceae* – 70 (5,17 %), *Ranunculaceae* – 62 (4,58 %), *Caryophyllaceae* – 61 (4,50 %), *Lamiaceae* – 60 (4,43 %), *Scrophulariaceae* – 56 (4,13 %) та *Apiaceae* – 50 видів (3,69 %).

Ієрархія розміщення родин характерна для центральноєвропейських та деякою мірою євразійських флор з помірним типом клімату. У порівнянні з флорою Волино-Поділля спостерігається певне порушення субординації родин, проте ця різниця незначна – переважно у 10–20 видів (за винятком перших трьох родин, проте тут субординація збережена). Порівняно ж із флорою Морафських товтр відмінності у розміщенні родин середньої та нижньої частин спектру більш суттєві, оскільки автором проведено розподіл видів на аборигенні та адвентивні, внаслідок чого, наприклад, родина *Brassicaceae* з її численною адвентивною фракцією втратила чільні позиції.

Таблиця 2

Спектри провідних родин флор Тернопільського плато, Волино-Поділля та Мурафських Товтр

№ п/п	Родина	Регіон							
		Тернопільське плато		Волино-Поділля (Б. В. Заверуха, 1985)			Мурафські Товтри (О. І. Шиндер, 2012)		
		к-сть видів	%	№ п/п	к-сть видів	%	№ п/п	к-сть видів	%
1	<i>Asteraceae</i>	156	11,51	1	242	12,78	1	96	11,1
2	<i>Poaceae</i>	89	6,57	2	142	7,50	2	71	8,2
3-4	<i>Rosaceae</i>	79	5,83	3	111	5,86	3	58	6,7
3-4	<i>Brassicaceae</i>	79	5,83	4	98	5,18	9	32	3,7
5	<i>Fabaceae</i>	70	5,17	6	86	4,54	5	42	4,9
6	<i>Ranunculaceae</i>	62	4,58	9	69	3,65	10	29	3,5
7	<i>Caryophyllaceae</i>	61	4,50	8	74	3,91	8	34	3,9
8	<i>Lamiaceae</i>	60	4,43	5	87	4,60	4	54	6,4
9	<i>Scrophulariaceae</i>	56	4,13	7	78	4,12	7	36	4,1
10	<i>Apiaceae</i>	50	3,69	10	62	3,28	6	37	4,3
ВСЬОГО		762	56,24		1049	55,42		489	56,8

Усі провідні родини порівнюваних флор належать до відділу *Magnoliophyta*. Аналіз головної частини родинного спектру вказує на провідну роль у структурі флори ТП видів родин *Asteraceae* та *Poaceae*, що є характерним для флор північно-східної Євразії. В цілому, у родинних спектрах флор Голарктики домінуючою є родина *Asteraceae*, проте сукупність інших родин у меридіанальному напрямку значно змінюється. В межах України у напрямку на південь помітно зростає частка родин, представлених значною різноманітністю у Середземноморській флористичній області – *Brassicaceae*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae* (три останні характерні також для флор степової смуги) тощо і в той же час зменшується частка «бореальних родин», наприклад, *Ranunculaceae* [8, 13]. Водночас, О. І. Толмачов зазначає, що різниця між бореальними та середньоевропейськими флорами часто мало виражена. Родина *Poaceae* займає друге місце у досліджуваній флорі, як зазвичай у спектрах регіональних флор Східної Європи. Це може слугувати свідченням інтенсивного остепнення регіону, що знаходиться на південній окраїні Подільської височини. Це твердження узгоджується також поширенням 48 видів родини *Cyperaceae*, яка зайняла в ієрархії 11 позицію. Замикає першу тріаду у флорі ТП родина *Rosaceae* (середньоевропейський *Rosaceae*-тип за О. В. Морозовою) [9] та ділить цю позицію з *Brassicaceae*, котра в аборигенній фракції лісостепових флор не займає чільних місць. Очевидно, високий ранг родини *Rosaceae* пов'язаний з великою кількістю вікаруючих видів. Типова для аридних флор родина *Apiaceae* у родинному спектрі закономірно займає десятю позицію, лише на 2 види випередивши за кількістю характерну для північних флор родину *Cyperaceae*. У цілому центральні позиції в ієрархії родин *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae* і *Lamiaceae* можуть свідчити про те, що флора ТП має тяжіння до флор середземноморського типу і є, можливо, в розумінні М. Г. Попова сарматським ехом давнього Середзем'я [11].

Наступні родини, що займають у родинному спектрі 11–20 місця розташовані наступним чином: 11) *Cyperaceae* – 48 видів (3,54 %), 12) *Chenopodiaceae* – 31 (2,29 %), 13) *Boraginaceae* – 30 (2,21 %), 14) *Liliaceae* – 24 (1,77 %), 15–16) *Rubiaceae* та *Polygonaceae* – по 23 види (по 1,70 %), 17) *Euphorbiaceae* – 21 (1,55 %), 18) *Orchidaceae* – 20 (1,48 %), 19) *Violaceae* – 16 (1,18 %), 20) *Juncaceae* – 14 видів (1,03 %). Сумарно 11–20 родини у флорі ТП охоплюють 250 видів (18,45 %) та 67 родів (12,64 %). Решта ж 95 родин презентують лише 343 види (25,31 %) та 166 родів (31,32 %).

Значна кількість родин флори ТП (50 або 43,48 %) нараховує лише один рід, що є характерним для флор Голарктичного царства. Окрім того, з цієї кількості 24 родини (20,87 %) є моновидовими або такими, що представлені одним видом, зокрема: *Onocleaceae*, *Thelypteridaceae*, *Hypolepidaceae*, *Polypodiaceae*, *Cupressaceae*, *Berberidaceae*, *Molluginaceae*, *Resedaceae*, *Tamaricaceae*, *Vacciniaceae*, *Monotropaceae*, *Parnassiaceae*, *Hippuridaceae*, *Rutaceae*, *Staphyleaceae*, *Araliaceae*, *Santalaceae*, *Adoxaceae*, *Polemoniaceae*, *Lentibulariaceae*, *Verbenaceae*, *Butomaceae*, *Amaryllidaceae* та *Asparagaceae*. Очевидно, ці родини характерні переважно для регіонів з іншими екологічними умовами і представлені у районі дослідження поодинокими, як правило гранично-ареальними видами, у тому числі реліктового характеру. Вказана частка моновидових родин характерна для лісостепових флор земної кулі в цілому [9].

Отже, за спектром провідних родин флора ТП є типовою перехідною лісостеповою флорою, в котрій не домінують ні типові «південні» (субсередземноморські) родини, ані «північні» (бореальні), що характерно для лісостепових флор загалом.

М. Г. Попов встановив, що чим менший ранг таксономічної одиниці, тим більша її залежність від умов навколишнього середовища, і, відповідно більше проявляється характер її реакції на зміну цих умов. Тому аналіз родового спектру флори значно детальніше відображає її структуру та регіональні особливості [11].

Проведений аналіз флори ТП на родовому рівні засвідчив (табл. 3), що монотипні роди (296) складають трохи більше половини (55,85 %) від загальної кількості родів досліджуваної флори та включають 21,85 % видів, що є характерним для більшості помірно широтних регіональних флор. У їхньому складі представлені як реліктові види (*Asarum* L., *Cladium* R. Br., *Ophioglossum* L., *Adoxa* L., *Polemonium* L., *Scopolia* Jacq., *Ligularia* Cass. та ін.) так і ендемічні

(*Acinos* Mill., *Delphinium* L., *Schivereckia* Andr. ex DC., *Jurinea* Cass. та ін.) та адвентивні у цьому регіоні види (*Sinapis* L., *Conium* L., *Galinsoga* Ruiz. et Pav., *Stenactis* Cass. та ін.).

Бідними вважаємо роди, у яких кількість видів коливається у межах від двох до чотирьох. Зокрема, 93 роди флори (17,55 %) презентуються двома видами (13,73 % від загальної кількості видів), 44 роди (8,30 %) – трьома (9,74 %), а 31рід (5,85 %) представляють по чотири види (9,15 %).

Середніми, щодо кількості видів у своїй структурі, вважаємо ті роди, які складаються із п'яти–дев'яти видів, зокрема, 18 родів флори ТП (3,40 %) містять по п'ять видів (6,64 %), 10 (1,89 %) – по шість (4,43 %), 6 (1,13 %) – по сім (3,10 %), 5 (0,94 %) – по вісім видів (2,96 %), а 7 родів (1,32 %) включають по 9 видів (4,65 % від загальної кількості).

Поліморфними, на нашу думку, можуть вважатися роди, які складаються із 10–19 видів, а ті, які містять у своєму складі понад 20 видів – дуже поліморфними. У структурі флори досліджуваного регіону виявлено 16 поліморфних родів (3,02 %), які сукупно включають 221 вид або 16,31 % загальної кількості, зокрема: *Rumex* L., *Geranium* L., *Allium* L. та *Juncus* L. – по 10 видів, *Campanula* L. – 11, *Polygonum* L. – 12, *Vicia* L. та *Trifolium* L. – по 13 видів, *Centaurea* L. та *Potamogeton* L. – по 14, *Chenopodium* L. – 15, *Viola* L. – 16, *Galium* L., *Potentilla* L. та *Ranunculus* L. – по 18, *Euphorbia* L. – 19. Чотири роди (0,75 %) є дуже поліморфними та містять 101 вид (7,45 %), зокрема: *Veronica* L. – 21, *Hieracium* L. – 22, *Rosa* L. – 23 та *Carex* L. – 35 видів.

Кількість родів, рівень видового багатства яких нижчий від середнього (2,56) становить 389, або 73,4 % їх загальної кількості. Вони включають 482 види – 35,58 % їх загальної кількості. На решту 141рід, з показником родового коефіцієнта вище середнього, припадає 873 види, або 64,42 % їх загальної кількості.

Таблиця 3

Кількісна характеристика родів флори Тернопільського плато

Кількість видів у роді		Кількість			
		родів	%	видів у родах	%
1	монотипні	296	55,85	296	21,85
2	бідні	93	17,55	186	13,73
3		44	8,30	132	9,74
4		31	5,85	124	9,15
5		18	3,40	90	6,64
6	середні	10	1,89	60	4,43
7		6	1,13	42	3,10
8		5	0,94	40	2,96
9		7	1,32	63	4,65
10–19	поліморфні	16	3,02	221	16,31
20 і >	дуже поліморфні	4	0,75	101	7,45
ВСЬОГО		530	100	1355	100

У десяти провідних родах флори ТП (табл. 4) міститься 205 видів або 15,12 % від загальної кількості, й за цим показником досліджувана флора наближається до аналогічного для Волино-Поділля (15,69 %) [4, 5] й дещо відмінна від флори Морафських Товтр (12,08 %) [28] У двадцяти провідних родах флори досліджуваного регіону, які є поліморфними та дуже поліморфними, знаходяться 322 види або ж 23,27 % від загального видового різноманіття.

Великі (поліморфні) роди, присутні у флорі України, прийнято ділити на бореальні та давні середземноморські [8, 27, 15–26]. З першої групи великою кількістю видів у флорі ТП виділяються, наприклад, роди *Carex* L., *Ranunculus* L., з другої – *Galium* L., *Veronica* L. тощо.

Спектри провідних родів флор Тернопільського плато, Волино-Поділля та Мурафських Товтр

№ п/п	Рід	Регіон							
		Тернопільське плато		Волино-Поділля			Мурафські Товтри		
		к-сть	%	№ п/п	к-сть	%	№ п/п	к-сть	%
1	<i>Carex</i>	35	2,58	1	66	3,49	1	22	2,01
2	<i>Rosa</i>	23	1,70	3	34	1,80	2-3	15	1,37
3	<i>Hieracium</i>	22	1,62	2	52	2,75	–	–	–
4	<i>Veronica</i>	21	1,55	5-6	22	1,16	4-5	14	1,28
5	<i>Euphorbia</i>	19	1,40	5-6	22	1,16	2-3	15	1,37
6-8	<i>Galium</i>	18	1,33	4	25	1,32	4-5	14	1,28
6-8	<i>Potentilla</i>	18	1,33	7	20	1,06	6	13	1,19
6-8	<i>Ranunculus</i>	18	1,33	10	18	0,95	8-10	9	0,83
9	<i>Viola</i>	16	1,18	8-9	19	1,00	7	12	1,10
10	<i>Chenopodium</i>	15	1,11	–	–	–	–	–	–
	<i>Senecio</i>	–	–	8-9	19	1,00	–	–	–
	<i>Festuca</i>	–	–	–	–	–	8-10	9	0,83
	<i>Poa</i>	–	–	–	–	–	8-10	9	0,83
ВСЬОГО		205	15,12		297	15,69		132	12,08

Перше місце у родовому спектрі займає рід *Carex* L. – один з небагатьох родів квіткових рослин, які належать до космополітних. Цей рід увійшов до флори ТП на початку її формування, коли умови були більш вологіші, ніж тепер і зберіг свої позиції зараз завдяки добре розвиненій кореневищній системі. Він є характерним для помірних і холодних поясів земної кулі, але головним чином північної півкулі. Особливо чисельні види цього роду на сирих і болотних екотопах, які досить широко представлені у досліджуваному регіоні [2].

На другому місці знаходиться середземноморський ксерофітний рід *Rosa* L., представлений 23 видами, що загалом характерно для флор лісостепової родини *Rosaceae*. Першу трійку найбільш чисельних родів замикає рід *Hieracium* L. (включаючи у широкому розумінні рід *Pilosella*) з 22 видами, для якого в цілому характерна велика кількість мікротипів, поширених переважно у позатропічних областях північної півкулі, головним чином у Європі, на Кавказі та у західних районах Азії.

Четверте місце у родинному спектрі флори ТП плато належить середземноморському роду *Veronica* L. (21 вид), що частково пов'язано з господарською діяльністю, під впливом якої окремі види поступово проникли у структуру природної флори. П'яте місце з 19 видами посідає центральноєвропейський рід *Euphorbia* L., що є характерним для флор Древнього Середзем'я. Шосту–восьму позиції з 18 видами у складі ділять властивий переважно для помірно теплих та субтропічних областей рід *Galium* L., бореальний *Ranunculus* L. та рід *Potentilla* L. Дев'ята позиція з 16 видами належить типовому європейсько-азійському роду *Viola* L., що пов'язано із значною кількістю неморальних та псамофітних екоотопів у районі дослідження. Замикає десятку родинного спектру синантропний рід *Chenopodium* L. із 15 видами у своїй структурі.

Отже, поліморфними родами у структурі флори ТП є або неморальні (європейські), або ж середземноморські й лише кілька степових, як свідчення того, що степова флора через надмірну експлуатацію (оранка, випасання) знаходиться у пригніченому чи деструктивному стані.

Висновки

Нами встановлено, що спонтанна флора ТП нараховує 1355 видів вищих судинних рослин, які належать до 530 родів, 115 родин, 57 порядків, 6 класів та 5 відділів. За видовим складом вона знаходиться у проміжному положенні поміж суто північними та південними флорами і наближається до флор Центральної Європи. Основна флористична пропорція становить 1 : 4,6 :

11,8. За спектром провідних родин флора ТП є типовою перехідною лісостеповою флорою, в котрій не домінують ні типові «південні» (субсередземноморські) родини, ані «північні» (бореальні), що характерно для лісостепових флор загалом. Поліморфними родами у структурі флори досліджуваного регіону є або неморальні (європейські), або ж середземноморські й лише кілька степових, як свідчення того, що степова флора через надмірну експлуатацію (оранка, випасання) знаходиться у пригніченому чи деструктивному стані.

1. Андриенко Т. Л. Растительный мир Украинского Полесья в аспекте его охраны / Т. Л. Андриенко, Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – К. : Наук. думка, 1983. – 216 с.
2. Брадїс Є. М. Рослинний покрив боліт УРСР / Є. М. Брадїс, А. Ф. Бачурїна // Рослинність УРСР. Болота. – К., 1969. – С. 34–133.
3. Гроссгейм А. А. Анализ флоры Кавказа / А. А. Гроссгейм. – 1936. – 257 с. – (Изв. Азерб. фил. АН СССР; вып 1).
4. Заверуха Б. В. Флора Вольно-Подолії, ее анализ и генезис: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка" / Б. В. Заверуха. – К., 1984. – 912 с.
5. Заверуха Б. В. Флора Вольно-Подолії и ее генезис / Б. В. Заверуха. – К. : Наук. думка, 1985. – 192 с.
6. Заки М. А. О систематической структуре флор стран Южного Средиземноморья / М. А. Заки, В. М. Шмидт // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. биол. – 1973. – № 9. – С. 57–69.
7. Кокунин В. А. Статистическая обработка данных при малом числе опытов / В. А. Кокунин // Укр. биохим. журн. – 1975. – Т. 47, № 6. – С. 776–790.
8. Малышев Л. И. Флористические спектры Советского Союза / Л. И. Малышев // История флоры и растительности Евразии. – Л. : Наука, 1972. – С.17–40.
9. Морозова О. В. Таксономическое богатство флоры Восточной Европы. Факторы пространственной дифференциации / О. В. Морозова. – М. : Наука, 2008. – 328 с.
10. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. – К. : Наук. думка, 1987. – 548 с.
11. Попов М. Г. Основы флорогенетики / М. Г. Попов. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 135 с.
12. Толмачов А. И. Богатство флор как объект сравнительного изучения / А. И. Толмачев // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. биол. – 1970. – № 9, вып. 2. – С. 71–83.
13. Толмачов А. И. Введение в географию растений / А. И. Толмачев. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1974. – 244 с.
14. Толмачов А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза / А. И. Толмачев. – Новосибирск : Наука, 1986. – 197 с.
- 15–26. Флора УРСР: в 12 т. / [за ред. О. В. Фоміна (т. 1), Є. І. Бордзіловського (т. 2), Є. М. Лавренка (т. 2), М. І. Котова (т. 3, 4, 8–10), А. І. Барбарича (т. 3, 8), М. В. Клокова (т. 5, 7), О. Д. Вісколіної (т. 5, 7, 11, 12), Д. К. Зерова (т. 6)]. – К.: В-во АН УРСР. – Т. 1. – 1936. – 202 с.; Т. 2. – 1940. – 589 с.; Т. 3. – 1950. – 426 с.; Т. 4. – 1952. – 690 с.; Т. 5. – 1953. – 528 с.; Т. 6. – 1954. – 612 с.; Т. 7. – 1955. – 658 с.; Т. 8. – 1957. – 544 с.; Т. 9. – 1960. – 692 с.; Т. 10. – 1961. – 491 с.; Т. 11. – 1962. – 589 с.; Т. 12. – 1965. – 591 с.
27. Шеляг-Сосонко Ю. Р. О состояниях и перспективах исследования флоры Украины / Ю. Р. Шеляг-Сосонко, Я. П. Дидух // Ботан. журн. – 1975. – Т. 60, № 8. – С. 1134–1141.
28. Шиндер О. І. Флора Мурафських товтр (Східне Поділля): дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05 / Шиндер Олександр Іванович. – К., 2012. – 301 с.
29. Шмидт В. М. Количественные показатели в сравнительной флористике / В. М. Шмидт // Ботан. журн. – 1974. – Т. 61, № 7. – С. 929–940.
30. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
31. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.
32. Юрцев Б. А. Дискуссия на тему «Метод конкретных флор в сравнительной флористике» / Б. А. Юрцев // Ботан. журн. – 1974. – Т. 54, № 9. – С. 1399–1407.
33. Юрцев Б. А. Общие и региональные вопросы флорогенетики / Б. А. Юрцев // Ботан. журн. – 1976. – Т. 61, № 10. – С. 1468–1478.

Р. Л. Яворивский

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

АНАЛИЗ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ФЛОРЫ ТЕРНОПОЛЬСКОГО ПЛАТО

В статье приведены результаты анализа систематической структуры флоры Тернопольского плато, в частности установлено, что ее спонтанная фракция насчитывает 1355 высших сосудистых растений, которые принадлежат к 530 родам, 115 семействам, 57 порядкам, 6 классам и 5 отделам. Проанализировано главные флористические пропорции, ведущие семейства и роды в сравнении с флорами Волыно-Подоллии (Заверуха, 1985), Морафских товтр (Шиндер, 2012) и других сопредельных территорий.

Ключевые слова: флора, Тернопольское плато, систематический анализ флоры, ведущие семейства и роды

R. L. Yavorivski

Volodimir Hnatiuk Ternopil National Pedagogical university, Ukraine

ANALYSIS OF SYSTEMATIC STRUCTURE OF FLORA OF TERNOPIIL PLATEAU

The results of systematic structure of flora of Ternopil plateau (TP) are shown in this article. In particular, it's established that the spontaneous faction of this flora consists of 1355 species of vascular plants which belong to 530 genera, 115 families, 57 orders, 6 clesses and 5 divissions. For species composition, it is in an intermediate position between purely northern and southern floras and approaches to the floras of Central Europe. The main floristic proportion is 1 : 4,6 : 11,8. For the lead families spectrum, flora of TP is a typical transitional forest-steppe flora which doesn't include any dominant typical "southern" (sub-mediterranean) or "nothern" (boreal) families. In general, this feature is typical for forest-steppe floras. There are some nemoralic (european), mediterranean and several steppe polimorphic genera in the structure of the flora of TP. It means that steppe flora is in the depressed or destructive condition because of excessive exploitation (plowing, grazing). The comperative analyze of the main floristic features between flora of TP and floras of Volyno-Podillya (Zaveruha, 1985), Moravic Tovtras (Shynder, 2012) and other adjacent areas was conducted.

Key words: flora, Ternopil plateou, systematic analyze of flora, lead families and genera

Рекомендує до друку

М.М. Барна

Надійшла 21.06.2012

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК [504.4:632.2] (262.54)

В.О. ДЕМЧЕНКО

Міжвідомча лабораторія моніторингу екосистем Азовського басейну Таврійського державного агротехнологічного університету та Одеського філіалу Інституту біології південних морів НАН України
просп. Богдана Хмельницького, 18, Мелітополь, 72312

СТРУКТУРА ПРОМИСЛОВИХ УЛОВІВ РИБ В АЗОВСЬКОМУ МОРІ В УМОВАХ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН У ВОДОЙМІ

У статті розглядається структура промислових уловів риби в різні періоди існування Азовського моря. Проаналізовано динаміку уловів риб різних екологічних груп. Основними змінами в структурі уловів є зниження частки вилову прісноводних видів риб і значні коливання частки морських видів. Основними причинами цих змін є перерозподіл річкового стоку, збільшення солоності, скорочення кормової бази та браконьєрство.

Ключові слова: риби, промислові улови, Азовське море, екологічні групи, гідроекологічні зміни

Азовський басейн є унікальним за характером природних умов. За розташуванням він, практично, ізольований від Світового Океану, що визначає його специфічність. Невеликі розміри, малі глибини, чітко виражений континентальний клімат обумовили його високу продуктивність [2].

Перебудова гідроекосистеми Азовського моря, що характеризувалася зарегулюванням стоку більшості річок, спричинила значне зниження уловів в 60-70-х рр. ХХ ст. Окрім зменшення обсягів вилову рибних ресурсів, також відбулися зміни структури промислового вилову. Причиною цих змін більшість фахівців вважають зміну гідрологічних та гідрохімічних умов в басейні Азовського моря [3, 4, 5, 8, 9, 12].

Відомості щодо структури уловів риб в Азовському морі на фоні гідроекологічних змін дає можливість вирішувати певні задачі щодо управління рибними ресурсами. Саме тому сформований масив даних та проведений аналіз визначає актуальність досліджень.

Основною метою роботи є аналіз структури промислових уловів риб в Азовському морі в процесі гідроекологічних змін. Для цього визначені наступні завдання:

- дослідити багаторічну (1927-2010 рр.) структуру промислових уловів риб в Азовському морі;
- визначити основні види-домінанти в промислових уловах різних років;
- встановити причини динаміки структури уловів риб в регіоні досліджень.

Матеріал і методи досліджень

Основою для аналізу динаміки уловів риб були річні обсяги вилову рибних ресурсів в Азовському морі. Фактичний матеріал щодо обсягів уловів риб базується на даних офіційних видань [1, 6, 7, 10]. В період з 1996 по 2010 роки використовували дані офіційних звітів (форма № 2) Азовської державної рибоохорони. Обсяги вилову рибних ресурсів Росією в Азовському морі люб'язно надані співробітниками Інституту аридних зон Південного наукового центру РАН. В таблицях у період з 1991 року наводиться загальний обсяг вилову рибних ресурсів Україною та Росією. До статистичних даних увійшли улови з всіх

промислових районів Азовського моря, а також Керченської протоки. Аналіз обсягів вилучення ресурсів включає в себе лише рибні ресурси та не включає ракоподібних, молюсків та зостеру.

Статистичний аналіз здійснювався в програмі Microsoft Excel 2010, в статистичному пакеті «Описова статистика».

В роботі використаний поділ в історії вилову риб на такі періоди:

1 період: 1927–1951 роки. Характеризується високими промисловими умовами та розвитком механізованого лову. В цей час реєструються максимальні улови за весь період спостережень. Для гідроекологічних умов характерно природний рівень солоності в межах 10–11 г/л, низька трансформація річкових систем, високі показники продуктивності.

2 період: 1952–1986 роки. Характерна значна трансформація басейну, що полягає у зарегулюванні річкового стоку річок Дон та Кубань. Це призвело до значного зниження уловів та зміни структури уловів. Солоність вод моря в деякі роки підвищувалася до 14 г/л. Значно зменшилась продуктивність основних кормових об'єктів водойми.

3 період: 1986–2010 роки. Відзначається зменшенням промислових уловів в декілька разів, що викликано значним скороченням робіт зі штучного відтворення рибних ресурсів, підривом біомаси зоопланктону у зв'язку з вселенням реброплавів, неефективною системою контролю за вилученням рибних ресурсів.

Назви риб у статті подані згідно офіційної статистики. Певні групи включають у себе декілька видів, що, насамперед, стосується групи кефалі, бичків, товстолобів та ін.

Дослідження виконано за фінансової підтримки з боку Європейського Економічного Співтовариства в рамках Сьомої Рамкової Програми згідно з угодою про надання гранту №226740 «Формирование потенциала по наблюдению за Черноморским бассейном в рамках поддержки устойчивого развития территории» («Building Capacity for a Black Sea Catchment Observation and Assessment System supporting Sustainable Development»).

Результати досліджень та їх обговорення

Для Азовського моря характерно вилучення прісноводних та морських видів риб. Традиційно до першої групи відносять як типово прісноводних видів риб, які періодично виходять в море (карась сріблястий, товстолоб, короп, сом та ін.), так і прохідних та напівпрохідних (севрюга, осетер, білуга, лящ, судак, чехоня та ін.). До морських видів відносять риб, які є типовими морськими мешканцями Азовського моря (тюлька, анчоус, бичок-кругляк, калкан азовський та ін.), так і тих, що заходять з Чорного моря (барабуля чорноморська, мерланг чорноморський, скумбрія атлантична, шпрот чорноморський, камбала чорноморська та ін.). З 1992 року до промислових морських видів риб стали відносити акліматизованого в Азово-Чорноморському басейні кефаль піленгас, яка зайняла важливе місце в загальному вилученні водних живих ресурсів.

Аналізуючи динаміку промислових уловів прісноводних та морських видів риб слід відмітити, що в більшості років в Азовському морі домінують улови останніх (рис. 1), хоча в 1936 році пік вилову припав на прісноводні види риб і склав 152420,09 т на рік. Найменші показники характерні для сучасного періоду. Так у 2007 році були відмічені мінімальні протягом всієї історії офіційного промислу обсяги вилучення прісноводних видів риб обсягом 138 т.

Аналізуючи багаторічну динаміку уловів, слід відмітити поступове зниження вилову. Найбільший обвал для прісноводних видів почав спостерігатися в кінці 30-х років, що є, на нашу думку, результатом перевиллову цінних промислових риб таких як судак, осетрові, лящ та ін. в 1936 році. Подальше поступове скорочення обсягів вилову риб було спричинено зменшенням площі прісноводних нерестовищ та різким скороченням чисельності прісноводних видів риб. Слід відмітити, що певні обсяги штучного відтворення цінних прісноводних видів риб дозволяли тримати улови цієї групи на рівні 10–20 тис. т. Починаючи з 1991 року, відсутність системи штучного відтворення, слабка ефективність управління промислом та браконьєрство не дають можливості відновитися популяціям таких цінних видів риб як осетер, севрюга, лящ, судак та ін. Обсяги вилову в цей час становлять близько 2,5 тис. т, в останні роки вилови цих риб не перевищують 300 т.

Для морських видів риб характерні значні коливання річних уловів. Основною причиною таких флуктуацій є зміна як умов нересту, так і нагулу. Крім того для окремих видів риб встановлені факти перевилову. Найнижчі улови морських видів риб були відмічені у 1990 році в розмірі 2144 т (рис. 1).

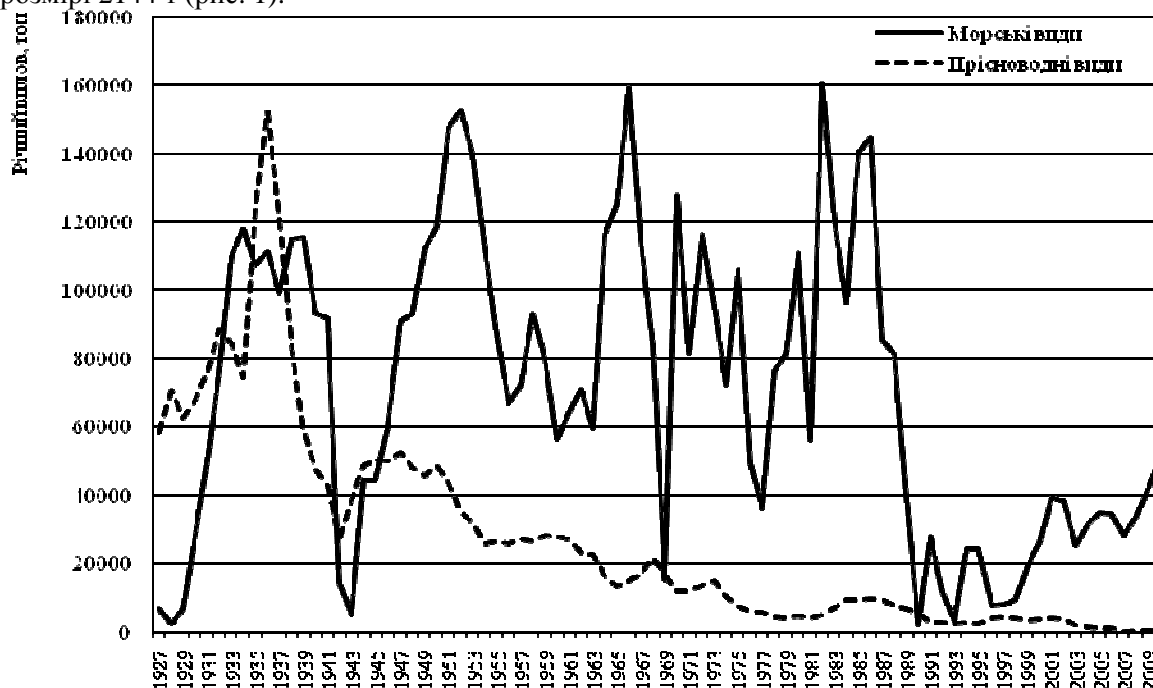


Рис. 1. Динаміка уловів прісноводних та морських видів риб в Азовському морі

Порівнюючи частки прісноводних та морських риб у загальному вилові, слід відмітити, що для більшості років характерно також домінування морських видів (рис. 2). На відміну від них в останні роки частка прісноводних риб складає менше 1%. Така тенденція свідчить про неспроможність сучасних методів та підходів відновлення чисельності прісноводних видів риб. Існуючі системи охорони видів у вигляді Червоних списків, створенні природоохоронних територій, штучне відтворення не можуть суттєво вплинути на процес зменшення їх частки в уловах.

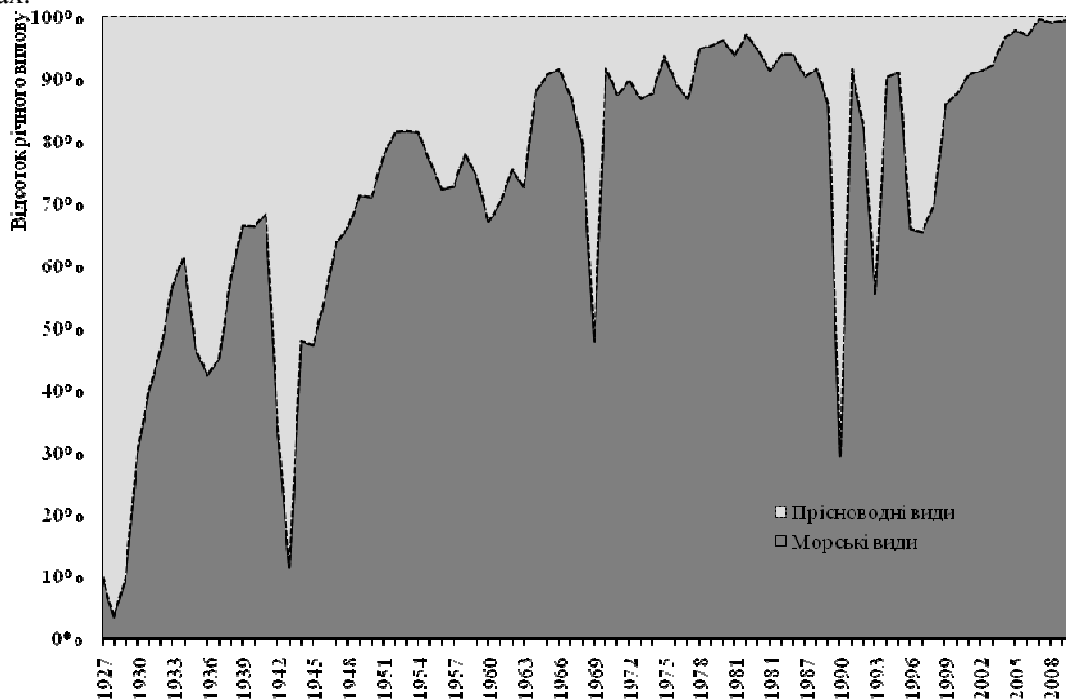


Рис. 2. Співвідношення уловів прісноводних та морських видів риб в Азовському морі

Досить наочно зміни в структурі промислової іхтіофауни Азовського моря демонструє видовий склад основних промислових видів. В усі періоди основу промислу (близько 75 %), припадало на 4 - 5 видів (рис. 3).

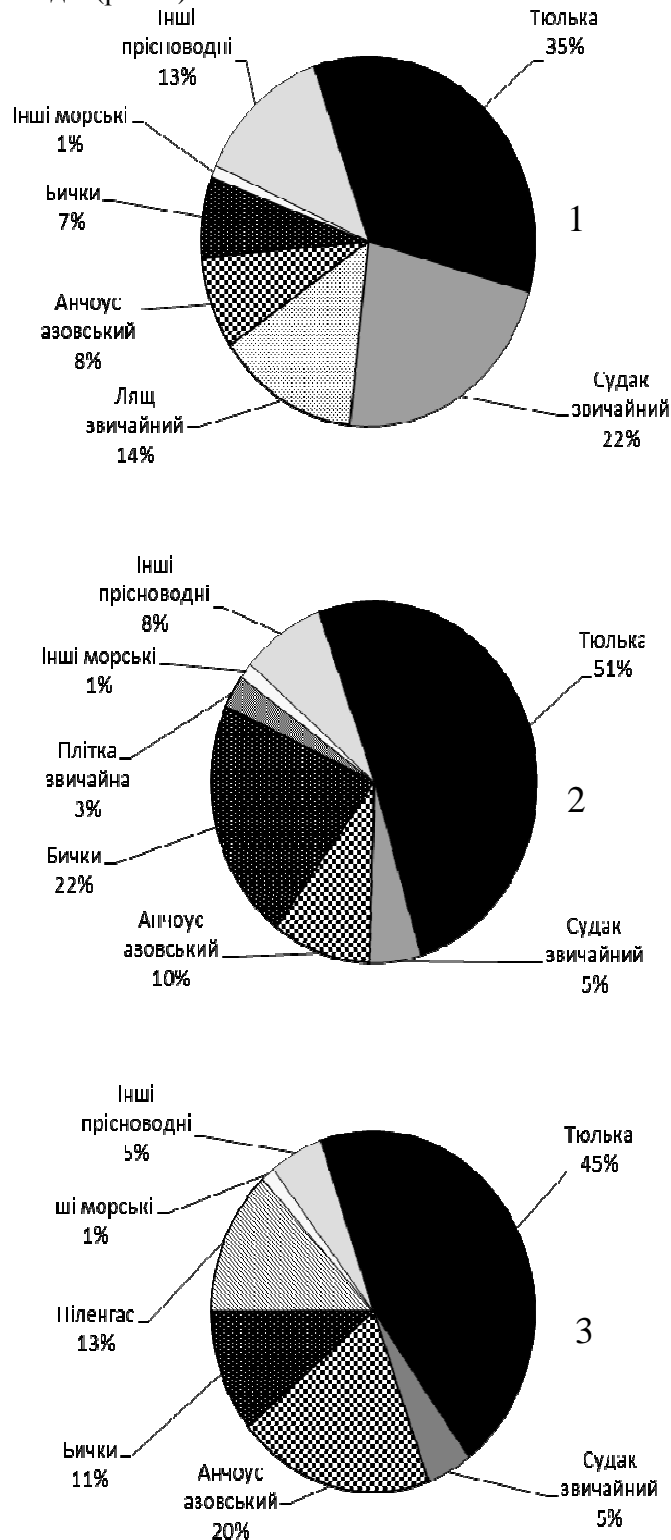


Рис. 3. Співвідношення основних промислових видів риб в уловах: 1 період: 1927-1951 рр., 2 період: 1952-1986 рр., 3 період 1986-2010 рр.

Так в уловах 1927–1951 рр. домінували тюлька, судак звичайний, лящ звичайний, анчоус (рис. 3), їх частка складала 79 %. Причому для даного періоду характерна відсутність якогось одного домінанта, про що свідчать кількісні показники річного вилову та значний перелік прісноводних та морських видів.

Другий період характеризується значним домінуванням в уловах тюльки (51 %) та бичків (22 %). Улови судака та ляща звичайного значно зменшуються (рис. 3).

В уловах сучасного періоду домінування тюльки є досить суттєвим (45 %). Водночас відбувається відновлення чисельності анчоуса. Досить важливе місце в структурі морської іхтіофауни став відігравати далекосхідний акліматизант – піленгас. Після включення його в перелік промислових риб (1992), він зайняв важливе місце серед інших видів, а його улови в окремі роки перевищують 10 тис. т.

Характеризуючи улови окремих видів риб слід відмітити наявність в структурі промислової іхтіофауни видів риб з близькими циклами чисельності, а відповідно й з подібним рівнем промислового вилову. Для більшості прісноводних видів риб характерні досить високі улови в період 30-х років та подальший спад уловів до нині (рис. 4). Причому в останні роки улови окремих видів риб не перевищують декількох тон.

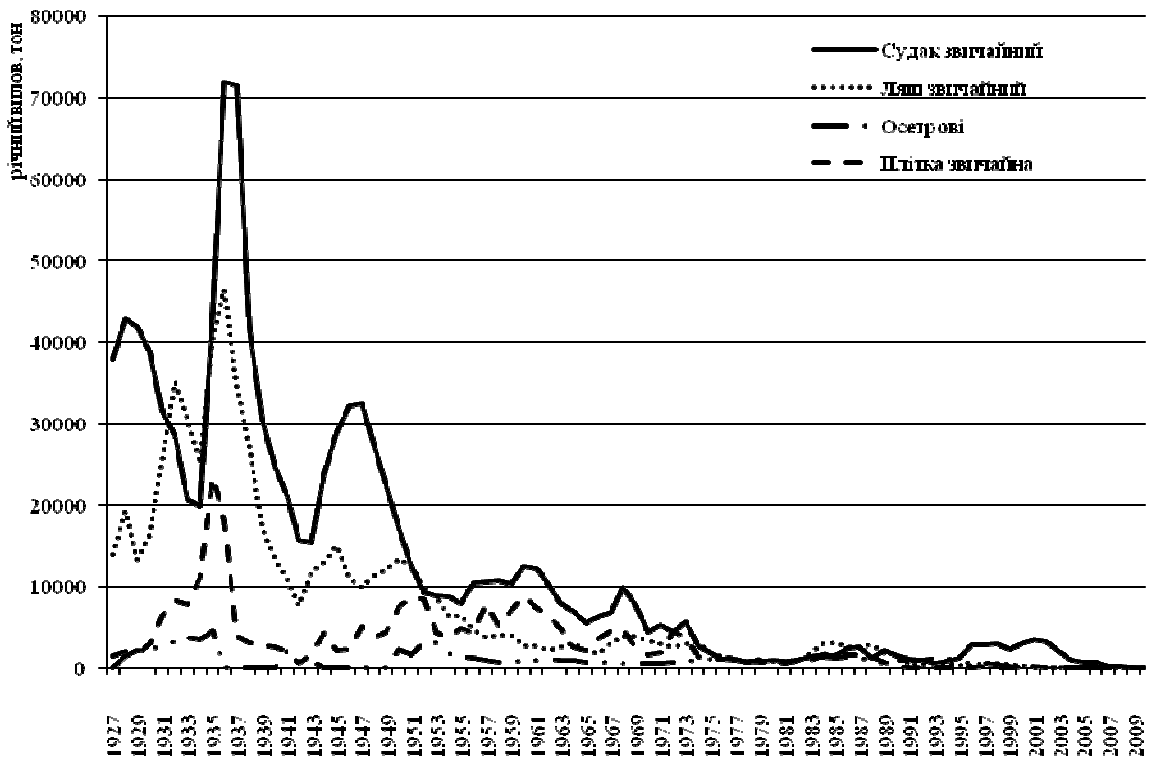


Рис. 4 Динаміка річних уловів основних промислових прісноводних видів риб в Азовському морі

Для морських видів риб характерні значні коливання уловів в різні роки (рис. 5). Більшість морських видів риб, які домінують в уловах, є короткоциклічними і їх чисельність визначається абіотичними умовами та ефективністю нересту.

Основним об'єктом промислу з морських видів є тюлька та анчоус. Зниження уловів цих риб в кінці 90-х років було спричинене значним зменшенням кормової бази, в результаті вселення реброплавів та підвищення солоності води у морі [11].

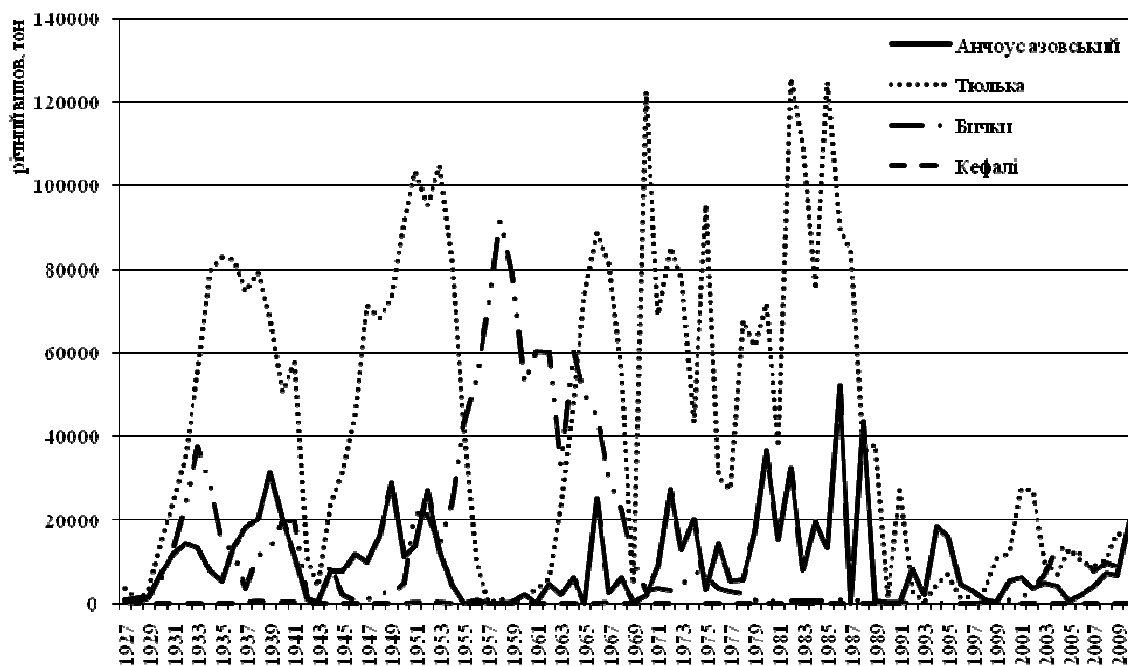


Рис. 5. Динаміка річних уловів основних промислових морських видів риби в Азовському морі.

Окремо відзначаємо, що в деякі роки досить велике значення в промислі на Азовському морі мали бичкові. До основних промислових видів відноситься 5-6 представників, серед яких вагоме місце займає бичок-кругляк (90 %). Аналізуючи багаторічну динаміку цієї групи слід відмітити, що після кінця 70 років спостерігається різке зниження уловів. Починаючи з 80-х років промисел бичкових був закритий через нерентабельність і лише з 2003 року лов був відновлений.

Висновки

1. Основними промисловими видами риби в Азовському морі за весь період офіційних спостережень були коротко циклічні види – тюлька та анчоус. Найбільші обсяги вилучення цих видів відмічалися в 80-х роках ХХ ст. Так максимальний річний улов їх склав 125824 та 52266 т відповідно.
2. Для Азовського моря характерно домінування в уловах морських видів риби, хоча періодично збільшувалася частка прісноводних. Пік вилову прісноводних видів риби припадає на 1936 рік з показником 152420,09 т на рік. Найменші показники характерні для сучасного періоду. Для морських видів риби характерні значні коливання річних уловів. Основною причиною таких флуктуацій є зміна як умов нересту так і нагулу, окрім того для окремих видів риби встановлені факти перевилу.
3. В останні десятиліття вплив антропогенних чинників на режим і фауну риби Азовського моря посилюється. Наявні гідротехнічні споруди на Дону і Кубані, перерозподіл річкового стоку, поява видів-вселенців, антропогенне забруднення, втрата нерестовищ призвели до глибоких екологічних змін і вплинули на відтворення прохідних і напівпрохідних риби басейну, чисельність і розподіл більшості видів риби. Саме ці фактори прийнято вважати головною причиною неухильного скорочення запасів цінних видів риби Азовського моря, зокрема морських біоресурсів.

1. *Аверкиев Ф. А.* Сборник статистических сведений об уловах рыбы и нерыбных объектов в Азово-Черноморском бассейне за 1927-1959 гг. [Текст] / Ф. А. Аверкиев // Тр. АЗНИИРХ. - Т.1, вып.2.- Ростов: книжн. изд-во, 1960. - 93 с.
2. *Бронфман А. М.* Азовское море: основы реконструкции [Текст] / А. М. Бронфман, Е.П. Хлебников. - Л: Гидрометеиздат, 1985. – 271 с.

3. *Гаргона Ю. М.* Зависимость уловов проходных и полупроходных рыб Азово-Кубанского района от абиотических факторов [Текст] /Ю.М. Гаргона// Вопросы изучения и освоения Азовского моря и его побережий. - Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1974. – С. 46–47.
4. *Гаргона Ю. М.* Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря [Текст]/ Ю.М. Гаргона / автореф. дис... д-ра географ. наук. – Кольский научный центр РАН. – Мурманск, 2003. – 51 с.
5. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* Т. V. Азовское море [Текст]. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 237 с.
6. *Зайдинер Ю.И.* Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азово-Черноморского бассейна (1990–1995 гг.) [Текст] /Ю. И. Зайдинер, Л. В. Попова //Статистический сборник. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Молот», 1997. – 100 с.
7. *Зайдинер Ю.И., Ульшина И.Н.* Уловы азовских рыб в 1992 году как индикатор системы моря [Текст] / Ю.И. Зайдинер, И.Н. Ульшина // Тез. докл. научн. конф. "Экосистемы морей России в условиях антропогенного пресса", Астрахань, окт.1994 г. – Астрахань, 1994. – С. 254-255.
8. *Карпевич А.Ф.* Влияние изменяющегося стока рек и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну [Текст] / А.Ф. Карпевич // Труды АзНИИРХ. – Ростов-на-Дону. – 1960. – С. 3-114.
9. *Межерин С.В.* Животные ресурсы Украиньв свете стратеги устойчивого развития: аналитический справочник [Текст] / С.В. Межерин. - К.: Логос, 2008. – 282 с.
10. *Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азовского бассейна и прилегающих участков Черного моря (1960-1990 гг.).* Статистический сборник [Текст]. – СПб, 1993. – 172 с.
11. *Чащин А. К.* Воздействие желетелых гидробионтов-вселенцев на популяции азовских пелагических рыб и перспективы промысла [Текст]/А. К. Чащин, В. Е. Дубовик, С. А. Негода и др. // Рыбне господарство України. – 2011. – № 1. – С. 10–18.
12. *Шишкин В.М.* Изменчивость рыбопродуктивности в Азовском море в зависимости от колебаний речного стока [Текст] / В.М. Шишкин // Тез. докл. IX конф. по промысловой океанологии.- М.: ВНИРО, 1993.- С. 92-94.

В.А. Демченко

Межведомственная лаборатория мониторинга экосистем Азовского бассейна Таврического государственного агротехнологического университета и Одесского филиала Института биологии южных морейв НАН Украины, Мелитополь

СТРУКТУРА ПРОМЫСЛОВЫХ УЛОВОВ РЫБ В АЗОВСКОМ МОРЕ В УСЛОВИЯХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ВОДОЕМАХ

В статье рассматривается структура промысловых уловов рыбы в различные периоды существования Азовского моря. Особое внимание уделяется динамике промысловых уловов различных экологических групп рыб. Основными изменениями в структуре уловов является снижения доли пресноводных видов рыб и значительные колебания морских видов. Преобразованием речного стока, увеличение солености, сокращение кормовой базы и браконьерство являются основными причинами этих изменений.

Ключевые слова: рыбы, промысловые уловы, Азовское море, экологические группы, гидроэкологические изменения

Demchenko V.O.

Interdepartmental laboratory of monitoring the Azov sea basin ecosystems of Odessa Branch Institute of Southern Seas Biology Of Tavria State Agrotechnological University Zaporozhye region, Melitopol, Ukraine
THE STRUCTURE OF FISH COMMERCIAL CATCHES IN THE AZOV SEA UNDER HYDROECOLOGICAL CHANGES IN THE RESERVOIRS.

The article deals with the structure of commercial catch fish in the different periods of Azov sea existence. Special attention is paid to dynamics of fish of different ecological groups. The major change in the structure of catches was percentage reducing of freshwater fish species and significant fluctuations of the marine species. The transformation of river flow, increase of salinity, reducing of the forage base and poaching are the main reasons for those changes.

The main marketable fish species in the Sea of Azov during the whole period of official statistics were short cyclic species Dlack sea tyulka and anchovy. The largest volume of catch of these

species was recorded in the 80's. Thus the maximum annual level of fish out of them was 125,824 and 52,266 tons respectively.

For the Sea of Azov dominance of marine species in the catches is typical, although periodically a proportion of freshwater species increased. Peak catch of the freshwater fish species accounted 152,420.09 tons per year in 1936. The lowest rates of fish out are characteristic for the present period. Marine fish species are characterized by significant fluctuations in annual catches. The main reason for these fluctuations is the change in conditions of spawning and state of nursery grounds, in addition to facts of high level catch established for some species.

In recent decades, the impact of anthropogenic factors on the regime and fish fauna of the Sea of Azov has especially increased. Available waterworks on the Don and Kuban Rivers, redistribution of river runoff, the emergence of invader species, anthropogenic pollution, loss of spawning and nursery grounds led to profound environmental changes and impact on fish reproduction, numbers and distribution of most species. Traditionally, these factors are considered to be the main reason for the steady reduction of stocks of valuable fish species in the Sea of Azov, including marine biological resources.

Keywords: fish, the commercial catches, the azov sea, ecological groups, ecological changes

Рекомендує до друку

Надійшла 27.07.2012

В.З. Курант

УДК 582.232 [285.31]

П.Д. КЛОЧЕНКО¹, І.Ю. ІВАНОВА¹, Г.Г. ЛІЛЦЬКА²

¹Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда 12, Київ, 04210

²Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська 2, Київ, 01601

ВИДОВИЙ СКЛАД ФІТОПЛАНКТОНУ ЗАПЛАВНИХ ОЗЕР м. КИЄВА

Узагальнено багаторічні оригінальні матеріали та літературні дані щодо видового складу фітопланктону 11-ти заплавних озер м. Києва. Встановлено, що у товщі води досліджених водойм мешкає 269 видів водоростей, які представлені 278 внутрішньовидовими таксонами. Вони належать до 9 відділів, 14 класів, 31 порядку, 52 родин та 108 родів. Основу видового багатства фітопланктону зазначених водних об'єктів складають представники Chlorophyta, Bacillariophyta і Cyanoprokaryota.

Ключові слова: фітопланктон, таксономічний аналіз, водойми, м. Київ

Дія антропогенного чинника насамперед відбивається на стані водних екосистем, особливо тих, що знаходяться на території густонаселених міст. Нагальною є ця проблема для такого мегаполісу як м. Київ, на теренах якого знаходиться понад 400 різнотипних водних об'єктів [1]. Вагому частку їх становлять залишкові заплавні озера, що утворилися після зміщення русла Дніпра [4]. Ці водойми відрізняються нестійким за роками гідрологічним режимом, який залежить від рівня води в річковій частині Канівського водосховища, кількості опадів і рівня ґрунтових вод, а також зазнають значного рекреаційного навантаження. При цьому, основною проблемою, пов'язаною з рекреаційною діяльністю, є надходження у водойми біогенних елементів, зокрема, азоту і фосфору [5].

Фітопланктон – одна із перших ланок гідроекосистем реагує на зміни екологічних умов, а його структурно-функціональні характеристики є важливими складовими при оцінці ступеня

антропогенного впливу. Тому, флористичне й ценотичне різноманіття угруповань планктонних водоростей набуває показового значення при з'ясуванні особливостей трансформації водних екосистем за антропогенного пресу.

Враховуючи той факт, що в літературі лише часткового і досить фрагментарно висвітлені особливості видового багатства фітопланктону заплавлених озер м. Києва [3, 6, 8, 10, 11], метою нашої роботи було встановлення видового складу водоростей, які розвиваються у водній товщі гідроекосистем вище зазначеного типу, а також з'ясування особливостей таксономічної структури фітопланктону.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом досліджень був фітопланктон озер м. Києва: Алмазне, Вербне, Вирлиця, Йорданське, Лугове (Опечінь-5), Підбірна, Райдуга, Редьчине, Сонячне, Тельбін і Центральне. В основу роботи покладені оригінальні матеріали, отримані протягом 2001–2011 рр., а також літературні дані [3, 8, 11]. Збір альгологічного матеріалу здійснювали переважно протягом вегетаційного періоду. Проби фітопланктону відбирали і опрацьовували згідно загальноприйнятої методики [7]. При ідентифікації водоростей використовували загальновідомі вітчизняні визначники серії "Визначник прісноводних водоростей України". Різноманіття водоростей представлено за класифікаційною системою, наведеною у зведенні [12] та у монографії [13].

Видовий склад планктонних водоростей порівнювали за допомогою коефіцієнта флористичної спільності Серенсена [2]. Аналіз таксономічної структури проведено з використанням методів порівняльної флористики [9]. Частоту трапляння водоростей визначали як відношення кількості озер, в яких знайдено даний вид, до загальної кількості досліджуваних водойм.

Результати досліджень та їх обговорення

В результаті проведеної роботи встановлено, що у товщі води заплавлених озер м. Києва мешкають водорості 269 видів, які представлені 278 внутрішньовидовими таксонами (в.в.т.). Вони належать до 9 відділів, 14 класів, 31 порядку, 52 родин та 108 родів (табл. 1).

Таблиця 1

Таксономічний спектр планктонних водоростей заплавлених озер м. Києва

Відділи	Класи	Порядки	Родини	Роди	<u>Види (в.в.т.)</u> %
Cyanoprokaryota	2	3	7	12	<u>44(45)</u> 16,4
Euglenophyta	1	1	1	4	<u>16</u> 5,9
Chrysophyta	1	2	4	7	<u>10</u> 3,7
Xanthophyta	1	1	1	3	<u>3</u> 1,1
Bacillariophyta	3	12	18	27	<u>60(63)</u> 22,3
Dinophyta	1	3	3	4	<u>12</u> 4,5
Cryptophyta	1	1	1	1	<u>4</u> 1,5
Chlorophyta	2	6	14	46	<u>105(110)</u> 39,0
Streptophyta	2	2	3	4	<u>15</u> 5,6
Всього:	14	31	52	108	<u>269(278)</u> 100

Основу видового багатства фітопланктону досліджених водойм складають Chlorophyta – 105 видів (110 в.в.т.) або 39,0% загальної кількості зареєстрованих таксонів видового рангу,

Bacillariophyta – 60 видів (63 в.в.т.) або 22,3% і Cyanoprokaryota – 44 види (45 в.в.т.) або 16,4%. Меншою є частка таких відділів як Euglenophyta (16 видів або 5,9%), Streptophyta (15 видів або 5,6%) та Dinophyta (12 видів або 4,5%). Інші відділи були представлені 3–8 видами, що становить 1,1–3,7%.

Серед зелених водоростей найбільш багатим у видовому відношенні є клас Chlorophyceae (71,4% загальної кількості представників зазначеного відділу), який включав порядки Sphaeropleales (59 видів (63 в.в.т.), Chlamydomonadales (9 видів), Volvocales (4 види), Chlorococcales (2 види) і Dunaliellales (1 вид).

Серед Bacillariophyta найбільшою кількістю видів представлений клас Bacillariophyceae (65,0% загального числа діатомей), основу якого склали порядки Cymbellales (12 видів (13 в.в.т.), Naviculales (9 видів) і Bacillariales (7 видів). При цьому частка представників класу Fragilariophyceae становила 21,7%, а класу Coscinodiscophyceae – 13,3%.

Видове багатство Cyanoprokaryota формувалося за рахунок представників класу Hormogoniophyceae (65,9%) і, зокрема, порядків Oscillatoriales (16 видів (17 в.в.т.) і Nostocales (13 видів). Клас Chroococcophyceae налічував 15 видів або 34,1% всіх зареєстрованих синьозелених водоростей.

Виявлені представники Euglenophyta належали до класу Euglenophyceae і порядку Euglenales. Основу видового багатства стрептофітових водоростей складав клас Zygnematorphyceae (93,3%) і порядок Desmidiaceae (14 видів). Відділ Dinophyta в заплавах озер представлений видами, що відносяться до класу Dinophyceae і, зокрема, до порядків Peridinales (9 видів), Gymnodiniales (2 види) і Gonyaulacales (1 вид).

До складу провідних родин фітопланктону досліджених озер належали Scenedesmaceae (29 видів (31 в.в.т.), Oscillatoriaceae (16(17), Euglenaceae (16), Oocystaceae (16), Chlorellaceae (14(15), Selenastraceae (14(15), Desmidiaceae (12), Fragilariaceae (10(12), Anabaenaceae (9) і Peridiniaceae (9 видів) (табл. 2). Видове багатство зазначених таксонів складало 54,3% від загальної кількості зареєстрованих видів.

Таблиця 2

Розподіл рангових місць між провідними родами та родами фітопланктону заплавах озер м. Києва

Родини	Місця	Роди	Місця
Scenedesmaceae	1	Desmodesmus	1
Oscillatoriaceae	2	Oscillatoria	2
Euglenaceae	3	Anabaena	3
Oocystaceae	4	Trachelomonas	4
Chlorellaceae	5	Cosmarium	5
Selenastraceae	6	Navicula	6
Desmidiaceae	7	Nitzschia	7
Fragilariaceae	8	Microcystis	8
Anabaenaceae	9	Monoraphidium	9
Peridiniaceae	10	Peridinium	10

Серед провідних родів водоростей, які мешкають у товщі води досліджених водних об'єктів, слід відзначити *Desmodesmus* (Chodat) An et al., (12 видів (14 в.в.т.), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (12 (13), *Anabaena* Bory ex Bornet et Flahaut (9), *Trachelomonas* Ehrenb. (9), *Cosmarium* Corda ex Ralfs (7), *Navicula* Bory (7), *Nitzschia* Hass. (7), *Microcystis* Kütz. ex Lemmerm. (6), *Monoraphidium* Komárk.-Legn. (6) і *Peridinium* Ehrenb. (6 видів) (див. табл. 2). В цілому частка видів, які належать до провідних родів, складала 30,3% від загальної кількості виявлених видів планктонних водоростей.

Видове багатство фітопланктону у кожному із досліджуваних водойм було різним. Так, найбільшу кількість видів планктонних водоростей зареєстровано в оз. Центральному та оз. Райдуга, а найменшу – в оз. Йорданському і оз. Тельбін (табл. 3).

Видове багатство фітопланктону заплавлених озер м. Києва

Відділи	Озера										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cyanoprokaryota	15	13	6	6	12(13)	1	17	7	14	11	11
Euglenophyta	4	3	3	2	6	6	6	4	3	6	8
Chrysophyta	1	–	1	–	–	2	2	3	3	–	2
Xanthophyta	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1
Bacillariophyta	5	9	16	9	11	12	10(11)	22	15	14	24
Dinophyta	1	3	3	1	8	2	3	5	4	2	4
Cryptophyta	1	–	2	–	–	1	2	–	3	–	–
Chlorophyta	41	28	34	23	35(37)	26	32(33)	13	18(19)	9	35
Streptophyta	8	5	1	1			12	3	2		6
Всього:	77	61	66	42	72(75)	50	85(87)	57	62(63)	42	91

Примітки. 1 – Алмазне, 2 – Вербне, 3 – Вирлиця, 4 – Йорданське, 5 – Лугове (Опечинь-5), 6 – Підбірна, 7 – Райдуга, 8 – Редьчине, 9 – Сонячне, 10 – Тельбін, 11 – Центральне; "–" – представники відділу не виявлені.

Аналіз якісного складу фітопланктону досліджуваних водних об'єктів засвідчив, що в усіх озерах, за виключенням оз. Тельбін і оз. Редьчине, він формується переважно завдяки представникам відділу Chlorophyta. При цьому їх частка у більшості водойм коливалася від 38,5% (оз. Центральне) до 54,8% (оз. Йорданське) і була мінімальною (29,0%) в оз. Сонячному.

Діатомові водорості формували основу видового багатства планктонних водоростей тільки в озерах Редьчине і Тельбін (38,6 і 33,3%), тоді як у Центральному, Вирлиці, Сонячному, Підбірні та Йорданському діатомеї за кількістю видів займали друге місце. При цьому їх частка складала, відповідно, 26,4, 24,3, 24,2, 24,0 і 21,4%. Варто також зазначити, що третю сходинку у вище згаданих водоймах, окрім оз. Підбірна, займали представники відділу Cyanoprokaryota. Щодо таких озер як Алмазне, Лугове і Вербне, то в цих водних об'єктах третє місце за кількістю видів планктонних водоростей належало відділу Bacillariophyta (відповідно, 6,5, 15,3 та 14,8%).

Вагомий внесок у формування якісного складу фітопланктону досліджуваних водних об'єктів належав також представникам Euglenophyta (до 14,3%) і Dinophyta (до 11,1%). У більшості озер водорості зазначених відділів займали за кількістю видів 4–5 місця. Найбільшою була частка евгленових водоростей у фітопланктоні оз. Редьчине (14,3%) і Підбірна (12,0%), де за кількістю видів їм належало третє місце.

Стрептофітові водорості зареєстровані майже в усіх озерах (виключення склали лише Підбірна, Лугове і Тельбін), проте їх внесок у формування видового багатства фітопланктону був суттєвим лише у оз. Райдуга, Алмазне і Вербне, відповідно, 14,1, 10,4 і 8,2%.

Кількість родин планктонних водоростей коливалася в досліджуваних водних об'єктах від 17 (оз. Тельбін) до 34 (оз. Центральне). Більшість із них (50,0–81,1%) були представлені 1–2 видами. Домінування маловидових родин було характерне для оз. Підбірна (81,0%) та оз. Вирлиця (79,3%).

У переважній більшості озер (Алмазне, Вербне, Вирлиця, Йорданське, Лугове, Підбірна, Центральне) перше місце серед провідних родин належало родині Scenedesmeaceae. В усіх озерах (за виключенням оз. Райдуга і оз. Тельбін) серед провідних зареєстрована родина Selenastraceae, рангове місце якої коливалася від 1-го до 4-го. В шести із досліджуваних озер друге і третє рангові місця належало родині Euglenaceae. В таких озерах як Тельбін, Лугове і Сонячне першу або другу сходинку серед провідних родин займала родина Oscillatoriaceae, а третє – Fragilariaceae. Варто також відзначити, що родині Desmidiaceae належало 1, 3 і 5 місця у фітопланктоні таких озер як Райдуга, Алмазне і Вербне.

Розрахунки коефіцієнта флористичної спільності (КФС) фітопланктону засвідчили, що досліджувані водойми досить суттєво відрізнялися за видовим складом планктонних водоростей (табл. 4). Значення КФС коливалися від 17,3 до 51,0%.

Коефіцієнти флористичної спільності фітопланктону заплавних озер м. Києва, %

Озера	Вербне	Вирлиця	Йорданське	Лугове	Підбірна	Райдуга	Редьчине	Сонячне	Тельбін	Центральне
Алмазне	33,3	39,2	42,0	36,2	31,5	50,0	26,9	23,0	28,6	39,3
Вербне		45,7	27,2	27,1	27,0	32,4	27,1	22,8	31,1	35,5
Вирлиця			38,9	43,5	50,0	35,2	35,8	31,3	29,4	51,0
Йорданське				43,9	37,0	31,0	24,2	17,3	38,1	31,6
Лугове					34,0	35,8	32,6	31,3	33,3	35,6
Підбірна						30,7	31,8	23,2	23,9	45,4
Райдуга							27,8	28,0	29,5	37,1
Редьчине								23,5	36,4	33,8
Сонячне									30,8	27,5
Тельбін										28,6

Варто зазначити, що найбільшою подібністю характеризувався фітопланктон оз. Вирлиця і оз. Центральне (КФС = 51,0%), оз. Вирлиця і оз. Підбірна (КФС = 50,0%), а також оз. Алмазне і оз. Райдуга (КФС = 50,0%). Це досягалося, насамперед, за рахунок подібності видового складу діатомових водоростей (КФС = 57,1%, КФС = 60,0% і КФС = 53,3%, відповідно).

Дещо нижчими значеннями КФС характеризувалися озера Вербне і Вирлиця (КФС = 45,7%), Підбірна і Центральне (КФС = 45,4%), Йорданське і Лугове (КФС = 43,9%), Вирлиця і Лугове (КФС = 43,5%), а також Алмазне і Йорданське (КФС = 42,0%). Подібність фітопланктону більшості із них була обумовлена схожістю видового складу зелених водоростей (КФС коливався від 49,3 до 60,0%), тоді як в озерах Алмазне і Райдуга найбільш подібним був якісний склад представників Cyanoprokaryota (КФС = 62,5%), а в озерах Йорданське і Лугове – представників Bacillariophyta (КФС = 60,0%).

Як видно із даних табл. 4, досить суттєво відрізнявся за видовим складом фітопланктон оз. Сонячного і таких озер як Йорданське (КФС = 17,3%), Підбірна (КФС = 23,2%) і Редьчине (КФС = 23,5%).

Аналіз видового складу фітопланктону також засвідчив, що серед 267 видів водоростей, знайдених у товщі води заплавних озер м. Києва, тільки три, а саме: *Trachelomonas volvocina* Ehrenb., *Synedra acus* Kütz. і *Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárk.-Legn. були виявлені в усіх досліджуваних водоймах.

Варто також зазначити, що досить висока частота трапляння (72,3–81,0%) характерна для таких видів як *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Trachelomonas intermedia* P.A. Dang., *Asterionella formosa* Hass., *Amphora ovalis* Kütz. (Kütz.), *Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg., *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komárk.-Legn., *Monoraphidium irregulare* (G. Sm.) Komárk.-Legn., *Coelastrum sphaericum* Nägeli, *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. і *Dictyosphaerium pulchellum* Wood. Більш, ніж в половині досліджуваних озер (частота трапляння 54,6–63,6%), були зареєстровані *Snowella lacustris* (Chodat) Komárk et Hindák, *Oscillatoria amphibia* J. Agardh ex Gomont, *Anabaena affinis* Lemmerm., *Anabaena flos-aquae* Bréb., *Aphanizomenon elenkinii* Kisselev, *Trachelomonas hispida* (Perty) F.F. Stein, *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenb., *Navicula capitatoradiata* Germ., *Peridinium aciculiferum* Lemmerm., *Peridiniopsis quadridens* (F. Stein.) Bourr., *Monoraphidium arcuatum* (Korschikov) Hindák, *Actinastrum hantzshii* Lagerh. і *Closterium gracile* Bréb.

Для фітопланктону усіх досліджуваних заплавних озер характерною є наявність так званого «комплексу специфічних видів», тобто водоростей, які мешкають тільки в даній водоймі. При цьому кількість видів, яка входила до його складу, коливалася від 2 (оз. Йорданське) до 25 (оз. Сонячне). Найменша частка зазначених видів притаманна таким озерам як Вирлиця, Підбірна і Йорданське (відповідно, 9,1, 8,0 і 4,8% від загальної кількості видів у

кожному із них), тоді як в оз. Сонячному і оз. Редьчине вище згаданий комплекс становив 40,3 і 35,1%, відповідно.

Важливо також зазначити, що основу видового складу «комплексу специфічних видів» в таких озерах як Вирлиця, Лугове, і Алмазне формували представники Chlorophyta (відповідно, 66,7, 64,7 і 61,5%). Дещо нижчою була частка зелених водоростей в оз. Райдуга (37,5%) і оз. Вербне (41,7%). Варто також відмітити, що роль представників Cyanoprokaryota при цьому була помітною в таких озерах як Йорданське (50,0%), Вербне (33,3%), Тельбін (33,3%) і Алмазне (30,8%).

Щодо діатомових водоростей, то їх частка у формуванні «комплексу специфічних видів» була вагомою у таких озерах як Редьчине, Підбірна, Центральне і Сонячне (відповідно, 70,0, 66,7, 43,8 і 32,0%), а в оз. Підбірна, Тельбін і Центральне помітним був і внесок евгленових водоростей (33,3, 16,7 і 12,5%, відповідно).

Висновки

Всього у товщі води заплавлених озер м. Києва виявлено 269 видів водоростей, представлених 278 внутрішньовидовими таксонами (включаючи ті, які містять номенклатурний тип виду). Планктонні водорості належать до 9 відділів, 14 класів, 31 порядку, 52 родин та 108 родів.

Основу видового багатства фітопланктону досліджених озер складають Chlorophyta (39,0% загальної кількості зареєстрованих видів), Bacillariophyta (22,3%) і Cyanoprokaryota (16,4%).

Провідними родинами серед планктонних водоростей були представлені: Scenedesmaceae, Oscillatoriaceae, Euglenaceae, Oocystaceae, Chlorellaceae Selenastraceae, Desmidiaceae, Fragilariaceae, Anabaenaceae і Peridiniaceae, а провідними родами були *Desmodesmus*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Trachelomonas*, *Cosmarium*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Microcystis*, *Monoraphidium* і *Peridinium*. Характерною рисою фітопланктону досліджених озер є значна кількість одновидових і двовидових родин і родів.

Розподіл видів водоростей по окремим водоймам виявився нерівномірним. Найбільшу кількість видів фітопланктону зареєстровано в оз. Центральному та Райдуга, а найменшу – в оз. Йорданському і Тельбін. Досить суттєво відрізнявся видовий склад фітопланктону оз. Сонячного та озер Йорданське, Підбірна і Редьчине, а найбільш подібним було видове багатство планктонних водоростей оз. Вирлиця та оз. Центрального, оз. Вирлиця і оз. Підбірна, а також оз. Алмазне і Райдуга. Виявлені відмінності таксономічного спектру фітопланктону заплавлених озер, ймовірно, обумовлені особливістю умов, в яких він формується, про що свідчить і наявність в кожному із досліджуваних водних об'єктів так званого «комплексу специфічних видів».

Отримані дані можуть бути покладені в основу обґрунтування засад збереження біорізноманіття в міських агломераціях, а також бути корисними при розробці рекомендацій щодо оптимізації екологічного стану водойм м. Києва.

1. *Афанасьев С.А.* Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов г. Киева / С.А. Афанасьев // Вестник экологии. – 1996. – № 1–2. – С. 112–118.
2. *Василевич В.И.* Статистические методы в геоботанике / В.И. Василевич. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
3. *Екологічний стан киевських водойм* / О.А. Афанасьєва, Т.С. Багацька, І.В. Небогаткін [та ін.]. – К.: Фітосоціоцентр, 2010. – 256 с.
4. *Київ як екологічна система: природа-людина-виробництво-екологія.* – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2003. – 259 с.
5. *Михан О.Н.* Оценка влияния рекреации на озеро Дривяты / О.Н. Михан, М.Ю. Калинин // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы III Междунар. науч. конф., (Нарочь, 17–22 сент. 2007 г.). – Минск: "Издательский центр БГУ", 2007. – С. 106–107.
6. *Семенюк Н.Є.* Фітопланктон різнотипних водойм м. Києва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.17 «Гідробіологія» / Н.Є. Семенюк. – Київ, 2007. – 21 с.
7. *Топачевский А.В.* Пресноводные водоросли Украинской ССР: учебное пособие // А.В. Топачевский, Н.П. Масюк. – Киев: Вища школа, 1984. – 334 с.

8. Царенко П.М. Водоросли некоторых водоемов рекреационной зоны г. Киева / П.М. Царенко, Г.Г. Лилицкая, О.В. Коваленко, О.В. Герасимова // Альгология. – 2006. – 16, № 4. – С. 479–488.
9. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 228 с.
10. Щербак В.И. Структурно-функціональна організація фітопланктону деяких різнотипних водойм м. Києва / В.И. Щербак // Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – С. 97–109.
11. Щербак В.И. Сравнительная характеристика фитопланктона водоемов различных районов г. Киева / В.И. Щербак, Н.Е. Семенюк // Гидробиологический журнал. – 2005. – Т. 41, № 2. – С. 29–36.
12. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, Rhodophyta / [ed. by Petro M. Tsarenko, Solomon P. Wasser, Eviatar Nevo]. – Ruggell; Gantner Verlag, 2006. – 713 p.
13. Bukhtiyarova L. Diatoms of Ukraine. Inland waters / L. Bukhtiyarova. –Kyiv, 1999. – 134 p.

П.Д. Клоченко¹, И.Ю. Иванова¹, Г.Г. Лилицкая²

¹Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

²Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев

ВИДОВОЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР г. КИЕВА

Обобщены многолетние оригинальные материалы и литературные данные о видовом составе фитопланктона 11-и пойменных озер г. Киева. Установлено, что в толще воды исследованных водоемов обитает 269 видов водорослей, представленных 278 внутривидовыми таксонами. Они принадлежат к 9 отделам, 14 классам, 31 порядку, 52 семействам и 108 родам. Основу видового богатства фитопланктона изученных водных объектов составляют представители Chlorophyta, Bacillariophyta и Cyanoprokaryota.

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический анализ, водоемы г. Киева

Klochenko P.D.¹, Ivanova I.Yu.¹, Lilitskaya G.G.²

¹Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

²M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

SPECIES COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON IN FLOODPLAIN LAKES OF KIEV

As a result of original investigations and generalization of literature data it has been found that 269 algae species represented by 278 infraspecific taxa occur in water column of floodplain lakes of Kiev. The identified algae belong to 9 divisions, 14 classes, 31 orders, 52 families, and 108 genera. Chlorophyta (105 species or 39.0% of the total number of species, Bacillariophyta (60 species or 22.3%), and Cyanoprokaryota (44 species or 16.4%) were represented by the largest number of species.

The leading families (54.3% of the total number of algae species) included Scenedesmaceae – 29 species, Oscillatoriaceae – 16, Euglenaceae – 16, Oocystaceae – 16, Chlorellaceae – 14, Selenastraceae – 14, Desmidiaceae – 12, Fragilariaceae – 10, Anabaenaceae – 9 and Peridiniaceae – 9 species. The leading genera (30.3% of the total number of species) were *Desmodesmus* – 12 species, *Oscillatoria* – 12, *Anabaena* – 9, *Trachelomonas* – 9, *Cosmarium* – 7, *Navicula* – 7, *Nitzschia* – 7, *Microcystis* – 6, *Monoraphidium* – 6 and *Peridinium* – 6 species.

The largest number of plankton algae species was found in the Tsentralnoye and Raduzhnoye lakes, whereas the lowest their number – in the Yordanskoye and Telbin lakes.

Key words: phytoplankton, taxonomic analysis, water bodies of Kiev

Рекомендує до друку

Надійшла 31.07.2012

В.В. Грубінко

UDC [577.352.4+577.128] 582.263

A.I. LUTSIV, V.V. GRUBINKO

Ternopil national pedagogical university named after Volodymyr Gnatyk
Kryvonosa Str.2, Ternopil city, 46027, Ukraine**ABSORPTION OF IONS Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} AND Pb^{2+} BY CELLS OF
CHLORELLA VULGARIS BEIJER.**

We investigated the absorption characteristics of Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} by unicellular green algae *Chlorella vulgaris* Beijer. The accumulation of metals ions is fluctuating. There are 4 stages: the stage of protective self-isolation of cells as a result of the primary stress response, the stage of the active accumulation (decrease in resistance and destruction of outer membrane), the stage of inhibition of the accumulation (formation of the secondary concentric membrane), and the stage of uncontrolled accumulation (destruction of secondary concentric membrane). Kinetic parameters of accumulation (K_m , V_{max} , E_a) show that the process of absorption of ions Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} goes according to mixed type of inhibition and is determined by the affinity of metal-binding proteins to ions, and after saturation of their binding sites the process becomes uncontrolled.

Key words: absorption, kinetic parameters, Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , *Chlorella vulgaris* Beijer.

Evolution of algae was in progress if in their habitat environment there were the ions of various metals, included in toxic concentrations. As a result, they formed mechanisms of toxin resistance that support their optimal level in cells. Ions of many metals in some concentrations are effective regulators of metabolism, which is an ecological factor in the regulation of their population [2, 10]. Unicellular algae of different taxonomic groups can accumulate microelements in concentrations that exceed their content in the water thousand times [7, 14]. However, excess of a certain level causes pathological changes of metabolism and their death [5].

The primary barrier for penetration of metal ions into the cells of algae is a cell membrane and plasmolemma [1]. The intensity of penetration of metal ions is determined by: their concentration in the environment, the interaction with membranes, and affinity of the components of cell membranes and intracellular components [4, 6]. It is believed that the penetration of metal ions into the cells is realized by diffusion and by using active transport [1]. Also it is shown [9] that the accumulation of heavy metals in aquatic organisms is a dynamic process that develops according to time gradient and is characterized by a certain intensity and specificity.

In this research we received the information about kinetic parameters of the penetration of ions Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} into the cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

Materials and methods

The object of the research was the unicellular green microalgae *Ch. vulgaris* Beijer., which was grown in the climate chamber with illumination at a temperature $20 \pm 1^\circ C$ and lighting 2500 lx, in glass flasks (250 dm^3) in the Fitzgerald mineral medium in modification by Zehnder and Gorham [12], that contained among other cations $0,058 \text{ mg/dm}^3 \text{ Mn}^{2+}$ and $0,023 \text{ mg/dm}^3 \text{ Zn}^{2+}$ but without Cu^{2+} and Pb^{2+} . We added aqueous solutions of $MnSO_4$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Pb(NO_3)_2$ at a rate per ion: Mn^{2+} – 0,1; 0,2; 0,5 mg/dm^3 ; Zn^{2+} – 1,0; 2,0; 5,0 mg/dm^3 ; Cu^{2+} – 0,001; 0,002; 0,005 mg/dm^3 , Pb^{2+} – 0,1; 0,2; 0,3 mg/dm^3 . The duration of the influence of metals on the algae was: 0,083; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 3; 6; 12; 24; 48; 72; 168 hours. The control cells were the cells which were grown in nutrient medium without the salts of toxic metals.

The penetration of ions into the cells of chlorella was stopped by 2,5 mM EDTA. After centrifugation of the suspension of algae (2 000 r/min.) the sediment was washed with solution of nutrient medium for cultivation, then it was burned in the nitrate acid [2]. The content of metals was determined by atomic absorption spectrophotometer Selmi C-115 M. The concentration of proteins in the cells of chlorella was determined by Lowry's method.

The values of Michaelis constant (K_m) and maximum speed of penetration of metal ions (V_{max}) into the cells of algae were calculated by the graphic method of double return values in the

Lineweaver – Burk coordinates and energy of activation (E_a) was determined by Arrenius's graphical method [13].

Results

As a result of research it was revealed the fluctuating character of the process of accumulation of the investigated metal ions by cells of *Ch. vulgaris* Beijer. in time and depending on the concentration.

The intensity of accumulation of Mn^{2+} by cells of algae under metal concentrations 0,2 and 0,5 mg/dm^3 is reduced during 30 min. (Fig. 1) and under ion concentration of 0,1 mg/dm^3 – at first it is increased (to 0,25 h.), and then also is decreased (to 0,75 h.). Later it is observed an active accumulation of metal ions (to 24 h.) under action of all investigated concentrations, what can be explained by a breach of resistibility of the cell membrane. After this the process is inhibited (to 48 h.). With increase of duration of the cultivation of chlorella with Mn^{2+} to 72 and 168 hours it is observed the restoration of ions accumulation during actions of 0,1; 0,5 and 0,2 mg/dm^3 respectively, with further decrease of intensity.

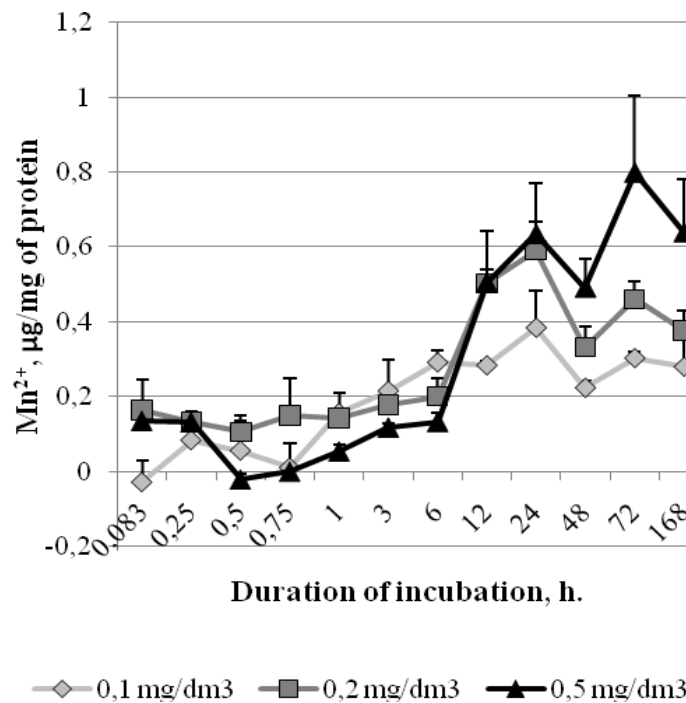


Fig. 1 The accumulation of Mn^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

This process is a subject to kinetic laws of Michaelis – Menten only during 0,083-0,5 h. and 12-168 h. (table 1). Thus, the values of V_{max} and K_m of the accumulation of Mn^{2+} are reduced by 22% and 82% respectively (during 0,25 h.), then increased by 3% and 38% (to 0,5 h.), later V_{max} is increased by 11% (from 12 to 24 h.), reduced by 17% (to 48 h.), and again increased by 30% (to 72 h.) and reduced by 12% (to 168 h.). K_m is decreased by 4% during 12-24 h., increased by 52% (to 72 h.) and reduced by 25% (to 168 h.). The activation energy of binding of Mn^{2+} is reduced by 77% (to 0,25 h.), increased by 36% (to 0,5 h.), reduced by 15% (from 12 to 24 h.), increased by 44% (to 72 h.) and again reduced by 14% (to 168 h.).

Table 1

Kinetic parameters of the accumulation of Mn^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

Kinetic parameters of accumulation of Mn^{2+}			
Duration of incubation, h.	V_{max} , $\mu\text{mol/h} \cdot \text{mg}$ of protein	K_m	E_a , $\cdot 10^{-3}$ kJ/ μmol
0,083	34,5	0,100	2,90
0,25	27,0	0,018	0,67
0,5	27,8	0,029	1,05
0,75	–	–	–
1	–	–	–
3	–	–	–
6	–	–	–
12	54,1	0,055	1,02
24	60,6	0,053	0,87
48	50,0	0,067	1,33
72	71,4	0,111	1,55
168	62,5	0,083	1,33

Footnote: "–" in the table 1, 3, 4 – the process isn't a subject to kinetic laws of Michaelis – Menten.

The accumulation of Zn^{2+} by the cells of *Ch. vulgaris* Beijer. is active (Fig. 2) (under action of 1 mg/dm^3 – to 0,5 h., under action of 2 and 5 mg/dm^3 – to 0,75 h.), which can be explained by their use in the active vital functions of algae; and it is changed by the oppression of the accumulation process (under action of 1 and 2 mg/dm^3 – to 3 h., under action of 5 mg/dm^3 – to 1 h.). Then accumulation of metal ions is activated (under action of 1 and 2 mg/dm^3 – to 168 h., under action of 5 mg/dm^3 – to 72 h.) with the following decrease of the absorption under concentration of 5 mg/dm^3 .

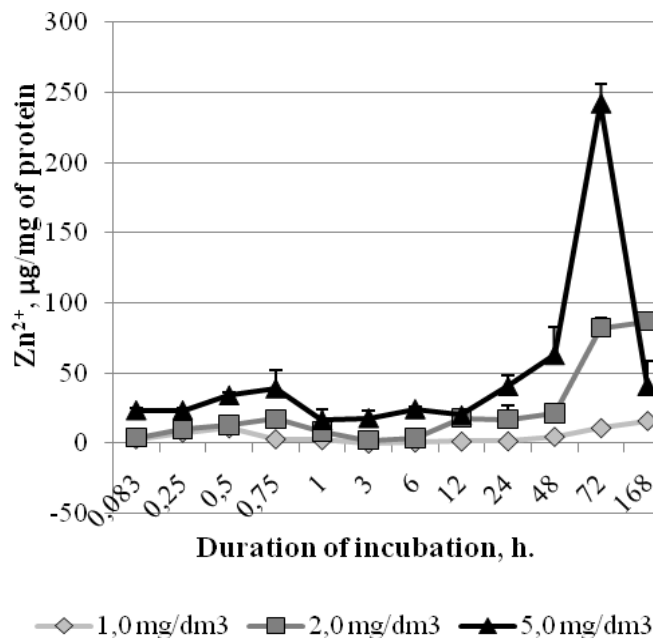


Fig. 2 The accumulation of Zn^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

The absorption of Zn^{2+} is characterized by such indicators (table 2): V_{max} accumulation of metal ions is increased by 28%, 60%, 38% and 76% during 0,083-0,5 h., 0,75-1 hours., 3-6 h. and 24-168 h. respectively, and is decreased by 28%, 75% and 50% during 0,5-0,75 h., 1-3 hours and 6-24 h. respectively, K_m is decreased by 63%, 50%, 62% and 63% during 0,083-0,25 h., 1-3 hours., 6-24 h. and 48-168 h. respectively, and increased by 89%, 25% and 25% during 0,25-1 h., 3-6 h. and 24-48 h. respectively. E_a of binding of Zn^{2+} changes: during the first 0,5 h. it is decreased by 65%, then (to 3

h.) increased by 88%, than (to 12 h.) again decreased by 44%, to 24 h. than increased by 10% and again decreased by 88% to 168 h.

Table 2

Kinetic parameters of the accumulation of Zn^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

Kinetic parameters of the accumulation of Zn^{2+}			
Duration of incubation, h.	V_{max} , $\mu\text{mol/h} \cdot \text{mg}$ of protein	K_M	E_a , $\cdot 10^{-3}$ kJ/ μmol
0,083	2000	5,9	2,6
0,25	2000	2,2	1,1
0,5	2778	2,5	0,9
0,75	2000	6,7	3,3
1	5000	20,0	4,0
3	1250	10,0	8,0
6	2000	13,3	6,6
12	1250	5,7	4,5
24	1000	5,0	5,0
48	2500	6,7	2,6
72	2941	4,3	1,5
168	4167	2,5	0,6

An active absorption of Cu^{2+} (Fig. 3) occurs during 0,75 and 1 h. during chlorella cultivation with 0,001 and 0,005 mg/dm^3 respectively. During action of 0,002 mg/dm^3 it is observed an inhibition of absorption of the ions (to 0,5 h.), which can be explained by self-isolation of cells from metal with following activation (to 0,75 h.). Later the intensity of accumulation of metal ions during action of the investigated concentrations is decreased (to 3 h.), then it is activated (12 h.), inhibited (to 24 h.), activated for the second time (to 72 h.) and inhibited (up to 168 h). In this case during the action of the investigated concentrations it is observed the accumulation of metal ions to 0,75 and 1 h. and it is changed to inhibition of absorption of ions to 3 h.

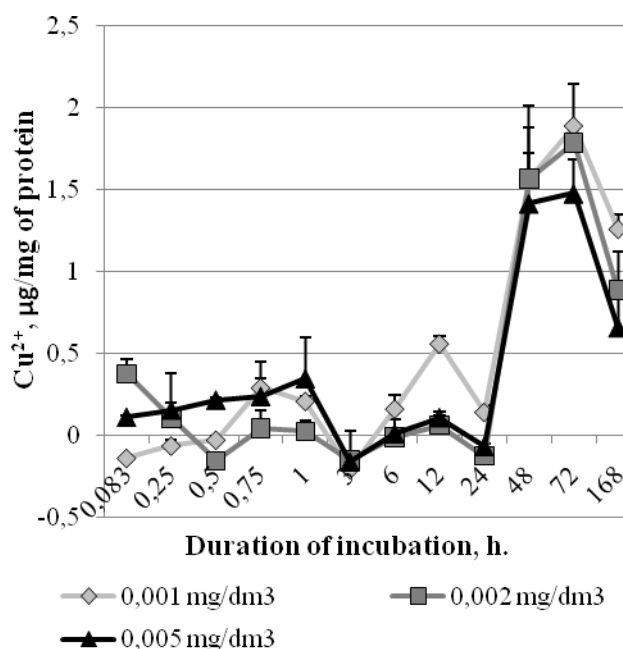


Fig. 3 The accumulation of Cu^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

For Cu^{2+} (table 3) value of V_{max} is increased by 20% (to 0,75 h.), decreased by 60% (to 3 h.), again increased by 42% (to 12 h.) and decreased by 23% (for 24 h.); values of K_m and E_a are reduced by 22% and 33%, 92% and 91%, 50% and 33% respectively during 0,083-0,5 h., 0,75-1 h., 3-6 h., and

increased by 50% and 45%, 50% and 67%, 80% and 73% respectively during 0,5-0,75 h., 1-3 hours., 6-24 h. The accumulation of metal ions during 48-168 h. is not a subject to laws of Michaelis – Menten.

Table 3

Kinetic parameters of the accumulation of Cu^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

Kinetic parameters of the accumulation of Cu^{2+}			
Duration of incubation, h.	V_{max} , $\mu\text{mol/h.} \cdot \text{mg}$ of protein	K_m	E_a , $\cdot 10^{-3}$ kJ/ μmol
0,083	50,0	0,0009	0,018
0,25	53,0	0,0007	0,013
0,5	55,5	0,0007	0,012
0,75	62,5	0,0014	0,022
1	48,78	0,0001	0,002
3	25,0	0,0002	0,006
6	37,0	0,0001	0,004
12	43,5	0,0003	0,006
24	33,3	0,0005	0,015
48	–	–	–
72	–	–	–
168	–	–	–

The accumulation of Pb^{2+} (Fig. 4) depends on the concentration: during action of $0,1 \text{ mg/dm}^3$ it is observed the decrease of the absorption of the ions of metal (to 0,25 h.), then increase (to 6 h.), decrease (to 24 h.), again increase (to 72 h.) and decrease (168 h.), during the action of $0,2 \text{ mg/dm}^3$ - initial accumulation (to 1 h.) is decreased (to 3 h.), then gradually increased (to 168 h.) during the action of $0,5 \text{ mg/dm}^3$ – the intensity of the absorption of metal ions is decreased (to 0,25 h.), then activated (6 h.), inhibited (to 12 h.), activated one more time (to 48 h.) and inhibited (to 168 h.).

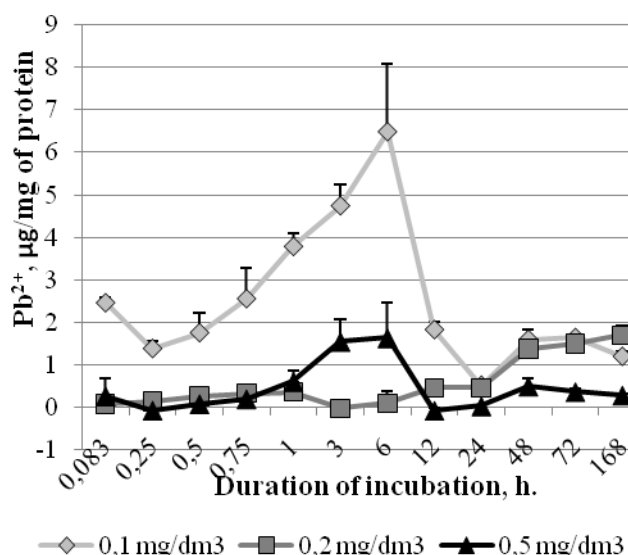


Fig. 4 The accumulation of Pb^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

The accumulation of Pb^{2+} is a subject to laws of Michaelis – Menten only during 0,083 h. and 1-6 h. (table 4).

Kinetic parameters of the accumulation of Pb^{2+} by cells of *Ch. vulgaris* Beijer.

Kinetic parameters of the accumulation of Pb^{2+}			
Duration of incubation, h.	V_{max} , $\mu\text{mol/h} \cdot \text{mg}$ of protein	K_m	E_a , $\cdot 10^{-3}$ kJ/ μmol
0,083	200	0,50	2,5
0,25	–	–	–
0,5	–	–	–
0,75	–	–	–
1	238	0,22	0,9
3	50	0,50	10,0
6	125	0,67	5,3
12	–	–	–
24	–	–	–
48	–	–	–
72	–	–	–
168	–	–	–

The value of V_{max} of the absorption of Pb^{2+} is decreased by 79% within 1-3 h. and increased by 60% to 6 h. K_m during this time is increased by 67% and E_a of binding of metal ions is increased by 91% within 1-3 h. and decreased by 47% to 6 h.

Discussion

The cells of *Ch. vulgaris* Beijer. actively accumulate Mn^{2+} to 24 h. of incubation, Zn^{2+} – to 0,5 h. (1,0 mg/dm^3) and to 0,75 h. (2 and 5 mg/dm^3), Cu^{2+} – to 0,75 h. (0,001 mg/dm^3) and to 1 h. (0,005 mg/dm^3), Pb^{2+} – to 1 h. (0,2 mg/dm^3) and to 6 h. (0,1 and 0,5 mg/dm^3), thus controlling the penetration of ions. Later accumulation is inhibited. The mechanism of accumulation of metal ions is fluctuating and has 4 stages: the stage of self-isolation (stress reaction) of cells, stage of the active accumulation, stage of the inhibition, stage of the second accumulation. The stage of the self-isolation is the response of the cellular organism to the action of stress factor, in our case the ions of metals. The best isolation function of the cells appears during the action of Mn^{2+} (0,2 and 0,5 mg/dm^3 – to 0,5 h.), Cu^{2+} (0,002 mg/dm^3 – to 0,5 h.), and Pb^{2+} (0,1 and 0,5 mg/dm^3 – to 0,25 h.). Decrease of resistance of the primary cellular membrane to the investigated concentrations of metal ions is characterized by the stage of active accumulation of Mn^{2+} (0,1 mg/dm^3 – from 0,75 to 24 h., 0,2 and 0,5 mg/dm^3 – from 0,5 to 24 h.), Zn^{2+} (1 mg/dm^3 – to 0,5 h., 2 and 5 mg/dm^3 – to 0,75 h.), Cu^{2+} (0,001 mg/dm^3 – to 0,75 h.; 0,002 mg/dm^3 – from 0,5 to 0,75 h.; 0,005 mg/dm^3 – to 1 h.), Pb^{2+} (0,1 and 0,5 mg/dm^3 – from 0,25 to 6 h.; 0,2 mg/dm^3 – to 1 h.), which is followed by the destruction of the primary membrane [6]. Later the cells of chlorella try to control the absorption of the ions at the stage of secondary inhibition. The observed fluctuating type of accumulation of the ions corresponds with our previously established structural and functional reconstructions of the cellular membrane during the action of metal ions, which consists in formation of double concentric membrane with changes in concentration and duration of action of metal ions [6, 10]. Also in the cells of *Ch. vulgaris* Beijer. during the action of metal ions there is a thickening of the membranes, which is observed on the first day of the action of Zn^{2+} and Pb^{2+} . The stage of the reactivation process of accumulation, that is observed during the actions of Mn^{2+} (0,1 and 0,5 mg/dm^3 – from 48 to 72 h.; 0,2 mg/dm^3 – from 48 h. to 168 h.), Zn^{2+} (1 and 2 mg/dm^3 – from 3 to 168 h., 5 mg/dm^3 – from 1 to 72 h.), Cu^{2+} (0,001; 0,002 and 0,005 mg/dm^3 – from 24 to 72 h.), Pb^{2+} (0,1 mg/dm^3 – 24 to 72 h.; 0,2 mg/dm^3 – from 3 to 168 h., 0,5 mg/dm^3 – from 12 to 48 h.), is characterized by destruction of the secondary concentric membrane [6].

Restructurings of the membranes during the action of metal ions are also consistent with violation of the functioning of the membranous ATP-ases [2], particularly Na^+ / K^+ ATP-ase, that participates in the regulation of ions [11]. Thus, Zn^{2+} do not practically impact on the membranous ATPases, except for high concentrations (5 mg/dm^3), because they have high permeability, mobility in the cell, and complexing ability [3]. Pb^{2+} inhibit the activity of ATPase [2], because they are characterized by high affinity to proteins and strong restraining of this metal within metallothioneins

[3]. A certain number of Cu^{2+} can bind with cellular membranes, and other ones make the complexes with low-molecular organic substances and proteins up to the saturation of their centers of binding [8]. The highest affinity to the proteins among investigated ions is Cu^{2+} , and the least – Zn^{2+} . Mn^{2+} supplant Ca^{2+} from cellular membranes [15], and therefore their accumulation is limited by duration of antyport.

The kinetic indicators conform to the regularity of absorption of metals. The increase of V_{max} accumulation of Mn^{2+} (0,25-0,5; 12-24; 48-72 h.), Zn^{2+} (0,083-0,5; 0,75-1; 3-6; 24-168 h.), Cu^{2+} (0,083-0,75, 12.03 h.), Pb^{2+} (3-6 h.) shows that metal ions are bound with molecules of the cellular walls of alga and molecules- carriers of membranes according to the noncompetitive type [13]. The absorption of ions is also characterized by the decrease of value of V_{max} : Mn^{2+} (0,083-0,25; 24-48; 72-168 h.), Zn^{2+} (0,5-0,75; 1-3; 6-24 h.), Cu^{2+} (0,75-3, 12-24 h.), Pb^{2+} (1-3 h.), that indicate the competitive inhibition.

The energy of the activation of binding of Mn^{2+} (0,25-0,5; 24-72 h.), Zn^{2+} (0,5-3; 12-24 h.), Cu^{2+} (0,5-0,75; 1-3 ; 6-24 h.), Pb^{2+} (1-3 h.) by surface membrane of algae and penetration through the membrane show that the process of accumulation of metals within this period is energy-dependent.

The absorption of metal ions goes according to mixed mechanism and is determined by the affinity of metal-binding components of membranes, formation of secondary concentric membrane and its resistance to metals, the duration of its structural and functional activities, and after loss of it and after saturation of the centers of binding of metal ions by cytoplasmic components – the process of accumulation becomes passive and uncontrolled.

Conclusions

Thus, accumulation of the ions of Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} by the cells of *Ch. vulgaris* Beijer. is fluctuating and is determined by the concentration of ions in the environment and duration of its action on the cells. There are 4 stages: the stage of protective self-isolation of cells as a result of the primary stress response, the stage of the active accumulation as a result of decrease in resistance and destruction of outer membrane, the stage of inhibition of the accumulation as a result of formation of the secondary concentric membrane [6]; the stage of uncontrolled accumulation as a result of destruction of the secondary concentric membrane. The absorption of Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} goes according to mixed type of inhibition and is determined by the affinity to the ions of the metal-binding components of the membranes and the cytoplasm.

1. Antonov V. F. Membrane transport / Antonov V. F. // Soros Educational Journal. – 1997. – № 6. – P. 6–14. (in Russian).
2. Bodnar O. I. Accumulation of heavy metals by blue-green water-plants / Bodnar O. I. // The scientific notes of Ternopil state pedagogical university named after V. Hnatyuk. Series Biology. – 2007. – №1 (31). – P. 109–113. (in Ukrainian).
3. Dmitrieva A. G. Physiology of plant organisms and the role of metals / Dmitrieva A. G., Kozhanova O. N., Dronina N. L. – Moscow, 2002. – 160 p. (in Russian).
4. Grubinko V. V. Features of adaptation of unicellular freshwater algae to the action of heavy metals / Grubinko V. V. // Advances in modern phycology: Book of abstracts of IV International conference (23-25 May 2012, Kyiv). – Kyiv, 2012. – P. 83–85. (in Russian).
5. Grubinko V. V. Metabolism of algae under effect of metal ions of aquatic environment (a review) / Grubinko V. V., Gorda A. I., Bodnar O. I., Klochenko P. D. // Hydrobiological Journal. – 2011. – 47, №4. – P. 80–95. (in Ukrainian).
6. Grubinko V. V. Structural changes in the cellular membranes of the aquatic plants under the impact of toxic substances / Grubinko V. V., Kostyuk K. V. // Hydrobiological Journal. – 2012. – 48, №2. – P. 77–96. (in Russian).
7. Jain S. K. Taking off some heavy metals from the pollution water helping of water plant: experiences with *Azolla* / Jain S. K., Vasudevan P., Jha N. K. // Biol. Wastes. – 1989. – Vol. 28, №2. – P.115–126.
8. Kabata-Pendias A. Microelements in soils and plants / Kabata-Pendias A., Pendias H. – Moscow : Myr, 1989. – 439 p. (in Russian).
9. Khomenchuk V. O. Influence of some factors of water environment on the accumulation of heavy metals in an organism of carp / Khomenchuk V. O., Kurant V. Z., Konovets I. M., Arsan V. O., Grubinko V. V. // Reports of National Academy of Sciences of Ukraine. – 2000. – №5. – P. 97–100. (in Ukrainian).

10. *Kostyuk K. V.* Structural and functional response of water plant cells to the action of toxicants : abstract of dissertation for the degree of candidate of biological sciences in the speciality 03.00.17 «Hydrobiology». – Kyiv, 2011. – 25 p. (in Ukrainian).
11. *Lionetto M. G.* Inhibition of eel enzymatic activities by cadmium / Lionetto M. G., Giordano M. E., Vilella S., Schettino T. // *Aquat. Toxicol.* – 2000. – Vol. 48, №4. – P. 561–571.
12. *Methods of physiological and biochemical studies of algae in hydrobiological practice* / Ed. by Topachevsky A.V. – Kyiv : Naukova dumka, 1975. – 247 p. (in Russian).
13. *Varfolomeev S. D.* Biokinetics: practical course / Varfolomeev S. D., Gurevich K. G. – Moscow : FAIR-PRESS, 1999. – 720 p. (in Russian).
14. *Whinston A. I.* Removal of metals from wastewater by marine microalgae / Whinston A. I., McAuley P. J., Smith V. J. // *J. Exp. Bot.* – 1995. – Vol. 46, №1. – P. 1–3.
15. *Zolotuhina E. J.* The binding of copper, cadmium, iron, zinc and manganese in the proteins of aquatic macrophytes / Zolotuhina E. J., Gavrylenko E. E. // *Plant Physiology.* – 1990. – №4. – P. 651–658. (in Russian).

А.І. Луців, В.В. Грубінко

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} і Pb^{2+} КЛІТИНАМИ *CHLORELLA VULGARIS* Beijer
 Досліджували особливості поглинання Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} і Pb^{2+} одноклітинною зеленою водорістю *Chlorella vulgaris* Beijer. Накопичення іонів металів є флуктуаційним. Можна виділити 4 його етапи: етап захисної самоізоляції клітин як результат первинної стрес-реакції, етап активного накопичення (зниження опірності і руйнування зовнішньої мембрани), етап пригнічення накопичення (утворенням вторинної концентричної мембрани), етап неконтрольованого накопичення (руйнування вторинної концентричної мембрани). Кінетичні показники накопичення (K_m , V_{max} , E_{act}) свідчать про те, що процес поглинання іонів Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} і Pb^{2+} відбувається за змішаним типом інгібування та визначається спорідненістю до іонів метал-зв'язуючих білків, після насичення їх сайтів зв'язування процес стає неконтрольованим.

Ключові слова: Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} і Pb^{2+} , накопичення, кінетика, *Chlorella vulgaris* Beijer.

А.И. Луцив, В.В. Грубинко

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка

НАКОПЛЕНИЕ ИОНОВ Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} КЛЕТКАМИ *CHLORELLA VULGARIS* Beijer
 Исследовали особенности накопления Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} одноклеточной зеленой водорослью *Chlorella vulgaris* Beijer. Накопление ионов металлов является флуктуационным. Можно выделить 4 его этапы: этап защитной самоизоляции клеток как результат первичной реакции стресса, этап активного накопления (снижение сопротивляемости и разрушение внешней мембраны), этап уменьшения накопления (образованием вторичной концентрической мембраны), этап неконтролируемого накопления (разрушение вторичной концентрической мембраны). Кинетические показатели накопления (K_m , V_{max} , E_{act}) свидетельствуют о том, что процесс поглощения ионов Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} происходит по смешанному типу ингибирования и определяется сродством к ионам металл-связывающих белков, после насыщения их сайтов связывания процесс становится неконтролируемым.

Ключевые слова: Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} , накопление, кинетика, *Chlorella vulgaris* Beijer.

Рекомендує до друку

Надійшла 7.08.2012

В.З. Курант

УДК 577.352.4: 612.111: 661.84 (597.551.2)

Ю.І. СЕНИК, Б.З. ЛЯВРІН, Ю.В. СИНЮК, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

ТРАНСПОРТ ЙОНІВ ЦИНКУ ТА КАДМІЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНИ ЕРИТРОЦИТІВ РИБ

Досліджено транспорт йонів цинку та кадмію через мембрани еритроцитів коропа, адаптованого до підвищених концентрацій цих металів. Встановлено, що поглинання йонів металів еритроцитами риб є регульованим та дозозалежним процесом. Проникнення йонів металів через клітинну мембрану досліджуваних гідробіонтів здійснюється за допомогою щонайменше двох типів транспорту: високоафінного та низькоафінного.

Ключові слова: коропа, еритроцити, транспорт, цинк, кадмії

Характерною особливістю металів є те, що вони не руйнуються в природних умовах, а лише змінюють форму знаходження, поступово накопичуючись в різних компонентах екосистеми. У зв'язку з посиленням антропогенного впливу на природні водні системи особливого значення набуває вивчення впливу йонів металів на метаболічні процеси у гідробіонтів [4]. Роль металів двоюка: з одного боку, вони необхідні для нормального проходження фізіолого-біохімічних процесів, а з іншої - токсичні за підвищених концентрацій [5].

Разом з тим, механізми транспорту металів через біологічні мембрани, особливості їх виведення з організму гідробіонтів, енергетичне забезпечення цих процесів характеризуються складною регуляцією і потребує детальнішого вивчення. Гематологічні показники риб є дуже важливими і інформативними при оцінці стану, як конкретної особини, так і популяції в цілому [9]. Параметри крові прісноводних риб диких популяцій (не трансформованих діяльністю людини) надалі можна використовувати як еталонні норми при оцінці стану інших популяцій. Окрім того, значний інтерес представляє вивчення закономірностей аклімації гідробіонтів до впливу йонів металів, формування толерантності організму гідробіонтів до цих токсикантів та ролі окремих тканин при цьому.

Тому метою роботи стало дослідження транспорту йонів цинку та кадмію через мембрани еритроцитів коропа.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на дворічках коропа (*Cyprinus caprio L.*) з середньою масою 300-350 г. Риб утримували в акваріумах об'ємом 200 л з відстояною водопровідною водою (вміст O_2 складав $7,5 \pm 0,5$ мг/дм³; CO_2 – $2,5 \pm 0,3$ мг/дм³; рН – $7,8 \pm 0,1$). Риб адаптували до дії $0,05$ і $0,2$ мг/дм³ йонів Zn^{2+} та $0,005$ і $0,02$ мг/дм³ йонів Cd^{2+} , що відповідали їх $0,5$ та $2,0$ рибогосподарським ГДК [1]. Необхідні концентрації йонів металів у воді створювали внесенням солей $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ та $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ кваліфікації "х.ч.". Період аклімації риб становив 14 діб, що є достатнім для формування фізіолого-біохімічної відповіді на дію стресчинника [3].

Після зазначеного терміну у риб голкою з серця відбирали кров. Для запобігання згортання крові до 10 її об'ємів додавали 1 об'єм 0,001 % розчину гепарину. Для отримання еритроцитарної фракції цільну гепаринізовану кров центрифугували 5-10 хвилин при 1000 g. Надосадову рідину видаляли, а еритроцити з осаду два рази промивали трьохкратним об'ємом фізіологічного розчину шляхом центрифугування. Білий шар лейкоцитів над еритроцитами обережно збирали за допомогою тонкої піпетки. Всі процедури проводити при $+4$ °С.

Після цього *in vitro* вивчали концентраційну (0,1, 0,5, 1, 2, 3 та 5 мг/л) залежність проникнення йонів цинку та кадмію в еритроцитах аклімованих та неаклімованих риб. Йони металів вносили у вигляді розчину солей $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ та $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ кваліфікації "х.ч.". Як інкубаційне середовище використано розчин Рінгера для холоднокровних ($NaCl$ - 129,6 мМ, $CaCl_2$ - 1,8 мМ, $NaHCO_3$ - 2,5 мМ, KCl - 2,7 мМ). Співвідношення об'єму крові до об'єму

досліджуваного розчину становило 1:10. Інкубацію (30 хв) здійснювали при температурі 18⁰С в розчині, що був насичений атмосферним киснем. Реакцію зупиняли додаванням 0,5 мл 0,01 М розчину ЕДТА, після чого еритроцити промивали 3 рази чистим фізіологічним розчином. Рівень накопичення металів визначали як різницю між вмістом металів в контрольній (без додавання іонів токсиканту) та дослідних групах та виражали в мкг/г вологої маси. Для визначення вмісту кадмію та цинку в еритроцитах останні спалювали в перегнаній азотній кислоті у співвідношенні 1:5 (маса: об'єм). Вміст металів визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115.

Всі одержані дані оброблено статистично з використанням t-критерію Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Як показали результати досліджень, поглинання йонів цинку у контрольних груп риб носить відмінний характер порівняно з йонами кадмію (рис. 1.). Відмічено значно більшу кількість сорбованого цинку. Слід також відмітити різний тип кінетичних кривих проникнення йонів металів через мембрани еритроцитів.

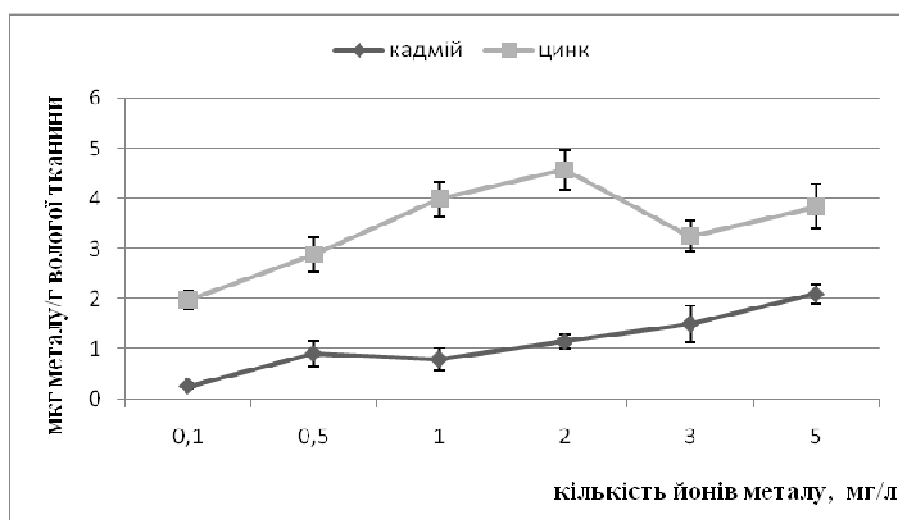


Рис. 1. Поглинання йонів кадмію та цинку еритроцитами коропа контрольної групи

При цьому, можна припустити існування двох механізмів надходження йонів металів через клітинну мембрану. При низьких концентраціях (0,1 - 2 мг/л для Zn^{2+} та 0,1 – 0,5 мг/л для Cd^{2+}) токсикантів в середовищі, очевидно, має місце реалізація регульованого мембраною високоспорідненого транспорту досліджуваних йонів металів, на що вказує ефект насичення.

При подальшому підвищенні концентрації Zn^{2+} (>2 мг/л) та Cd^{2+} (>0,5 мг/л) в середовищі інкубації, надходження йонів цинку та кадмію через мембрану еритроцитів, швидше за все, здійснюється шляхом дифузії або через йонні канали, про що свідчить лінійне зростання кількості сорбованих металів. Відомо, що йони металів взаємодіють з Ca^{2+} -рецепторами фосфатидилінозитидної сигнальної системи, внаслідок чого відкриваються Ca^{2+} -канали, ініціюється вільнорадикальне окиснення під їх впливом та зростає потік токсикантів всередину клітини [8].

Якщо проаналізувати проникнення йонів цинку в адаптованих групах риб, то також можна відмітити подібний їх профіль як за дії допорогової, так і сублетальної концентрації. Разом з тим характер кривої поглинання йонів цинку еритроцитами риб аклімованих до дії 0,5 ГДК Zn^{2+} схожий до такого в неаклімованих риб. За адаптації риб до дії сублетальних концентрацій йонів металу їх резистентність до дії токсиканта значною мірою зростає, порівняно із групою риб адаптованих до дії допорогових концентрацій, про що свідчить зменшення кількості сорбованого металу.

При вивченні кінетики поглинання йонів цинку в риб, аклімованих до 0,5 ГДК йонів металу в діапазоні 0,1-1 мг/л йонів металу, має місце значне зростання кількості сорбованого

металу, після чого його вміст дещо зменшується за концентрації 2 мг/л з подальшим незначним лінійним зростанням кількості металу до 5 мг/л йонів Zn^{2+} в середовищі (рис. 2.).

Таку закономірність кінетики поглинання йонів цинку, ймовірно, можна пояснювати насиченням поверхні еритроцитів, після чого процес накопичення починає лімітуватися іншими факторами, такими як проникнення металу через мембранні структури, швидкістю екскреції. Тобто, при певній концентрації металу в організмі, настає динамічна рівновага між надходженням та виведенням металу. При зростанні кількості Zn^{2+} у інкубаційному середовищі вище 2 мг/л спостерігається лінійна залежність концентрація токсиканту – кількість сорбованого металу, що вказує на проникнення йонів цинку через йонні канали мембрани еритроцитів.

У риб, адаптованих до дії 2 ГДК йонів цинку кількість поглинутого металу є нижчою порівняно з рибами аклімованими до дії допорогових концентрацій (рис. 2.). Сорбція йонів цинку через мембрану еритроцитів аклімованих риб до дії сублетальних кількостей токсиканту у інтервалі концентрацій йонів металу 0,1 – 1 мг/л носить лінійний характер та, очевидно, проходить за допомогою регульованого високоспорідненого транспорту.

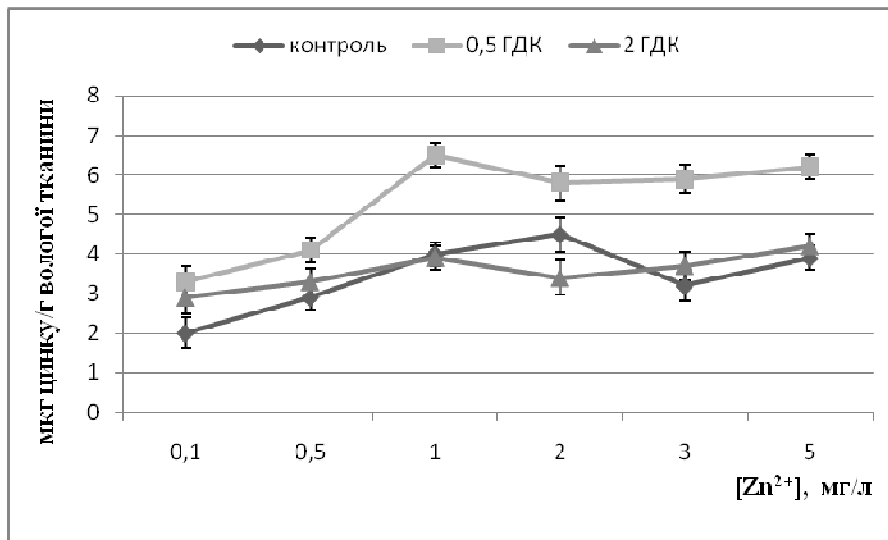


Рис. 2. Вплив аклімації до дії підвищених концентрацій йонів цинку на їх поглинання еритроцитами коропа

При концентрації Zn^{2+} близько 1 мг/л відмічається насичення мембрани еритроцитів з подальшим зменшенням кількості поглинутого металу при концентрації 2 мг/л. У інтервалі концентрацій 2-5 мг/л спостерігається лінійне зростання кількості сорбованого металу у еритроцитах, що вказує на нерегульоване надходження йонів цинку за градієнтом концентрації.

Зменшення кількості накопиченого металу в еритроцитах риб адаптованих до дії 2 ГДК токсиканту, порівняно з показниками риб аклімованих до дії допорогової концентрації, очевидно, є наслідком ущільнення мембрани еритроцитів коропа та значної модуляції її функціональної активності [2].

Отримані дані щодо накопичення йонів кадмію в еритроцитах риб показують, що аклімовані до дії допорогових концентрацій токсиканту риби сорбують більшу його кількість порівняно з контрольною групою, але при цьому спостерігаються різні механізми їх надходження через біомембрану (рис. 3.).

За зростання концентрації йонів Cd^{2+} більше 2 мг/л спостерігається зменшення кількості сорбованого металу еритроцитами риб дослідної групи. Це можна пояснити з однієї сторони інгібуванням мембранних переносників, можливо, за рахунок зв'язування металу з їх $-SH$ групами, адже відомо, що кадмій відноситься до групи, так званих «тіолових отрут» [6], а з іншої – зростанням резистентності мембранних структур та ізолюючої здатності мембрани щодо йонів кадмію.

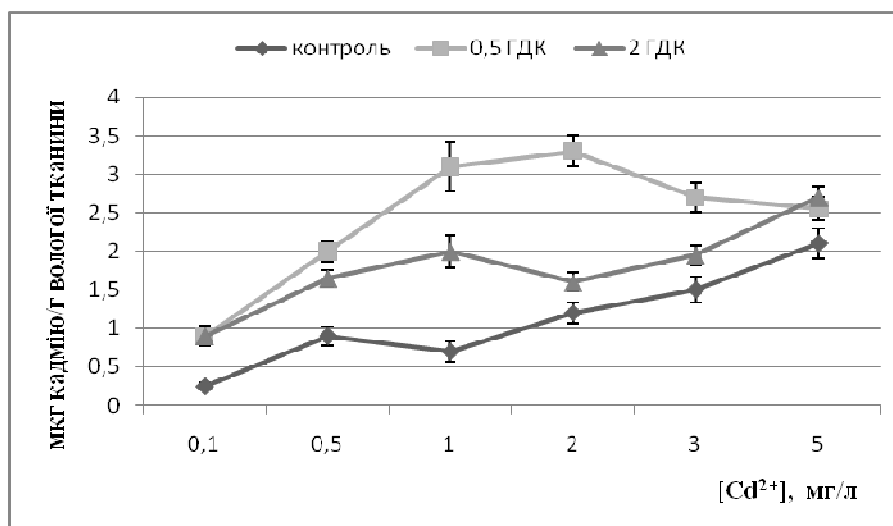


Рис. 3. Вплив аклімації до дії підвищених концентрацій йонів кадмію на їх поглинання еритроцитами коропа

У риб, аклімованих за 2 ГДК йонів кадмію кількість поглинутого металу є нижчою порівняно з рибами адаптованими до дії допорогових концентрацій токсиканту, але вищою порівняно з контрольною групою риб (рис. 3.).

Відмічено лінійний характер накопичення йонів токсиканта з максимумом при 1 та 5 мг/л і мінімумом при концентрації 2 мг/л. У інтервалі концентрацій 0,1-1 мг/л Cd²⁺ спостерігається регульований високоафінний транспорт йонів металу через мембрану еритроцитів. При зростанні концентрації токсиканту вище 2 мг/л відмічається лінійна залежність між концентрацією токсиканту у воді та його кумульованою кількістю у еритроцитах.

Очевидно, сублетальні концентрації Cd²⁺ призводять до значних змін як її ліпідного, так і білкового компонентів мембран еритроцитів. Тому, такий характер кінетики проникнення йонів токсиканту в аклімованих до 2 ГДК риб є результатом значних порушень цілісності мембрани еритроцитів, і, як наслідок, організм не в змозі регулювати та обмежувати надходження йонів кадмію, що і є наслідком нерівномірного його поглинання.

Отже, в загальному слід відмітити, що проникнення йонів металів через еритроцитарну мембрану здійснюється щонайменше двома типами переносників – високо- та низькоафінними, залежно від концентрації йонів Cd²⁺ та Zn²⁺ в середовищі. В роботі [7] було показано, що на відміну від кадмію для біогенних металів, і зокрема для цинку, рівень регуляції їх вмісту в організмі гідробіонтів значно вищий.

Висновки

1. Поглинання йонів кадмію та цинку еритроцитами коропа є регульованим та концентраційнозалежним процесом. Адаптація риб до дії йонів цих металів значною мірою модулює їх проникнення через мембрану червоних кров'яних тілець.
2. Відмічено збільшення кількості поглинутого кадмію еритроцитами коропа, адаптованого до підвищених концентрацій йонів металу, що, очевидно, є наслідком порушення цілісності мембрани за дії Cd²⁺.

1. Беспмятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г.П. Беспмятнов, Ю.А. Кротов – Л.: Химия, 1985. – 304 с.
2. Патин С.А. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах / С.А. Патин, Н.П. Морозов – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 152 с.
3. Сим Э. Биохимия мембран / Э. Сим – М.: Мир, 1985. – 110 с.
4. Хочачка П. Биохимическая акклимация/ П. Хочачка, Дж. Сомеро – М.: Мир, 1988. – 568 с.
5. Crist R.H. Interactions of metals and protons with algae /R.H. Crist, K. Oberholser, D. Schwartz// Environ. Sci. Technol., 1988. – Vol. 22. – P. 755–760.
6. Foulkes E.C. Metallothionein and glutathione as determinants of cellular retention and extrusion of cadmium and mercury /E.C. Foulkes// Life Sci., 1993. – Vol. 52. – P.1617–1620.

7. *Linder M.C.* Biochemistry of Copper /M.C. Linder – N. Y.: Plenum Press, 1991. – P. 161–184.
8. *McGeer J.C.* Effects of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in rainbow trout. 1: Iono-regulatory disturbance and metabolic costs /J.C. McGeer, C. Szebedinszky, D.G. McDonald// *Aquat. Toxicol.*, 2000. - Vol. 50, № 3. - P. 231–243.
9. *Protasowcki M.* Biochumulacja Cd, Pb, Cu, Zn w karpin – *Cyprinus carpio* L. W zaleznosci od stezeja w wodie i czasu ekspozycji /M. Protasowcki, A. Chodynieski// *Lesz. Nauk. Rub. Mor. I Technol. Zum. AR Szozecinie.*, 1988. – Vol. 17. – P. 69–84.

Ю.И. Сенюк, Б.З. Ляврин, Ю.В. Синюк, В.А. Хоменчук, В.З. Курант

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка

ТРАНСПОРТ ИОНОВ ЦИНКА И КАДМИЯ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНЫ ЕРИТРОЦИТОВ РИБ

Исследовано транспорт ионов цинка и кадмия через мембраны эритроцитов карпа, адаптированного к действию повышенных концентраций этих металлов. Установлено, что поглощение ионов металлов эритроцитами является регулируемым и дозозависимым процессом. Проникновение ионов металлов через клеточную мембрану исследуемых гидробионтов осуществляется с помощью не менее двух типов транспорта: высокоаффинного и низькоаффинного.

Ключевые слова: карп, эритроциты, транспорт, цинк, кадмий

Yu.I. Senyuk, B.Z. Lyavrin, Yu.V. Synyuk V.A., Khomenchuk, V.Z. Kurant

Volodimir Hnatiuk Ternopil National Pedagogical university, Ukraine

TRANSPORT OF ZINC AND CADMIUM IONS THROUGH THE ERYTHROCYTE MEMBRANE OF FISH

Researched the transport of zinc and cadmium ions through the erythrocyte membrane of carp adapted to the elevated concentrations of those metals. Found that the uptake of metal ions by erythrocytes is regulated and dose-dependent process. The penetration of metal ions through the cell membrane of studied fish performs by two types of transport: a high affinity and low affinity.

Key words: carp, erythrocyte, transport, zinc, cadmium

Рекомендує до друку

Надійшла 24.08.2012

В.В. Грубінко

ЕКОЛОГІЯ

УДК 58.032.3

Ю. А. БОБРОВНИЦЬКИЙ

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна

РЕАКЦІЇ ПРОРОСТКІВ *ARABIDOPSIS THALIANA* L. НА ПОМІРНИЙ ВОДНИЙ ДЕФІЦИТ НА КЛІТИННОМУ ТА МОЛЕКУЛЯРНОМУ РІВНЯХ

Наведено дані досліджень реакції проростків арабідопсиса на помірний водний дефіцит на клітинному та молекулярному рівнях. Проростки вивчали за такими показниками: сира маса проростків, швидкість росту головного кореня, наявність та кількість розгалужених кореневих волосків, кількість клітин у стані поділу в апікальній меристемі головного кореня, довжина епідермальних клітин у зоні кореневих волосків, вміст проліну, експресія генів, чутливих до посухи. Дослідження показало, що помірний водний дефіцит рослини реагують зростанням експресії АБК-чутливих генів *RD29A* та *AtP5CS*, ключового фермента синтезу проліну, а також підвищенням вмісту проліну. Зміни викликали пригнічення приросту кореня та зниження маси рослин. Встановлено, що пригнічення приросту кореня відбувалося внаслідок зниження кількості клітин, що діляться, в апікальній меристемі.

Ключові слова: *Arabidopsis thaliana*, водний дефіцит, ріст кореня, розгалужені кореневі волоски, експресія генів

Як відомо, на ріст рослин впливають різноманітні несприятливі абіотичні фактори, в першу чергу такі, як посуха, високий рівень засолення ґрунту та низькі температури. Абіотичні стреси істотно обмежують розвиток рослин та формування врожаю [44, 33, 4, 27, 36]. Посуха є найбільш вагомим фактором втрати врожаю внаслідок інгібування процесу фотосинтезу та росту рослин [33]. Відомо, що вода - критичний зовнішній чинник, який визначає розвиток та поширення рослин [4].

Незважаючи на те, що в літературі широко представлені методи, які дозволяють імітувати умови природного водного стресу, відомо лише декілька спроб створити умови тривалого водного стресу для проростків *A. thaliana*, які вирощуються у стерильному агаризованому середовищі [40]. На наш погляд, у переважній більшості робіт створюються занадто жорсткі умови водного дефіциту, які полягають у простому висушуванні рослин арабідопсиса [36]. Вік рослин у цих експериментах складав 3 тижні, а висушування вийнятих з ростового субстрату рослин відбувалося на відкритому повітрі при розсіяному світлі і температурі 22°C. Внаслідок того, що більш-менш тривале перебування рослин з відкритою кореневою системою призводить до їх швидкого висихання та загибелі, тривалість дослідів в цих роботах не перевищувала однієї доби [36]. З цієї причини, нами було запропоновано новий метод імітації природного водного дефіциту, при якому відбувається висушування агаризованого середовища в процесі росту рослин на ньому протягом 5 діб. Наш метод дає можливість спостерігати реакції кореневої системи на певних етапах росту проростків. Слід

відмітити також наявність лише незначної кількості робіт, де проводили вимірювання ростових показників *A. thaliana*, який вирощували в умовах водного дефіциту [45, 44].

Механізм реакції вищих рослин на водний стрес на молекулярному рівні аналізують шляхом вивчення на транскрипційному рівні експресії генів, що реагують на водний стрес [10]. На даний момент залишається не до кінця з'ясованим питання, які гени індуються водним дефіцитом в умовах, близьких до природних, оскільки в переважній більшості робіт з вивчення генної експресії імітуються умови гострого водного дефіциту. Ця проблема набуває актуальності у зв'язку із зростанням кількості трансгенних культурних рослин.

Тому метою цієї роботи було з'ясувати на клітинному та молекулярному рівнях вплив фактора зневоднення на проростки *Arabidopsis thaliana* L.

Матеріал і методи досліджень

У роботі використовували проростки *A. thaliana* екотипу Колумбія. Насіння висівали у повне середовище Мурасіге та Скуга (МС), збагачене сахарозою (4.5 %); вміст агару у середовищі складав 1 %. На 6 день після висіву проростки із повністю розкритими сім'ядолями пересаджували на розведене чотирикратно середовище МС і вирощували в стаціонарних умовах (температурі 22°C, 16-годинному світловому дні, та рівні освітлення 80 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) протягом 5 діб. Така тривалість досліду виявилася оптимальною для спостереження за розвитком кореневої системи рослин.

Вирощування проростків проводили у чашках Петрі (12x12 см), заповнених агаризованим середовищем об'ємом 80 мл. Для створення умов пролонгованого дефіциту вологи у субстраті чашки Петрі закривали замість стандартних пластикових кришок спеціальною целофановою плівкою, яка є проникною для водяної пари. Середовище заливали в чашку Петрі під кутом 0,72°, що створювало чіткий градієнт висихання у напрямку зверху вниз. У контролі чашки Петрі, як звичайно, закривали пластиковими кришками, що виключало висихання субстрату. Схема чашки з проростками показана на рис. 1.

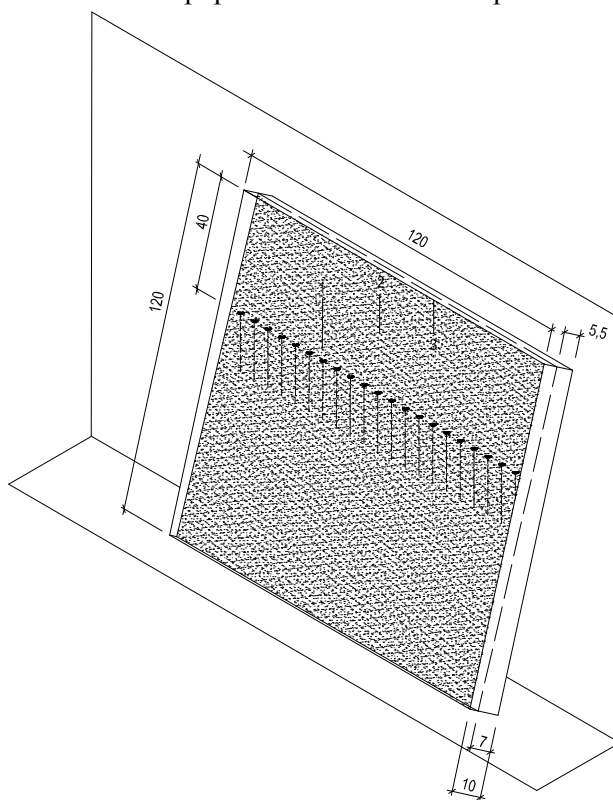


Рис. 1. Чашка Петрі, призначена для імітації водного стресу. 1- проростки *A. thaliana*; 2- агаризоване середовище; 3- чашка Петрі

Вміст вологи в субстраті визначали методом висушування зразків субстрату, відібраних на рівні 10 см від верху чашки Петрі протягом 2 діб у сушильній шафі при + 80°C. Для

розрахунку вмісту вологи зразки субстрату зважували перед висушуванням та після нього. Дослід був виконаний у 3 біологічних та 3 статистичних повторностях.

Визначення водного потенціалу (ВП) листків проводили рефрактометричним методом [2]. Дослід був виконаний у 6 біологічних та 3 статистичних повторностях.

Дослід з визначення добового приросту головного кореня був виконаний в 3 біологічних повторностях, у кожній повторності було виміряно довжину 15 корінців (1 чашка Петрі).

Дослідження мітотичної активності меристеми головного кореня проводили на інтактних проростках маркерної лінії *SusB1;1:CDB:GUS*. Забарвлені клітини меристеми спостерігали за допомогою мікроскопа Zeiss Stemi SV 6 при збільшенні 10x4,8 [7]. Дослід було проведено в 5 біологічних повторностях. Кожна повторність складала 4-6 рослин.

Вимірювання довжини епідермальних клітин проводили в зоні кореневих волосків на відстані 2 мм від кінчика. При цьому використовували мікроскоп Zeiss Axiovert 35, обладнаний мікрометричною насадкою [7]. Дослід було проведено в 2 біологічних повторностях. Кожна повторність складала 15 рослин.

Кількість розгалужених кореневих волосків на головному корені проростків підраховували в зоні кореневих волосків на відстані 2 мм від кінчика на п'ятий день досліду. Дослід було проведено в 3 біологічних повторностях. Кожна повторність складала 5-10 рослин.

Концентрацію проліну в проростках визначали за допомогою методу, що базується на нінгідриновій реакції [1]. Дослід було проведено в 5 біологічних повторностях. Кожна повторність складала 15 рослин.

Експресію стрес-індукованих генів визначали методом ПЛР в реальному часі, як описано в роботі [1]. Дослід було проведено в 3 біологічних повторностях. Кожна повторність складала 15 рослин.

Результати досліджень та їх обговорення

Водний потенціал субстрату та листків під впливом водного стресу

В якості маркерів водного дефіциту, що створювався у нашому досліді, було обрано два показники: 1) водний потенціал (ВП) субстрату, який характеризує стан ростового субстрату; 2) ВП листків, який характеризує стан рослин.

ВП субстрату в контролі протягом експерименту залишався постійним і складав – 0,034 МПа (табл.1). В експерименті вологість субстрату поступово знижувалась: за 4 перші доби в 3 рази, з – 0,034 МПа до – 0,109 МПа, а від 4-ї доби до 5-ї – у 7 раз, від – 0,109 МПа до – 0,743 МПа.

Перед початком досліду ВП листків становив близько – 0,19 МПа. Надалі в контролі він різко збільшився одразу після пересадки на 1-у добу, на 3-ю добу досяг найвищих значень (близько – 0,07 МПа), а на 5-у добу упав до – 0,13 МПа. В умовах експерименту також спостерігали зростання цього показника після пересадки до – 0,12 МПа на 1-у добу. В подальшому за дії стресу ВП листків знизився до – 0,16 МПа на 3-ю добу та – 0,22 МПа на 5-у добу.

Таблиця 1

Ознаки ростової системи проростків *A. thaliana* в стаціонарних умовах вирощування та при дії помірною водного дефіциту

Доба	Водний потенціал листків, МПа		Водний потенціал середовища, МПа
	К, M+m, N=6	Д M+m, N=6	Д M+m, N=3
0	-0,19±0,01	-0,19±0,01	-0,03
1	-0,09±0,008	-0,12±0,01	-0,063
2	.		-0,078
3	-0,07	-0,16±0,03	-0,078
4			-0,110
5	-0,13±0,008	-0,22±0,02	-0,743

Примітки: К-контроль; Д-дослід (тут і в таблицях 2-4)

Одержані дані показують, що ВП середовища та листків знаходилися в межах значень, що характеризують помірний водний дефіцит, і на 5-у добу вологість субстрату не досягала рівня, характерного для гострого водного дефіциту [44; 22]. Причому слід відмітити, що ВП листків протягом експерименту був нижчим за ВП середовища. Тому можна зробити висновок, що проростки в умовах стресу здатні підтримувати градієнт ВП, який забезпечує рух води у системі субстрат-рослина.

Дані порівняльних досліджень за показниками сирової маси проростків, швидкості росту головного кореня, наявності та кількості розгалужених кореневих волосків, активності апікальної меристеми головного кореня, довжини епідермальних клітин в зоні кореневих волосків, вмісту проліну, експресії генів, чутливих до посухи, наведені в табл. 2-3.

Вплив водного стресу на інтегральні ростові показники

Як видно з таблиці 2, приріст сирової маси був приблизно лінійним протягом 5 днів в контролі та експерименті, але, починаючи з 3-ї доби, експериментальні рослини почали значно відставати від контрольних за цим показником. В результаті, на 5-у добу маса рослин в умовах стресу була майже в 1,5 раза менша, ніж у контролі.

Таблиця 2

Морфологічні ознаки проростків *A. thaliana* в стаціонарних умовах вирощування та при дії помірного водного дефіциту

Доба	Приріст кореня, мм		Маса рослин, мг		Кількість клітин меристеми головного кореня в стані поділу, шт.		Довжина епідермальних клітин зони кореневих волосків, мкм		Відсоток розгалуж. кор. волосків, %	
	К, M±m, N=45	Д, M±m, N=45	К, M±m, N=3	Д, M±m, N=3	К, M±m, N=20	Д, M±m, N=21	К, M±m, N=28	Д, M±m, N=26	К, M±m, N=15	Д, M±m, N=30
0			1,16±0,162	1,16±0,162	14,3±0,34	14,3±0,34				
1	1,86±0,39	1,03±0,26	1,53±0,15	1,43±0,13	23,5±1,08	13,1±0,96	81,24±27,55	62,13±17,7	0,0	10,0
2	3,07±0,34	2,85±0,05	1,74±0,37	1,66±0,33	26,4±0,53	14,7±0,39	93,76±28,33	70,91±25,3	0,7	12,9
3	4,25±0,45	3,79±0,81	2,28±0,47	1,79±0,42	31,4±0,66	8,1±0,39	92,55±28,22	72,23±20,16	0,1	1,9
4	4,4±0,88	3,39±0,74	2,33±0,13	1,84±0,33	22,3±0,82	4,2±0,27	96,4±30,72	73,89±18,84		
5	4,12±0,56	1,5±0,71	3,08±0,75	2,08±0,43	25,2±0,49	2,8±0,15				

Після пересадки на розведене середовище МС в контролі відбувалася поступова активація росту головного кореня: приріст кореня досягав постійних значень на 3-у добу й істотно не змінювався до кінця експерименту. В експерименті також відмічено активацію росту кореня у перші 3 дні після пересадки, проте приріст був нижчим порівняно з контролем. На 4-у та 5-у доби ріст кореня пригнічувався, внаслідок чого довжина головного кореня в умовах стресу була приблизно в 1,5 раза меншою за таку в контролі.

У наших дослідженнях показано паралельне зниження маси рослин та приросту головного кореня одночасно з посиленням водного стресу. В більшості досліджень, проведених на однодольних і дводольних рослинах, встановлено, що водний дефіцит інгібує ріст головного кореня, причому ця дія зростала з посиленням стресорного чинника [16; 25; 24; 41; 44; 48]. Водночас, в окремих випадках помірні значення водного дефіциту не мали дії на приріст кореня або навіть спостерігалася незначна стимуляція росту, зокрема, у рослин *Pinus pinaster* [26, 42], *Glycine max* [13], та *A. thaliana* [44].

Найбільшу та водночас статистично достовірну різницю у прирості відмічено лише на 1-у добу, а також на 5-у добу. В інші дні різниця в прирості не була статистично достовірною, а найменшою була на 2-у добу та 3-у добу, коли прирости в контролі та стресі незначно відрізнялися між собою (стрес складав 93% та 89% від контролю на 2-у та 3-у добу, відповідно). Ці дані можна пояснити відмінностями рослини та середовища, яку встановлено в нашому експерименті. На початку дослідження ВП середовища був ще достатньо високим і значно вищим за ВП рослин (-0,06/-0,12 МПа на 1-у добу, -0,08/-0,16 МПа на 3-у добу), тому останні реагували приростом кореня та збільшенням поверхні поглинання. В протилежність цьому, на 5-у добу ВП середовища значно знизився (до -0,743 МПа), а ВП листків на цю добу склав -0,22 МПа. Отже, в умовах, коли ВП листків був вищим за ВП середовища, відбувалося пригнічення росту рослин, зокрема, головного кореня.

Дослідження трансгенних рослин за цикліном В1 лінії *Cus BI: GUS* показало, що в контролі кількість клітин апікальної меристеми головного кореня, що діляться, зростало у перші 3 дні після пересадки; надалі відбувалося деяке уповільнення поділу клітин. На відміну від контролю, в умовах стресу кількість меристематичних клітин, які ділилися, протягом 1-ї та 2-ї доби істотно не змінювалася, надалі відбувалося стійке уповільнення поділу, яке тривало до загибелі рослин на 6-у добу (табл. 2).

Ми провели вимірювання довжини епідермальних клітин головного кореня в зоні диференціювання, які не утворюють кореневих волосків, так званих атрихобластів, оскільки зниження швидкості росту головного кореня може відбуватися як внаслідок зниження швидкості поділу меристематичних клітин, так і уповільнення процесу розтягання клітин кореня. Довжина атрихобластів в експерименті була меншою порівняно з контролем протягом усього дослідження приблизно на 25 %, причому цей показник майже не змінювався із збільшенням відстані від верхівки. Водночас, в контролі довжина клітин, розміщених далі від верхівки, була меншою, ніж довжина клітин, розміщених більш дистально (95 мкм та 80 мкм відповідно). Ймовірно, це явище відображає активацію приросту кореня в контролі. Отже, хоча різниця за довжиною клітин в умовах стресу та контрольного варіанту і мала місце, відмінності між цими двома групами за приростом кореня були значно більш вираженими.

Відомо, що ріст рослин залежить від поділу клітин та їх розтягу [47, 48]. Згідно однієї точки зору, швидкість росту органу визначається розміром клітин, якого вони досягають в зоні розтягу [18]. Згідно іншої теорії, ріст органу відбувається внаслідок утворення нових клітин в зоні поділу [9]. Ці дві теорії не є взаємнесумісними [5].

Як показано в наших експериментах, основним наслідком зменшення приросту головного кореня арабідопсиса порівняно з контролем було пригнічення активності апікальної меристеми. Коефіцієнт кореляції між кількістю клітин, що діляться, та приростом кореня був високим і складав 0,91 для стресу та 0,61 для контролю. Водночас, було встановлено відносно незначний вплив розтягу клітин на приріст головного кореня, оскільки довжина клітин в умовах стресу була нижчою, ніж в контролі приблизно на 20 %.

Аналіз літературних даних виявив результати, подібні до отриманих в даній роботі. У переважній кількості робіт показано позитивну кореляцію між приростом кореня та поділом клітин апікальної меристеми як при інгібуванні, так і при стимуляції приросту внаслідок водного дефіциту. Зокрема, у роботі [44] поділ клітин кореня арабідопсиса корелює з приростом як у контролі, так і в умовах помірного та сильного стресу. У коренях спостерігали швидке падіння мітотичної активності після встановлення водного дефіциту у різних видів: *Triticum durum* [6], *Pisum sativum* [8], *Helianthus annuus* [29], та *Vicia faba* [51]. Стосовно остаточної довжини, яку клітини кореня досягають в зоні диференціації, припускається, що у арабідопсиса цей показник є достатньо стабільним і змінюється незначним чином [44, 47].

Утворення розгалужених кореневих волосків в умовах стресу

В умовах помірного водного стресу спостерігали значну кількість розгалужених кореневих волосків (РКВ) на головному корені *A.thaliana* (8,27%). У контролі їх практично не спостерігали (0,27%). Найбільша кількість розгалужених волосків в умовах водного дефіциту утворювалася на 1-у та 2-у добу (10% та 12,9% відповідно), а надалі їх кількість зменшувалася

(1,9%). Припускаємо, що утворенню розгалужених волосків сприяли помірні значення водного дефіциту.

Утворення кореневих волосків значною мірою залежить від вологості субстрату поблизу кореня [43]. Утворення кореневих волосків обумовлює низка клітинних процесів, включаючи формування цитоскелету, верхівковий градієнт цитоплазматичного кальцію та везикулярний транспорт [15, 11]. РКВ є частиною відповіді рослин на несприятливі фактори середовища, оскільки в звичайних умовах їх утворюється мало [33]. Ці фактори включають дисбаланс деяких іонів в ростовому середовищі, зокрема, дефіцит Mn^{2+} [34] та надлишок NH_4^+ [50]. Добре відоме утворення РКВ у рослин родини бобових, де воно є наслідком взаємодії між рослиною та азотфіксуючими бактеріями [21].

Механізм утворення РКВ включає зазвичай порушення верхівкової полярності кореневого волоска під час росту останнього. До цих порушень можуть призводити, зокрема, руйнування верхівкового градієнту кальцію [21], мутації білків, що утворюють цитоскелет, актинів та тубулінів [14], та білків, що регулюють динаміку цитоскелету, зокрема, ROP GTPази [17]. Всі, чи частина цих чинників можуть бути задіяні і в нашому випадку.

Зростання концентрації проліну при водному дефіциті

Нами проведено вимірювання вмісту проліну у проростках, що вирощувалися в умовах водного стресу та в контролі (табл. 3). В перші 2 дні після пересадки вміст проліну в умовах стресу не перевищував істотно контрольних значень. На 3-ю добу він зріс до 0,074 мкг/г сирової ваги, на 4-у добу-до 0,106 мкг/г сирової ваги, і на 5-у добу - до 0,149 мкг/г сирової ваги. В результаті на 4-у та 5-у добу вміст проліну був у досліді приблизно в 3,5 раза вищим, ніж у контролі.

Таблиця 3

Біохімічні та молекулярні ознаки проростків *A. thaliana* в стаціонарних умовах вирощування та при дії помірного водного дефіциту

Доба	Вміст проліну в проростках, мкг/мг сирової маси			Генна експресія, відносні одиниці				
				Rd29A	AtP5CS	Rd17	DREB2A	ERD1
	К, M±m, N=5	Д, M±m, N=5	Д/К, М, N=3	Д/К, М, N=3	Д/К, М, N=3	Д/К, М, N=3	Д/К, М, N=3	Д/К, М, N=3
0	0,179±0,089	0,179±0,089	1	1	1	1	1	1
1	0,043±0,003	0,057±0,021	1,32	0,18	1,31	1,3	1,09	0,52
2	0,045	0,057±0,026	1,28	2,67	1,24	0,74	0,6	1,19
3	0,046±0,004	0,074±0,016	1,61	5,58	3,51	1,69	0,61	0,5
4	0,032	0,106±0,023	3,31	10,7	6,53	1,39	0,94	0,36
5	0,042±0,009	0,149±0,065	3,58	2,48	5,47	1,73	1	0,42

Спеціалізованими сполуками, які служать для підтримання осмотичного гомеостазу в рослинній клітині, є сумісні осмоліти - невелика група органічних сполук, які є високорозчинними та не перешкоджають клітинному метаболізму навіть у високих концентраціях [10]. Одним з найважливіших сумісних осмолітів є амінокислота пролін. Крім функції осмопротектора [12], пролін є також регулятором окисно-відновного потенціалу [32], він зв'язує радикал гідроксилу [39], захищає макромолекули від денатурації [35], та знижує рН всередині клітини [46].

Ми спостерігали поступове і відносно помірне зростання вмісту проліну. Підвищення вмісту проліну під впливом водного дефіциту неодноразово відмічено і в літературі, проте у відомих нам джерелах зростання було значно більшим [19; 28; 52]. Хоча у цих роботах не наведено кількісні дані стосовно інтенсивності стресу, можна припустити, що причина значно сильнішого зростання вмісту проліну у цих експериментах полягає в більш жорстких умовах водного дефіциту. Порівнюючи ВП середовища та концентрацію проліну в нашій роботі, можна зробити висновок про високу негативну кореляцію між цими двома показниками (-0,83 для стресу та -0,99 для контролю), яку ймовірно, можна пояснити тим, що причиною зростання вмісту проліну був саме водний дефіцит. Слід відмітити, що літературні дані свідчать про

наявність негативного впливу накопичення осмотично активних речовин, в т.ч. проліну, на інтенсивність росту клітин та органів [31; 3]. Так, показано, що піролін-5-карбоксилат (P5C) та, можливо, інші проміжні сполуки біосинтезу проліну можуть бути токсичними для клітин [23, 49]. Отже, уповільнення приросту кореня в нашому досліді може бути наслідком саме накопичення проліну.

Експресія стрес-індукованих генів в умовах помірного водного дефіциту

Для дослідження експресії деяких стрес-індукованих генів в умовах пролонгованого водного стресу для *A.thaliana* були обрані наступні гени: *DREB2A*, *RD17*, *RD29A*, *ERD1*, *AtP5CS*. Експресія цих генів відображає різноманітні сторони адаптації рослин до водного дефіциту. У табл. 4 наведено функції цих генів.

Таблиця 4

Список генів, експресія яких вивчалася в даній роботі

Код	Ім'я	“Прямий” праймер	“Зворотний” праймер	Функція
At5g05410	DREB2A	cga gtt tga aca taa cta ttg g	ttg agg ctt tgt agc gga tc	Транскрипційний фактор, АБК незалежний
At1g20440	RD17	gaa caa gcc tag tgt cat cga	ggt agt gga aac tgg tac atc	LEA білок групи 2 (дегідрин). Індукується DREB2A, АБК незалежний
At5g52310	RD29A	gtt act gat ccc acc aaa gaa g	gtc cat tcc agt ttc agt ctt c	Білок, подібний до LEA білків групи 2. Індукується DREB2A та АБК
At2g39800	ATP5CS	gat ttg gac ttg gtg cag agg	tat gag tac taa gca gag agg a	Ключовий фермент біосинтезу проліну. АБК залежний
At5g51070	ERD1	ctt tct cta tca gca cga aac g	ttt ttt cca cca ggt cca gaa c	АТР-залежна Сір протеаза, БТШ групи 2. DREB2A та АБК незалежний
At3g62250	Ubq5	aac cct tga ggt tga atc atc c cga	gtc ctt ctt tct ggt aaa cgt	Убіквітин 5
At4g20890	Tub9	gta cct tga agc ttg cta atc cta	ggt ctg gac gtt cat cat ctg ttc	Тубулін 9

Відносна (стрес/контроль) експресія генів *RD29A* та *AtP5CS*, була більшою за одиницю (рівень експресії в умовах стресу є вищим, ніж в контролі) протягом усього експерименту, за винятком 1-ї доби для *RD29A* (табл.3). Протягом експерименту експресія поступово зростала, досягаючи максимальних значень на 4-у добу та 5-у добу. Для *RD29A* найвищі значення експресії склали 10,77 а для *AtP5CS* – 6,53 (стрес/контроль).

Як відомо, 40 генів (що відповідає 11% від усіх стрес-індукованих генів) різноманітних транскрипційних факторів (ТФ) були ідентифіковані як гени, експресія яких індукується посухою, холододим або осмотичним стресами. Серед цих ТФ, зокрема, було шість, що належать до підродини *DREB* [36].

У нашому експерименті було визначено експресію одного ТФ з цієї групи, а саме, *DREB2A*. Як видно (табл.3), істотних змін експресії *DREB2A* протягом досліді не спостерігали. Значення відносної експресії були близькими до одиниці, незначно відхиляючись у більший або менший бік.

RD17 є одним із генів-мішеней для *DREB2A*, елементом АБК-незалежного шляху. Як видно, суттєвих змін експресії *RD17* протягом експерименту не відмічено. І, нарешті, результати вивчення експресії *ERD1*, що є елементом окремого АБК-незалежного шляху передачі сигналу при водному стресі [38], показують, що зростання експресії цього гена при

водному стресі відсутнє. Навпаки, спостерігали нижчу експресію *ERD1* при водному стресі порівняно з контролем протягом усього експерименту, за винятком 2-ї доби.

Аналіз експресії генів, які реагують на водний, сольовий, та холодний стреси, показав наявність кількох регуляторних систем, що відповідальні за стрес-індуковану генну експресію. Частина генів є АБК-залежними, в той час, як решта - АБК-незалежні [10;37], що вказує на наявність комплексних регуляторних механізмів між сприйняттям сигналу про абіотичний стрес та експресією генів [37; 53]. На даний момент ідентифіковано два основних елементи в промоторах стрес-індукованих генів: елемент відповіді на АБК - ABRE (abscisic acid responsive element) та елемент відповіді на зневоднення - DRE (dehydration responsive element). Проведений у цьому досліді аналіз генної експресії показав, що крім *AtP5CS*, зростає експресія ще одного АБК-залежного гена, *RD29A*. Хоча функція білка RD29A і мало вивчена, різке зростання його експресії при зневодненні дозволяє використовувати його як маркер водного стресу в багатьох дослідженнях [36;20]. Водночас значення експресії цих двох генів не досягають рівня, характерного для гострого водного дефіциту [52; 30].

Накопичення ж самого проліну відбувалося завдяки дії *AtP5CS*, ключового фермента синтезу проліну. Високий рівень кореляції між цими двома показниками, експресією *AtP5CS*, та концентрацією проліну (коефіцієнт кореляції становив 0.93) є одним зі свідчень на користь факту, що *AtP5CS* є ключовим ферментом синтезу проліну [52].

Іншим важливим шляхом реакції на водний стрес є той, що опосередковується ТФ родини DREB. В нашій роботі не відмічено істотного зростання ні самого *DREB2A*, ні генів, експресія яких контролюється цим ТФ. Це може бути непрямим свідченням переважної ролі АБК-залежного шляху та самої абсцизової кислоти в реакції рослин арабідопсиса на помірний водний стрес.

Висновки

У даній статті викладено отримані експериментальні дані стосовно реакції проростків арабідопсиса на помірний водний дефіцит на клітинному та молекулярному рівні. Метод імітації водного дефіциту, створений в нашій роботі, охарактеризовано через два параметри-водні потенціали ростового субстрату та листків, величина яких знаходилась в межах значень, характерних для помірного водного дефіциту.

Дослідження показало, що рослини реагують зростанням експресії АБК-чутливих генів *RD29A* та *AtP5CS*, ключового фермента синтезу проліну, а також підвищенням вмісту самого проліну. Ці зміни вкликали пригнічення прроди кореня внаслідок активності поділу клітин апікальної меристем, а також зниження маси рослин. Окремо слід виділити таку адаптацію, як утворення розгалужених кореневих волосків, які можуть збільшувати поглинання води на початкових етапах дії водного дефіциту.

1. Бобровницький Ю. Експресія деяких генів, що індукуються водним стресом, у проростках *Arabidopsis thaliana*, вирощуваних за умов помірного водного дефіциту/ Ю. Бобровницький // Вісник Ужгородського університету. Сер. Біол. науки. – 2011. – Т. 27. – С. 59–65.
2. Векірчик К.М. Фізіологія рослин. Практикум./ К.М. Векірчик – К.:Вища школа, 1984.–240 с.
3. Жолкевич В.Н. Взаимодействие теплового шока и водного стресса у растений. 2. Осморегуляция в листьях растений хлопчатника при последовательном действии кратковременной гипертермии и почвенной засухи/ В.Н. Жолкевич, Н.К. Зубкова, С.Н. Маевская [и др.]// Физиология растений.– 1997.– Т.44.– С. 613–623.
4. Кордюм Е.Л., под редакцией. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях./ Е.Л. Кордюм– К.:Наукова Думка, 2003. – 277 с.
5. Beemster G.T. Variation in growth rate between Arabidopsis ecotypes is correlated with cell division and A-type cyclin-dependent kinase activity/ G.T.Beemster , K. De Vusser, E. De Tavernier [et al.] //Plant Physiol. – 2002.– №129. – P. 854–864.
6. Bitonti M.B. Response of meristematic cells to osmotic stress in Triticum durum/ M.B. Bitonti, F.Ferraro, C.Floris, A.M. Innocenti// Biochem. Physiol. Pfl.–1991.– № 187.– P. 453–457
7. Bobrownyzky J. A method for the imitation of drought stress in Arabidopsis thaliana/ J. Bobrownyzky J. // Інтродукція рослин .– 2006.– № 1.–С. 98–105.

8. *Bracale M.* Water deficit in pea root tips: effects on the cell cycle and on the production of dehydrin-like proteins/ M. Bracale, M. Levi, C. Savini [et al.] // Ann. Bot.–1997.– № 79.– P. 593–600.
9. *Bradford K.J.* Sensitivity thresholds and variable time scales in plant hormone action/ Bradford K.J., Trewavas A.J.// Plant Physiol.– 1994.– № 105.– P. 1029–1036.
10. *Bray E.* Plant responses to water deficit/ Bray E //Trends Plant Sci.– 1997.– № 2.–P.48–54.
11. *Carol R.J.* Building a hair: tip growth in *Arabidopsis thaliana* root hairs/ R.J. Carol, L. Dolan //Philos. T. Roy. Soc. B.–2002.– № 357.–P.815–821.
12. *Christian J.H.* The influence of nutrition on the water relations of *Salmonella oranienburg*/ J.H. Christian // Aust. J. Biol. Sci.– 1955.– № 8.– P.75–82.
13. *Creelman R.A.* Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Analysis of growth, sugar accumulation and gene expression/ R.A. Creelman, H.S. Mason, R.J. Bensen [et al.] // Plant Physiol.–1990.– № 92.– P. 205–214.
14. *Diet A.* The enr mutants enhance the lrx1 root hair mutant phenotype of *Arabidopsis thaliana*/ Diet A., Brunner S., Ringli C. // Plant Cell Physiol. –2004.– № 45.– P. 734–741.
15. *Galway M.E.* Growth and ultrastructure of *Arabidopsis* root hairs: the rhd3 mutation alters vacuole enlargement and tip growth/ M.E. Galway, J.W. Heckman, J.W. Schiefelbein //Planta.–1997.– № 201.– P. 209–218.
16. *Gingrich J.R.* Effect of soil moisture tension and oxygen concentration on the growth of corn roots / J.R. Gingrich, M.B. Russell // Agron. J.–1956.– № 48.–P. 517–520.
17. *Jones M.* Nuclear dynamics during the simultaneous and sustained tip growth of multiple root hairs arising from a single root epidermal cell/ Jones M., Smirnoff N. // J.Exp. Bot.–2006.– № 57.– P. 359–364.
18. *Kaplan D.R.* The relationship of cells to organisms in intact plants: problem and implications of an organismal perspective/ D.R. Kaplan // Int. J. Plant Sci.–1992.– № 153.– S28–S37.
19. *Kavi Kishor P.B.* Overexpression of Δ -pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers osmotolerance in transgenic plants/ P.B.Kavi Kishor, Z. Hong, C.-H. Miao [et al.] //Plant Physiol.– 1995.–108.– № 4.– P. 1387–1394.
20. *Kim J.-M.* Alterations of lysine modifications on the histone H3 N-tail under drought stress conditions in *Arabidopsis thaliana*/ J.-M.Kim, T.K. To, J. Ishida [et al.]//Plant Cell Physiol.– 2008.– № 49.– P. 1580–1588.
21. *Lévy J.* A putative Ca²⁺ and calmodulin-dependent protein kinase required for bacterial and fungal symbioses/ J.Lévy, C. Bres, R. Geurts [et al.] // Science.–2004.– № 303.–P.1361–1364.
22. *Mane S.* Early PLD α -mediated effects in response to progressive drought stress in *Arabidopsis*: a transcriptome analysis/ S.P. Mane, C. Vasquez-Robinet, A.A. Sioson [et al.] // J. Exp. Bot.– 2006.– № 58.– P. 241–252.
23. *Mani S.* Altered levels of proline dehydrogenase cause hypersensitivity to proline and its analogs in *Arabidopsis*/ S. Mani, B. Van De Cotte, M. Van Montagu, N. Verbruggen // Plant Physiol.–2002.– № 128.– P. 73–83.
24. *Materechera S.* Growth of seedling roots in response to external osmotic stress by polyethylene glycol 20 000/ S.A. Materechera, A.R. Dexter, A.M. Alston, J.M. Kirby // Plant Soil .– 1992.– № 143.– P. 85–91.
25. *Mirreh H.F.* Influence of soil water matric potential and resistance to penetration on corn root elongation/ H.F. Mirreh, J.W. Ketcheson // Can. J. Soil Sci.–1973.– № 53.–P. 383–388.
26. *Nguyen A.* Variation in growth and osmotic regulation of roots of water-stressed maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) provenances/ A. Nguyen, A. Lamant // Tree Physiol.–1989.– № 5.–P. 123–133.
27. *Oono Y.* Monitoring expression profiles of *Arabidopsis* gene expression during rehydration process after dehydration using ca. 7000 full-length cDNA microarray/ Y. Oono, M. Seki, N. Tokihiko [et al.] // Plant J. – 2003. – № 34.– P. 868–887.
28. *Rizhsky L.* When defense pathways collide. The response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress/ L. Rizhsky, H. Liang, J. Shuman [et al.] //Plant Physiol.–2004.– № 134.–P.1683–1696.
29. *Robertson J.M.* Developmental responses to drought and abscisic acid in sunflower roots. 2. Mitotic activity/ J.M. Robertson, E.C. Yeung, D.M. Reid, K.T. Hubick // J. Exp. Bot.–1990.– № 41.– P. 339–350.
30. *Sakuma Y.* Dual function of an *Arabidopsis* transcription factor DREB2A in water-stress-responsive and heat-stress-responsive gene expression / Y. Sakuma, K. Maruyama, Q. Feng [et al.]//Proc. Natl. Acad. Sci. – 2006. –№ 103.– P. 18822–18827.
31. *Sanchez-Aguayo I.* Quantitative determination of changes induced by NaCl in vacuoles and cellular size of *Lycopersicon esculentum* root cells/ I. Sanchez-Aguayo, A.L. Gonzalez-Utor //Plant Cell Environ.–1992.– № 15.–P.867–870.
32. *Saradhi A.* Proline accumulation under heavy metal stress/ A. Saradhi, P. P. Saradhi // J. Plant Physiol.– 1991.– № 138: P. 554–558.

33. *Schiefelbein J.* Cell-fate specification in the epidermis: a common patterning mechanism in the root and shoot/ *J. Schiefelbein* // *Curr. Opin. Plant Biol.*– 2003.– № 6.– P. 74–78.
34. *Schmidt W.* Inner voices meet outer signals: The plasticity of rhizodermic cells / *W. Schmidt* // *Plant Sci.*– 2008.– № 174.– P. 239–245.
35. *Schobert B.* Unusual solution properties of proline and its interaction with proteins/ *B. Schobert, H. Tschesche* // *Biochim. Biophys. Acta.*–1978.– № 541.–P. 270–277.
36. *Seki M.* Monitoring the expression profiles of 7000 Arabidopsis genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray / *M. Seki, M. Narusaka, J. Ishida [et al.]*// *Plant J.* – 2002. – № 31.– P. 279–292.
37. *Shinozaki K.* Molecular responses to dehydration and low temperature:differences and cross-talk between two stress signaling pathways/ *K. Shinozaki, K. Yamaguchi-Shinozaki* // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2000. – № 3.– P. 217–223.
38. *Shinozaki K.* Gene networks involved in drought stress response and tolerance/ *K. Shinozaki, K. Yamaguchi-Shinozaki* // *J. Exp. Bot.*– 2007.– № 58.– P. 221–227.
39. *Smirnoff N.* Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes/ *N. Smirnoff, Q. J. Cumbes* // *Phytochemistry.*– 1989.– № 28.– P. 1057–1060.
40. *Söderman E.* The HD-Zip gene ATHB6 in Arabidopsis expressed in developing leaves, roots and carpels and up-regulated by water deficit conditions/ *E. Söderman, M. Hjellström, J. Fahleson, P. Engström* // *Plant Mol. Biol.* – 1999.– № 40.– P. 1073–1083.
41. *Spollen WG.* Regulation of cell expansion in roots and shoots at low water potentials/ *W.G. Spollen, R.E. Sharp, I.N. Saab, Y. Wu.* In: *Smith JAC, Griffiths H, eds. Water deficits. Plant responses from cell to community.*–Oxford: BIOS, 1993.– P. 37–52.
42. *Triboulot M-B.* Stimulation and inhibition of pine root growth by osmotic stress/ *M.-B. Triboulot, J. Pritchard, D. Tomos* // *New Phytol.*–1995.– № 130.– P. 169–175.
43. *Uphoff J.C.T.* Plant hairs./ *J.C.T. Uphoff, K. Hummel* In: *Encyclopedia of plant anatomy. Vol. IV (5).*–Berlin: eds. Gebr. Borntraeger, 1962.
44. *Van der Weele C.M.* Growth of Arabidopsis thaliana seedlings under water deficit studied by control of water potential in nutrient-agar media/ *C.M. Van der Weele, W.G. Spollen, R.E. Sharp, T.I. Baskin* // *J. Exp. Bot.*– 2000.– № 51.– P. 1555–1562.
45. *Vartanian N.* Drought rhizogenesis in Arabidopsis thaliana/ *N. Vartanian, L. Marcotte, J. Giraudat* // *Plant Physiol.* – 1994. – № 104.– P. 761–767.
46. *Venekamp J. H.* Organic acids as sources of drought-induced proline synthesis in field bean plants, *Vicia faba L./ J. H. Venekamp, J.E.M. Lampe, J.T.M. Koot* // *J. Plant Physiol.*–1989.– № 133.– P. 654–659.
47. *Werner T.* Cytokinin-deficient transgenic Arabidopsis plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinins in the regulation of shoot and root meristem activity/ *T. Werner, V. Motyka, V. Laucou [et al.]* // *Plant Cell.*–2003.– № 15.–P. 2532–2550.
48. *West G.* Cell cycle modulation in the response of the primary root of Arabidopsis to salt stress/ *G. West, D. Inzé, G.T.S. Beemster* // *Plant Physiol.*–2004.– № 135.– P. 1050–1058.
49. *Yamada M.* Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress/ *M. Yamada, H. Morishita, K. Urano [et al.]* // *J. Exp. Bot.*–2005.– № 56.– P. 1975–1981.
50. *Yang N.* Ammonium-stimulated root hair branching is enhanced by methyl jasmonate and suppressed by ethylene in Arabidopsis thaliana/ *N. Yang, C. Zhu, L. Gan [et al.]*// *Journal of Plant Biology* .–2011.– № 54.– P. 92–100.
51. *Yee V.F.* Polyethylene glycol induced water stress in *Vicia faba* seedlings: cell division, DNA synthesis and a possible role for cotyledons/ *V.F. Yee, T.L. Rost* // *Cytologia.*–1982.– № 47.– P. 615–624.
52. *Yoshida Y.* Correlation between the induction of a gene for $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in Arabidopsis thaliana under osmotic stress/ *Y. Yoshida, T. Kiyosue, T. Katagiri, [et al.]*// *Plant J.* – 1995. –№ 7.– P. 751–760.
53. *Zhu J.K.* Cell signaling under salt, water and cold stresses/ *J.K. Zhu* // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2001. – № 4.– P. 401–406.

Ю.А. Бобровицкий

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев

РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ *ARABIDOPSIS THALIANA* L. НА УМЕРЕННЫЙ ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ НА КЛЕТОЧНОМ И МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

Приведены данные исследований реакции проростков резушки Таля (*Arabidopsis thaliana* L.) на умеренный водный дефицит на клеточном и молекулярном уровнях. Проростки изучали по следующим показателям: сырой вес, скорость роста главного корня, наличие и количество разветвленных корневых волосков, активность апикальной меристемы главного корня, длина эпидермальных клеток в зоне корневых волосков, содержанию пролина, экспрессии генов, чувствительных к засухе. Исследование показало, что на умеренный водный дефицит растения реагируют возрастанием экспрессии АБК-чувствительных генов *RD29A* та *AtP5CS*, ключевого фермента синтеза пролина, а также повышением содержания самого пролина. Эти изменения вызывали угнетение прироста корня и снижение массы растений. Угнетение прироста корня происходило вследствие падения активности апикальной меристемы. Отмечено образование разветвленных корневых волосков, которые могут увеличивать поглощение воды на начальных этапах действия водного дефицита.

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*, водный дефицит, рост корня, разветвленные корневые волоски, экспрессия генов

J. A. Bobrownizky

Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

REACTION OF SEEDLINGS OF *ARABIDOPSIS THALIANA* L. ON MODERATE WATER DEFICIT ON CELLULAR AND MOLECULAR LEVEL

In this paper we present our data on the reaction of seedlings of *Arabidopsis thaliana* L. on the moderate water deficit on cellular and molecular level. The seedlings were studied by the following criteria: fresh weight of plants, growth rate of the main root, the amount of branched root hairs, number of dividing cells in root meristem, the length of epidermal cells in the zone of root hairs, proline content, expression of drought sensitive genes. The study revealed that plants react on water deficit by increasing the expression of ABA-sensitive genes *RD29A* and *AtP5CS*, the key enzyme of proline biosynthesis, as well as by increasing the content of proline itself. These changes level caused the decrease of both the root growth rate and the fresh weight of the plants. The decrease of root growth rate was a consequence of the lower activity of root apical meristem. We noticed the production of branched root hairs under conditions of water deficit, which could increase water uptake at the initial stages of water deficit.

Key words: *Arabidopsis thaliana*, water deficit, root growth, branched root hairs, gene expression

Рекомендує до друку

Н.М. Дробик

Надійшла 19.04.2012

УДК 581. 631

Л.А. ГОЛУНОВА, В.Г. КУР'ЯТА

Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21100

АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОСЛИН СОЇ ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* І РЕТАРДАНТІВ

Вивчався вплив передпосівної інокуляції насіння *Bradyrhizobium japonicum* і ретардантів на анатомо-морфологічні показники стебла та листків рослин сої. Встановлено, що як передпосівна інокуляція насіння штамом *Bradyrhizobium japonicum* 71т, так і комплексне її застосування з ретардантами у фазу бутонізації, приводило до формування більш потужної стовпчастої асиміляційної тканини листка, яка відіграє основну роль у фотосинтетичних процесах. За дії антигіберелінових препаратів на фоні бактеризації насіння відмічався кращий розвиток механічних тканин стебла сої, що сприяло підвищенню його міцності та посилювало стійкість проти вилягання.

Ключові слова: *Glycine max*, *Bradyrhizobium japonicum*, ретарданти, анатомічна будова

Регуляція онтогенезу рослин є важливим компонентом сільськогосподарських біотехнологій. До основних шляхів регуляції процесів онтогенезу відносяться: уповільнення росту стебла, активізація цвітіння, активізація процесу фотосинтезу, стимуляція проростання насіння [2]. Ретарданти, як інгібітори росту рослин, вже досить тривалий час використовуються у рослинництві [4, 8, 10], тоді як їх використання на зернобобових культурах залишається маловивченим [14, 15].

Механізм дії ретардантів на ріст рослин базується на здатності інгібувати поділ клітин у субапикальній меристемі пагона, блокуючи синтез або активність вже синтезованих гіберелінів. Впливаючи на апікальні та маргінальні меристеми, ретарданти викликають при цьому зменшення лінійних розмірів рослин [3, 4]. Хоча всі ретарданти мають спільну функцію гальмування росту, вони специфічні за своїми властивостями – стійкості, здатності проникати в рослини, за спектром дії на рослини [2, 8, 11].

Відомо, що потенціал зернової продуктивності сої вичерпаний далеко не повністю. Він значно залежить від факторів, які можна регулювати прийомами технології вирощування. Засобом підвищення рівня біологічної фіксації азоту повітря є інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій [1]. Показано, що на формування бобово-ризобіальних комплексів впливають фітогормони [13], яким відводиться особливе місце в регуляції взаємовідносин рослин та бульбочкових бактерій, хоча дані авторів є часто суперечливими.

Вплив антигіберелінових препаратів на анатомічні та морфологічні показники є маловивченими, а дані про ефективність їх застосування на фоні передпосівної інокуляції насіння бобових рослин практично відсутні. У зв'язку з цим, метою роботи було з'ясувати зміни у морфо- та гістогенезі рослин сої за дії *Bradyrhizobium japonicum* і ретардантів.

Матеріал і методи досліджень

Роботу проводили на рослинах сої сорту Подільська 1. Досліди закладали на полях дослідного господарства «Бохоницьке» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НАН України (м. Вінниця) протягом 2005-2006 років. Інокуляцію насіння проводили в день сівби штамми роду *Br. japonicum* за відповідними рекомендаціями [12]. Обробляли рослини розчинами ретардантів 0,025%-го паклобутразолу (ПБ) та 0,5%-го хлормекватхлориду (ХМХ) в ранкові години до повного змочування листків у фазу бутонізації, контрольні рослини – водопровідною водою.

За фазами розвитку рослин визначали морфометричні показники: висоту рослин, кількість листків та сумарну площу листової поверхні. Мезоструктурну організацію листків

сої вивчали загальноприйнятим методом на фіксованому матеріалі за допомогою мікроскопа „Микмед-1” і окулярного мікрметра МОВ-1-15х. Склад фіксуєчої суміші – рівні частини етилового спирту, гліцерину, 1%-го водного розчину формаліну. Розміри клітин визначали на препаратах, отриманих методом часткової мацерації тканин листка. В якості мацереуючого агенту використовували 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 N соляній кислоті [7]. Товщину кори, коленхіми і склеренхіми стебла визначали на поперечних зрізах середньої частини органу, останньої – після попередньої обробки зрізу 1%-им флороглуцином та 20%-ю соляною кислотою.

Результати досліджень оброблені статистично. В таблиці і на рисунках представлені середні значення та їх стандартні похибки.

Результати досліджень та їх обговорення

Одержані результати дослідження свідчать про те, що обробка препаратами призводить до суттєвих морфологічних змін, модифікації інтенсивності росту окремих органів. Зокрема, інокуляція насіння штамми *Br. japonicum* 634б, 71т мала стимулюючий ефект і зумовлювала збільшення висоти рослин (рис. 1). Бактеризація насіння штамом *Br. japonicum* 71т та наступне використання ретардантів призводить до уповільнення росту рослин. Сильніший інгібіторний вплив серед застосованих ретардантів відзначали при використанні паклобутразолу, який викликав суттєве гальмування росту стебла. Дія хлормекватхлориду на ростові процеси чіткіше проявлялася на кінець вегетації (рис. 1).

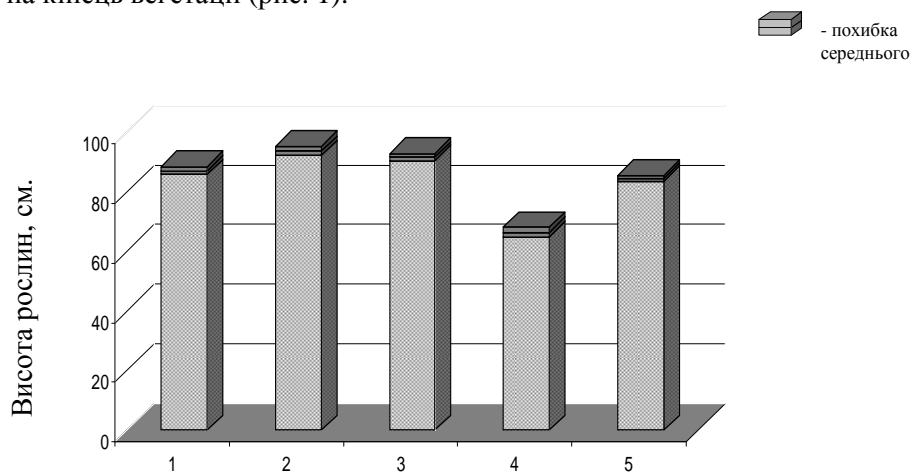


Рис. 1. Вплив інокуляції штамми *Br. japonicum* та обробки ретардантами на висоту рослин сої сорту Подільська 1 (на кінець вегетації): 1– контроль без обробки, 2 – штам 634б, 3 – штам 71т; 4 – 71т+0,025% ПБ; 5 – 71т+0,5% ХМХ.

Вкорочення стебла дослідних рослин під впливом антигіберелінових препаратів відбувалося за рахунок зменшення довжини міжвузлів.

Відомо, що інгібуюча дія ретардантів на фотосинтетичну продуктивність реалізується через зміни на рівні організації фотосинтетичного апарату, зокрема, формування сумарної листової поверхні рослин [2, 15]. Продуктивність рослин найбільш тісно корелює з площею листової поверхні або з фотосинтетичним потенціалом [1, 3].

Отримані нами дані свідчать, що застосування штамів *Br. japonicum* сприяло збільшенню кількості листків сої та площі їх листової поверхні проти контрольних рослин на фоні спонтанної інокуляції (рис. 2 а, б). Найбільшу площу листової поверхні рослини мали при інокулюванні штамом-стандартом 634б (рис. 2 б). Сумісний вплив *Br. japonicum* і антигіберелінових препаратів призводив до закладання більшої кількості листків на рослинах. Показники площі листової поверхні за дії паклобутразолу зменшувалися, а за дії хлормекватхлориду достовірно не змінювалися (рис. 2 а, б).

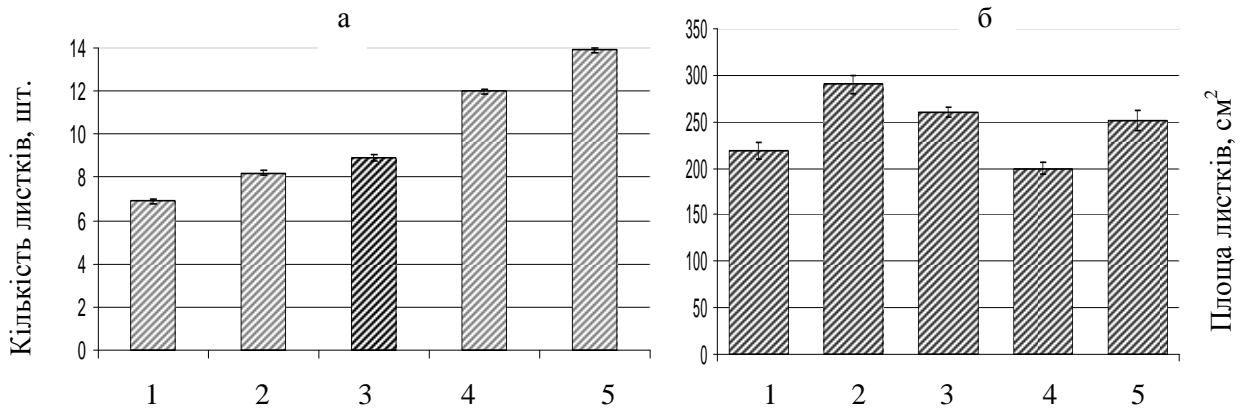


Рис. 2. Дія бактеризації та інгібіторів росту на кількість та площу листків рослин сої сорту Подільська 1: 1 – контроль; 2 – штам 6346; 3 – штам 71т; 4 – 71т+0,025% ПБ; 5 – 71т+0,5% ХМХ. а – кількість листків, б – площа листової поверхні (фаза початку формування бобів).

У літературі представлені суперечливі дані щодо інтенсивності фотосинтезу за дії ретардантів. Відомо, що хлорхолінхлорид викликав зменшення цього показника у пшениці; при цьому відмічалася збільшення потоку асимілятів до колосків [2, 4]. Підвищення активності фотосинтезу відбувалося за дії хлорхолінхлориду у різних сортів люпину [5]. Про посилення фотосинтетичної активності листків сої під впливом інокуляції та комплексному застосуванні бактеризації та антигіберелінових препаратів свідчать і одержані нами результати вивчення чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) (рис. 3).

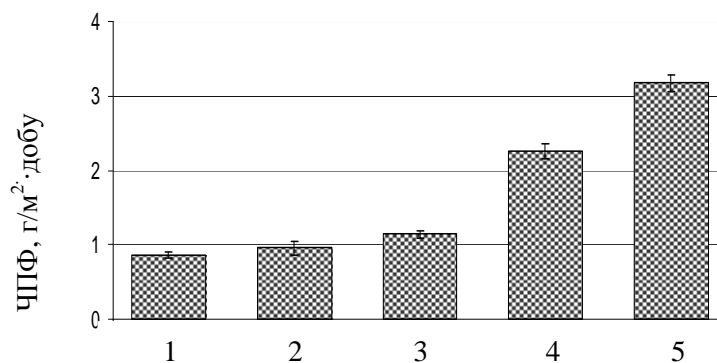


Рис. 3. Дія інокуляції та ретардантів на чисту продуктивність фотосинтезу: 1 – контроль; 2 – штам 6346; 3 – штам 71т; 4 – 71т+0,025% ПБ; 5 – 71т+0,5% ХМХ (фаза початку формування бобів).

Відомою є дія ССС на збільшення міцності нижніх міжвузлів стебел рослин озимої та ярої пшениці. Зменшення довжини та збільшення діаметру окремих міжвузлів стебел визначається особливостями диференціації клітин і тканин за дії ретардантів [4]. Вплив ССС проявлявся у збільшенні ширини склеренхімного кільця, розростанні основної паренхіми, збільшенні числа судинно-волокнистих пучків і оточуючих їх елементів механічної тканини [4]. У літературі наявні дані, які вказують на підвищення стійкості рослин до вилягання за дії ретардантів. Аналогічно до злаків, у рослин гороху, томатів та бавовнику, після обробки хлорхолінхлоридом, затримувався ріст стебла при його одночасному потовщенні [2]. Схожою до хлорхолінхлориду була дія кампозану на стебло льону та етефону на товщину стебла соняшнику, причому, вплив останнього реалізувався за рахунок зниження швидкості клітинного розтягування [3, 10].

Застосовані в нашому досліді антигіберелінові препарати на фоні передпосівної інокуляції насіння штамом *Br. japonicum* 71т впливали на збільшення діаметру стебла сої, в

межах від 0,42 см у контролі, та до 0,64 см у варіанті штаму 71т+0,025% ПБ. Зміни розмірів стебла дослідних рослин відбувалися за рахунок збільшення розмірів кори. За комплексного застосування штаму та ретардантів зростали розміри шарів коленхіми та склеренхіми (див. табл.).

Таблиця

Вплив інокуляції штамами *Br. japonicum* та обробки ретардантами на анатомічні показники стебла та листків сої сорту Подільська 1

Показник / варіант	Товщина кори, мк	Товщина коленхіми, мк	Товщина склеренхіми, мк	Товщина листка, мк	Об'єм клітин стовпчастої паренхіми, мк ³	Довжина клітин губчастої паренхіми, мк	Ширина клітин губчастої паренхіми, мк
Контроль	511,4±8,2	68,4±7,2	157,9±9,3	203,7±4,2	2161±91	30,7±3,2	26,3±2,3
634 б	525,8±9,7	70,1±6,4	166,1±8,2	*245,7±2,6	*2707±103	32,9±4,1	28,7±3,0
71т	544,2±10,8	75,2±9,2	174,2±6,8	*279,6±5,4	*4147±96	35,1±1,8	30,1±2,8
71т+0,025% ПБ	**578,2±12,4	85,2±9,4	**212,0±6,3	**315,0±4,0	**5682±88	29,2±2,4	28,2±2,3
71т+0,5% ХМХ	**560,7±9,4	77,0±4,3	**204,2±6,6	**296,6±3,3	**4584±58	33,1±2,7	28,9±2,8

Примітки: 1.*– різниця достовірна при $P \leq 0,05$ до контролю; 2.**– до штаму 634б

Таким чином, під впливом ретардантів на фоні передпосівної інокуляції насіння *Br. japonicum* відбувався кращий розвиток механічних тканин, що сприяло посиленню міцності стебла та підвищувало стійкість рослин проти вилягання, створювало технологічні переваги при збиранні врожаю.

Відомо, що фотосинтетична активність листка значною мірою визначається його мезоструктурою. Основою морфо генетичних змін рослин сої за дії ретардантів є перебудова гормонального комплексу рослини, зокрема, зменшення активності гіберелінів і підвищення вмісту абсцизової кислоти в тканинах, що було встановлено у попередніх роботах [8]. Однак, вплив ретардантів на мезоструктурні характеристики листка вивчені недостатньо. Відмічалось, що застосування нового ретарданту флурпрімідолу на рослинах сої призводило до зростання фотосинтезу у порівнянні з контролем та зменшенням листової поверхні [15].

Отримані нами дані свідчать про збільшення товщини листових пластинок за дії антигіберелінових препаратів на фоні інокуляції. Сильною серед застосованих ретардантів була дія 0,025%-го паклобутразолу (табл.). Збільшення товщини листової пластинки відбувалося за рахунок змін у його мезофілі: збільшувалися розміри клітин стовпчастої асиміляційної тканини лиска, яка відіграє основну роль у фотосинтетичних процесах; поряд із цм, лінійні розміри губчастої паренхіми достовірно не змінювалися (див. табл.).

Встановлені у ході дослідження анатомо-морфологічні зміни за дії передпосівної інокуляції насіння штамами *Br. japonicum* та впливу антигіберелінових препаратів на рослини сої призводили до підвищення продуктивності культури, як відмічалось нами раніше [6].

Висновки

Таким чином, інокуляція насіння сої ефективними штамами *Br. japonicum* і наступна обробка посівів розчинами 0,025%-го паклобутразолу та 0,5%-го хлормекватхлориду у фазу бутонізації призводила до збільшення розмірів клітин стовпчастої паренхіми листка, кращого розвитку механічних тканин стебла сої, що сприяло підвищенню його міцності та посилювало стійкість проти вилягання.

1. *Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз: монография: в 4 –х т. / С.Я. Коць, В.В. Моргун, В.Ф. Патика и др.– К.: Логос, 2010. Т.2. – 2011. – 523 с.*
2. *Деева В. П. Избирательное действие химических регуляторов роста на растения. Физиологические основы / В.П. Деева, З.И. Шелег, Н.В. Санько. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 255 с.*

3. Долгих А. Н. Влияние ретардантов на урожайность соломки и семян льна-долгунца / А.Н. Долгих, В.С. Петренко, В.И. Шутенко // Физиологически активные вещества. – 1991. – Вып. 23. – С. 94–96.
4. Калинин Ф.Л. Управление делением и растяжением растительной клетки ретардантами и борьба с полеганием озимой пшеницы и ржи / Ф.Л. Калинин, Б.А. Курчий // Биохимия регуляции онтогенеза растительной клетки. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 167–200.
5. Ковалев В.М. Испытание и применение регуляторов роста при возделывании кормовых культур / В.М. Ковалев // Регуляторы роста растений / Под ред. акад. ВАСХНИЛ В.С. Шевелухи. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 96–105.
6. Кур'ята В.Г. Ефективність системи соя - *Bradyrhizobium japonicum* за дії паклобутразолу / В.Г. Кур'ята, Л.А. Голунова, С.К. Береговенко // Фізіологія і біохімія культурних рослин, 2010.– 42.– №3.– С. 218–224.
7. Кур'ята В.Г. Одержання препаратів епідермісу методом часткової мацерації тканин листка / В.Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка.–1999.–Т. 31, № 2. – С. 93–102.
8. Кур'ята В.Г. Ретарданты – модифікатори гормонального статусу рослин. – Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т., Т. 2 / В.Г. Кур'ята // НАН України, Ін-т фізіології рослин та генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. – К.: Логос, 2009. – С. 565 – 589.
9. Кур'ята В.Г. Действие ретардантов на мезоструктуру листьев малины В.Г. Кур'ята // Физиология и биохимия культур. растений. – 1998. – Т. 30, – № 2. – С. 144–149.
10. Ловетт Дж. В. Морфологические и анатомические изменения, вызываемые в подсолнечнике хлормекватом, и их возможное значение / Дж.В. Ловетт, П.У. Орчард // VII междунар. конф. по подсолнечнику : материалы конф. – М.: Колос, 1978. – С. 396–399.
11. Прусакова Л.Д. Применение производных триазола в растениеводстве / Л.Д. Прусакова, С.И. Чижова // Агрехимия. – 1998. – № 10. – С. 37 – 44.
12. Рекомендації щодо розробки технологічного процесу виробництва сої на богарних землях. – Вінниця: Інститут кормів УААН. – 2007. – 16 с.
13. Фитогормоны в азотфиксирующих клубеньках бобовых растений / Е.Э.Федорова, Г.Я.Жизневская, Ж.К. Альжаппарова, С.Ф. Измайлов // Физиология и биохим. культ. растений. – 1991. – 23, № 5. – С. 426–438.
14. Barnes A.M. Anatomy of *Zea mays* and *Glycine max* seedling treated with triazole plant growth regulators / A.M. Barnes, R.H. Walser, T.D. Davis // Biol. Plant. – 1989. – Vol. 31, № 5. – P. 370–375.
15. Davis Tim D. Soybean photosynthesis and growth as influenced by flurprimidol // Compar. Phisiol. and Ecol. 1986.– 11, №4.– P. 166–169.

Л.А.Голунова, В.Г. Кур'ята

Винницкий государственный педагогический университет им. Михаила Коцюбинского

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* И РЕТАРДАНТОВ

Изучалось влияние предпосевной инокуляции семян *Bradyrhizobium japonicum* и ретардантов на анатомо-морфологические показатели стебля и листьев растений сои. Установлено, что как предпосевная инокуляция семян штаммом *Br. japonicum* 71т, так и ее комплексное использование с ретардантами в фазу бутонизации, влияло на формирование мощной палисадной ассимиляционной ткани листка, играющей главную роль в фотосинтетических процессах. Под влиянием антигиббереллиновых препаратов на фоне бактериализации семян отмечалось лучшее развитие механических тканей стебля сои, что способствовало повышению его прочности и усиливало стойкость против полегания.

Ключевые слова: *Glycine max*, *Bradyrhizobium japonicum*, ретарданты, анатомическое строение

L.A. Golunova, V.G. Kuryata

M. Kotsyubynsky Vinnytsia State Pedagogical University, Ukraine

ANATOMIC-MORPHOLOGICAL PECULIARITIES OF SOYBEAN PLANTS UNDER THE COMPLEX INFLUENCE OF *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* AND RETARDANTS

The influence of retardants on anatomic-morphological stem and leaf anatomy of soybean plants has been studied. It is established that preliminary inoculation of the soybeans with *Bradyrhizobium japonicum* 71t strain in complex with retardants application within bud stage caused formation of

more massive palisade mesophyll tissue performing a principal part in photosynthesis. The cumulative effect of both treatments manifested itself in a considerable development of mechanical stem tissue and consequent increasing the plant resistance to lying flat.

Key words: Glycine max, Bradyrhizobium japonicum, retardants, anatomic structure

Рекомендує до друку

Надійшла 5.07.2012

Н.М. Дробик

УДК 581.524.13+547.5+582.998.16

O.V. GURS'KA

Kremenets regional humanitarian-pedagogical institute named after Taras Shevchenko
Liceyna st., 1, Kremenets, Ternopil reg., 47003, Ukraine

THE INVESTIGATION OF PYRETHRUM COCCINEUM (WILLD.) WOROSCH. ALLELOPATHIC ACTIVITY

The dynamics of allelopathic activity of water- and alcohol-soluble extracts and the content of phenolic substances in the *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch. vegetative and generative organs was investigated. Leaves and flowers are found to accumulate the greatest number of phenolic compounds in the flowering stage. Inverse correlations were found between the number of phenolic compounds and allelopathic activity of the exudates.

Key words: Pyrethrum coccineum (Willd.) Worosch., allelopathic activity, phenolic substances

A complex of various factors, including the allelopathic interactions between plants, plants and soil microflora is the basis of the formation and existence of plant communities [3, 10]. The allelopathic activity and tolerance of plant species provide vital activity of organisms in biogeocoenose. Using the principles of allelopathic relationships in crop allows to create mixed and compacted plant crops that have a broader adaptive potential. The aromatic plants, which display multifunctional properties and can be used in different sectors of the economy, are the important components of mixed crops [8]. The species of the genus *Pyrethrum* Zinn. are prospective aromatic, air-oil, medicinal and insecticidal crops [7].

The aim of this work is to find out the dynamics of allelopathic activity of water- and alcohol-extracts as well as quantitative content of phenolic compounds in the *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch. vegetative and generative organs.

Materials and Methods

The vegetative and generative organs of *P. coccineum* served as the object of the research. Field experiments were laid in the Western Forest-steppe zone on gray forest sandy loam soils of research plots of Kremenets regional humanitarian-pedagogical institute named after Taras Shevchenko. The study was conducted with plants of the second year of vegetation.

Allelopathic activity was determined using A. M. Grodzinsky's method [2]. Hoods which were prepared by the infusion of crushed plant material in distilled water and 70% ethanol during a day at a temperature of 24-25 °C served as model plant exudates. The relation between plant material and weight of solvent's volume was 1:10, 1:50. Soft wheat (*Triticum aestivum* L.) and cress (*Lupidium sativum* L.) were used as biotests. Seedlings grown in distilled water served as control.

The amount of phenolic compounds was determined by the method based on their oxidation by Folin-Chokalto reagent [1]. Statistic processing of the research results was conducted with M. E. Kucherenko and others [5].

Results and Discussion

It has been found that water-soluble exudates of *P. coccineum* vegetative and generative organs contained minor amounts of phytotoxynes and at 1:10 breeding they showed inhibitory effect on the growth of roots and an indifferent effect on the coleoptiles of soft wheat (Fig. 1. A, B). Leaves accumulated the largest number of inhibitors during plant ontogenesis. Their inhibition percentage was 33,8 (budding) and 70,5 (fruiting). The allelopathic active substances of stems showed an inhibitory effect during plant flowering and fruiting, and extracts from the roots did not alter the growth processes of seedling bioassays significantly.

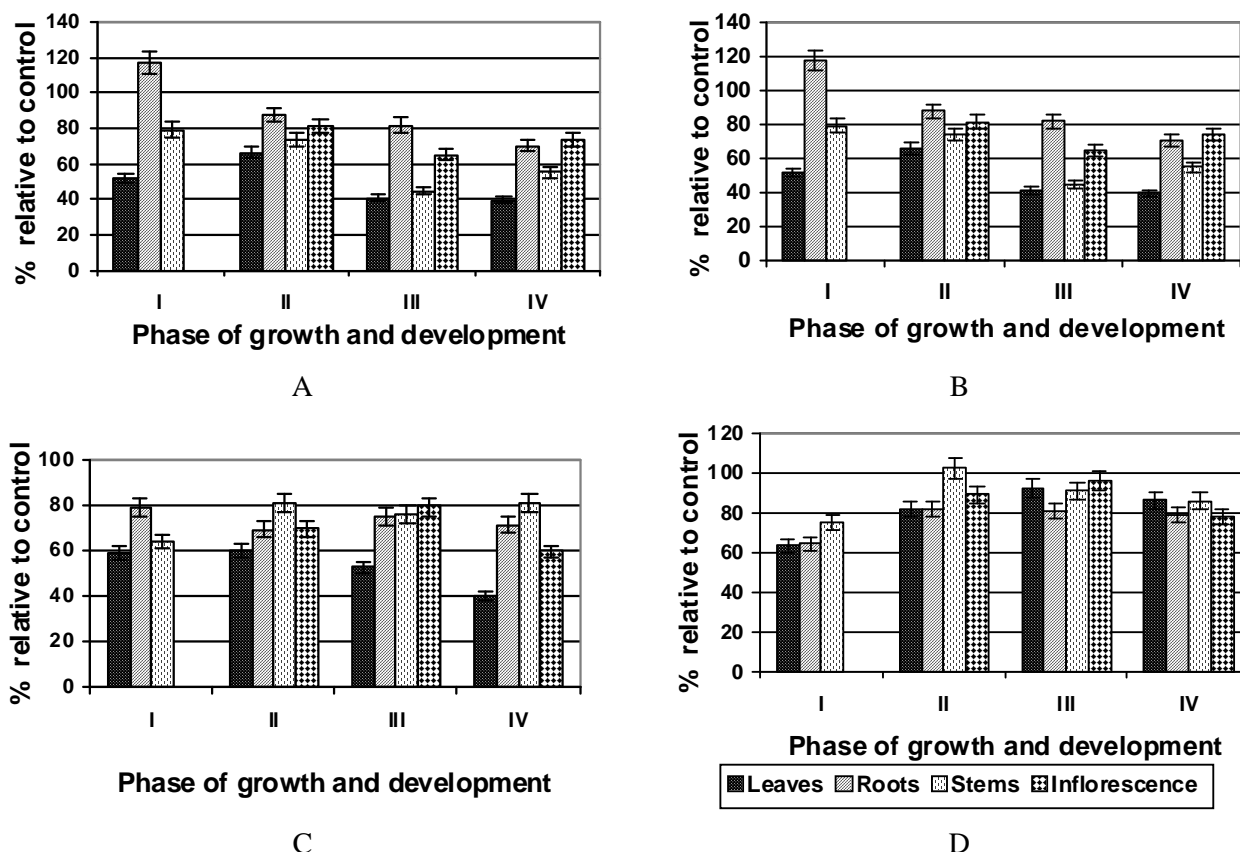


Figure. 1. Allelopathic activity of water-soluble (A, B) and alcohol-soluble exudates (C, D) of vegetative and generative organs in *P. coccineum* ontogenesis; (Biotest: A, B – soft wheat roots, B, C – soft wheat coleoptiles, breeding 1:10) 1 – the beginning of vegetation, II – budding, III – flowering, IV – fruiting

A number of alcohol-soluble fitotoxins in plants leaves increased during their ontogeny (Fig. 1. C.). The percentage of growth processes inhibition of test culture was 41,1 (at the beginning of vegetation) – 70,3 (fruiting) (biotest is the wheat roots). The stems extracts reduced the root growth bioassays by 41,1% only at the beginning of the plants growing season. It is worth being noted that the water-soluble persistent allocation of vegetative organs showed inhibitory effect on the growth of wheat coleoptiles during the plant flowering, alcohol-extracts made an effect on them at the beginning of vegetative (Fig. 1. B, D).

The inflorescence accumulated the most phytotoxins in the flowering and fruiting phases. As the content of inhibitors in extracts was decreased (breeding 1:50) an indifferent effect of water- and alcohol-soluble exudations on growth processes bioassays was observed.

The cress roots showed a higher sensitivity to the action of allelopathic active *P. coccineum* compounds. The exudation of vegetative and generative organs showed strong inhibitory effect on seedling growth bioassays at maximum concentration (breeding 1:10). The content of fitotoxins in aerial parts increased during ontogenesis and reached maximum values at plant flowering and fruiting time (Table 1.).

Table 1

Allelopathic activity of water-soluble exudates of vegetative and generative organs in *P. coccineum* ontogenesis (biotest – cress roots)

Organ	Phase of the growth and development							
	The beginning of vegetation		Budding		Flowering		Fruiting	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Breeding 1:10								
Leaves	13,0±0,2	60,4	10,4±0,5	48,8	9,1±0,3	42,3	5,8±0,2	26,9
Roots	12,8±0,2	59,7	16,1±0,3	74,7	14,8±0,5	68,8	15,5±0,3	72,1
Stems	16,1±0,6	75,0	11,5±0,3	53,3	10,4±0,4	48,2	9,5±0,3	44,4
Inflorescence	–	–	16,0±0,4	74,4	11,1±0,2	51,4	10,3±0,2	48,1
Breeding 1:50								
Leaves	17,5±0,3	81,6	18,6±0,3	86,4	14,1±0,3	65,4	16,9±0,2	78,5
Roots	17,5±1,4	81,5	18,0±0,2	83,6	18,9±0,3	87,9	17,2±0,4	79,8
Stems	19,6±1,3	91,3	18,4±0,7	85,7	16,8±0,4	78,3	16,2±0,3	75,2
Inflorescence	–	–	18,6±0,3	86,7	13,4±0,2	62,5	15,0±0,2	69,9

The percentage of growth processes inhibition of cress-salad ranged from 48,6 – 51,3 (inflorescences) to 57,7 – 73,1 (leaves), respectively. Roots accumulated the largest amount of allelopathic active compounds at the beginning of vegetation.

The alcohol-soluble exudates of leaves contained the greatest number of fitotoxins during the ontogeny and inflorescence during plant flowering and fruiting. At a maximum concentration (breeding 1:10) the number of inhibitors were 34,5 (fruiting) – 54,6% (budding) and 49,1 – 49,7%, respectively. The contents of allelopathic active compounds in the stems and roots were slightly lower (Table 2.).

Table 2

Allelopathic activity of alcohol-soluble exudates of vegetative and generative organs in *P. coccineum* ontogenesis (biotest – cress roots)

Organ	Phase of the growth and development							
	The beginning of vegetation		Budding		Flowering		Fruiting	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Breeding 1:10								
Leaves	9,5±0,1	45,4	12,3±0,2	58,4	11,8±0,4	56,2	13,8±0,1	65,5
Roots	16,4±0,1	78,0	15,1±0,4	72,1	16,1±0,2	76,8	16,4±0,2	78,2
Stems	13,2±0,5	62,8	15,7±0,3	74,8	12,7±0,3	60,4	14,5±0,2	69,1
Inflorescence	–	–	16,2±0,5	77,2	10,7±0,4	50,9	10,3±0,1	50,3
Breeding 1:50								
Leaves	14,8±0,8	70,6	19,1±0,7	91,1	15,1±0,5	71,9	16,5±0,1	78,7
Roots	18,0±0,1	85,7	15,2±0,2	72,6	17,4±0,3	82,7	18,9±0,1	90,2
Stems	16,8±0,4	79,9	18,0±0,3	85,8	15,4±0,2	73,1	18,2±0,1	86,6
Inflorescence	–	–	17,3±0,3	82,2	14,1±0,2	67,3	15,1±0,3	72,0

At 1:50 breeding a decreasing inhibitory influence of allelopathic active compounds of *P. coccineum* was seen. The highest number of phytotoxins was contained by water soluble exudates inflorescences and leaves at plants flowering and fruiting. The length of cress roots was 62,5 – 69,9 and 65,4 – 78,5% compared with seedlings grown in distilled water, respectively. The alcohol soluble exudates of leaves showed a significant inhibitory effect at the beginning of vegetation and inflorescences made an effect on them during flowering. The contents of inhibitors were 29,4 and 32,7%, respectively.

The allelopathic activity of plants was caused by the synthesis and release into the environment of a variety of biologically active compounds, among which a phenolic substances occupy an important place [4, 9, 11]. It has been established that the contents of phenolic compounds in plant

organs during ontogenesis have increased and reached a maximum at the flowering stage, and slightly decreased during plants fruiting stage (Table 3). A number of phenolic substances in leaves and inflorescences were the highest one.

Table 3

Quantitative content of phenolic substances in *P. coccineum* vegetative and generative organs, mkg / 100 g of dry matter

Organ	Phase of the growth and development			
	The beginning of vegetation	Budding	Flowering	Fruiting
Leaves	917,5 ± 21,1	1374,0 ± 42,9	2163,0 ± 135,5	2130,4 ± 32,2
Roots	361,9 ± 11,6	640,3 ± 13,9	790,9 ± 8,2	723,2 ± 8,8
Stems	424,7 ± 14,9	512,0 ± 14,6	877,4 ± 27,8	592,4 ± 5,2
Inflorescence	–	846,3 ± 24,3	2080,0 ± 42,5	1519,1 ± 8,8

The content of phenolic substances in the vegetative and generative organs and bioassays growth processes under the influence of *P. coccineum* allelopathic active compounds correlated inversely. The presence of stable relationships between the content of phenolic substances and the inhibition percentage of soft wheat and cress roots growth was found ($r = -0,60$ and $-0,67$ for water and $-0,61$ and $-0,58$ for water-ethanol exudates, respectively). So allelopathic activity of *P. coccineum* caused, to a large extent, the presence of phenolic compounds.

Conclusions

The allelopathic activity of water soluble and alcohol soluble *P. coccineum* exudates depends on the topography of the organs investigated, extracts concentrations and bioassays sensitivity. Leaves accumulated the highest content of inhibitors during the ontogenesis and inflorescence during plant flowering and fruiting.

A number of phenolic substances in *P. coccineum* organs increased during the plant ontogenesis. The highest content is found in the leaves and inflorescences during plant flowering, which is caused by apparently high metabolic activity of these organs. Inverse correlations were found between the content of phenolic compounds and allelopathic activity of the exudates.

1. Aleksandrova A. P. The method of fractionation of phenolic compounds tissue coniferous / Alexandrova A. P., Osipova V. I. // Study the metabolism of trees. – Novosibirsk : Nauka, 1985. – P. 96 – 102.
2. Grodzinsky A. M. Allelopathy of plants and tiredness / Grodzinsky A. M. – Kyiv : Naukova dumka, 1991. – P. 24 – 38.
3. Grodzinsky A. Fundamentals of chemical interactions of plants / Grodzinsky A. M. – Kyiv : Naukova dumka, 1973. – 205 p.
4. Zaprometov M. N. Phenolic compounds : distribution, metabolism and function on the plants / M. N. Zaprometov. – Moscow : Nauka, 1993. – 272 p.
5. Kucherenko M. E. Modern methods of biochemical research : Study guide / Kucherenko M. E., Babenyuk Y. D., Voytsitskiy V. M. – Kyiv : Fitosotsiotsentr, 2001. – P. 109 –152.
6. Medicinal Plants: An Encyclopedic Reference / [Ed. A. Grodzinsky]. // – Kyiv : Gol. red. URE, 1989. – P. 266 – 268.
7. Tavlynova G. K. Homestead floriculture / Tavlynova G. K. – St. Petersburg : Agropromizdat, 1996. – P. 350 – 351.
8. Yurchak L. D. Ecological role of biodiversity in cultural phytocenoses / [L. D. Yurchak, N. V. Zaimenko, P. A. Moros, D. B. Rakhmetov, O. A. Korableva, O. P. Yunosheva, N. O. Gnatiuk] // Agroecological Journal – № 1. – 2009. – P. 46 – 52.
9. Amallesh S. Roles of flavonoids in plants / Amallesh Samanta, Gouranga Das, Sanjoy Kumar Das // Int J Pharm Sci Tech. – Vol. 6., January-June 2011. – P. 20 – 22.
10. Inderjit The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy / Inderjit, David A. Wardle, Richard Karban and Ragan M. Callaway // Trends in Ecology and Evolution. – №1. – 2011. – P. 1 – 8.
11. Li Z.-H. Phenolics and plant allelopathy / [Zao-Hui Li, Qiang Wang, Xiao Ruan, Cun-De Pan and De-An Jiang] // Molecules – 15. – 2010. – P. 8933 – 8950.

О. В. Гурська

Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут ім. Тараса Шевченка, Україна

АЛЕЛОПАТИЧНА АКТИВНІСТЬ *PYRETHRUM COCCINEUM* (WILLD.) WOROSCH.

Досліджено динаміку алелопатичної активності водо- і спирторозчинних екстрактів та вмісту фенольних сполук у вегетативних і генеративних органах піретруму червоного (*Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch). Встановлено, що найбільшу кількість фенольних сполук накопичували листки та суцвіття у фазі цвітіння. Виявлено наявність зворотних кореляційних зв'язків між кількістю фенольних сполук та відсотком інгібування ростових процесів біотестів.

Ключові слова: *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., фенольні сполуки, алелопатична активність

О. В. Гурская

Кременецький областной гуманитарно-педагогический институт им. Тараса Шевченко, Украина

АЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *PYRETHRUM COCCINEUM* (WILLD.) WOROSCH.

Исследована динамика алелопатической активности водо-, спирторастворимых экстрактов, содержания фенольных соединений в вегетативных и генеративных органах пиетрума красного (*Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch). Установлено, что наибольшее количество фенольных соединений накапливали листки и соцветия растений в фазе цветения. Вывявлено наличие обратных корреляционных связей между количеством фенольных соединений и процентом ингибирования ростовых процессов биотестов.

Ключевые слова: *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., фенольные соединения, алелопатично активність

Рекомендує до друку

Надійшла 30.08.2012

Н.М. Дробик

УДК 611.34+612.334+616.34-099

О. Ю. РУЖИЦЬКА

Тернопільський державний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського
майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001

МОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА СТРУКТУРНИХ ЗМІН У ПОРОЖНІЙ КИШЦІ ПРИ ОТРУЄННІ ХЛОРИДОМ КАДМІЮ

Кадмій посідає одне з перших місць за своєю токсичністю й надходить в організм людини і тварин через слизові оболонки шлунково-кишкового тракту. Проведеним дослідженням структурних змін тонкої кишки експериментальних тварин встановлено виражену морфометричну перебудову структур стінки порожньої кишки. Токсична дія хлориду кадмію призводила до суттєвого порушення структурного гомеостазу досліджуваного органа на органному, тканинному та клітинному рівнях.

Ключові слова: морфометрія, порожня кишка, білі щури, хлорид кадмію

В умовах техногенного забруднення довкілля одним із пріоритетних завдань залишається вивчення особливостей дії найбільш поширених і небезпечних токсикантів довкілля, до яких належить і кадмій. Цей метал посідає одне з перших місць за своєю токсичністю і небезпекою для людини [1-4]. Реальна загроза забруднення біосфери даним ксенобіотиком обумовлена, насамперед, його стійкістю, розчинністю в атмосферних опадах, здатністю до сорбції ґрунтом,

рослинами, що в сукупності призводить до поступового накопичення цього елемента у довкіллі й створює небезпеку для здоров'я людини [7, 8].

Інтотоксикація кадмієм спричиняє ураження серцево-судинної, травної, ендокринної, сечовидільної, статевої, нервової, кровотворної систем, викликаючи зростання кількості різних патологічних станів серед населення різних вікових груп [5, 6, 9, 11]. Кадмій надходить в організм людини і тварин через слизові оболонки шлунково-кишкового тракту, органів дихання та шкіру, звідки і відбувається абсорбція цього елемента в кров [1, 2]. За умов перорального надходження в організм всмоктування кадмію відбувається в тонкій кишці [1, 2, 9], яка є одним з небагатьох органів, на яку метал здійснює свій вплив як екзогенним, так і ендогенним шляхом, спричиняючи ряд патологічних змін [10].

На сьогоднішній день вітчизняні та іноземні науковці достатньо ґрунтовно встановили структуру та функції тонкої кишки в нормі та при різній патології, проте особливості морфометричних і морфофункціональних змін у частинах тонкої кишки при кадмієвій інтоксикації організму вивченні недостатньо повно.

Метою роботи є дослідження особливості структурної перебудови у порожній кишці в експериментальних тварин при токсичному ураженні хлоридом кадмію.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проведено на білих безпородних статевозрілих щурах-самцях з масою тіла 232-240 г. Тварин віком 11 місяців розділили на дві групи: 1-ша – контрольна, яка включала практично здорових тварин, що знаходились у звичайних умовах віварію, 2-га – дослідна група тварин, яким вводили внутрішньочеревно розчин хлориду кадмію з розрахунку 7 мг/кг на масу тіла [12]. Всі тварини утримували на стандартному раціоні віварію. Білих щурів дослідної групи виводили з експерименту на 14 добу шляхом етаназії, яку здійснювали кровопусканням в умовах тіопентал-натрієвого наркозу. Шматочки порожньої кишки фіксували в 10 % розчині нейтрального формаліну 2-3 тижні з триразовою зміною фіксуючого розчину. Після фіксації матеріал відмивали у проточній воді, зневоднювали у зростаючих концентраціях етилового спирту й поміщали у парафін.

Депарафінізовані мікротомні зрізи товщиною 5-7 мкм забарвлювали гематоксилін-еозином, пікрофуксином за ван-Гізон, Маллорі, Вейгертом. Гістостереометричні вимірювання здійснювали на гістологічних мікропрепаратах тонкої кишки. Морфометрично на гістологічних препаратах визначали товщини слизової, м'язової, серозної оболонок та підслизової основи, довжину, ширину ворсинок, глибину, ширину крипт, висоту покривних епітеліоцитів, їх діаметр, а також ядерно-цитоплазматичні відношення в епітеліоцитах та відносний об'єм уражених епітеліоцитів.

Отримані дані оброблялися методом варіаційної статистики з визначенням середньої арифметичної величини, її похибки, критерію Стьюдента, показника достовірності. Достовірність різниць між порівнювальними величинами встановлювали за критерієм Стьюдента при $p < 0,05$. Статистичну обробку проводили за допомогою програми Excel та програми «Statistica» на персональному комп'ютері типу IBM.

Результати досліджень та їх обговорення

Дані морфометрії структур порожньої кишки наведені в таблиці. Стінка порожньої кишки контрольних щурів складається із слизової оболонки, підслизової основи, м'язової та серозної оболонок й має типову для ссавців будову. Ворсинки пальцеподібної форми, направлені у просвіт кишки. На поверхні кишкових ворсинок світлооптично виявили наступні типи епітеліальних клітин: стовпчасті епітеліоцити, келихоподібні екзокриноцити та кишкові ендокриноцити. У глибині слизової оболонки досліджуваного органа локалізувалися крипти, що являють собою трубкоподібні вросання епітелію у власну пластинку слизової оболонки досліджуваного органа. Необхідно зазначити, що серед епітеліальних клітин крипт слизової оболонки світлооптично виявлялися стовпчасті та келихоподібні епітеліоцити, епітеліоцити без облямівки.

Підслизова основа тонкої кишки утворена пухкою сполучною тканиною, в якій спостерігаються кровоносні, лімфатичні судини та нервові структури. М'язова оболонка

складалася з гладких міоцитів. Серозна оболонка звичайної гістологічної структури, специфічних особливостей не мала і в основному відповідала класичній, описаній іншими дослідниками. У власній пластинці слизової оболонки тонкої кишки особливо у її дистальних відділах зустрічалися лімфатичні фолікули.

У результаті проведеного дослідження виявлено, що при дії на організм хлориду кадмію суттєво зміненими виявилися практично всі досліджувані морфометричні параметри порожньої кишки. Отримані дані порівнювалися з такими ж показниками аналогічної контрольної групи. В умовах змодельованої патології було встановлено зменшення товщини слизової оболонки порожньої кишки (табл. 1). Так, у контрольній групі спостережень товщина слизової оболонки досліджуваного органа дорівнювала ($390,6 \pm 8,1$) мкм, а при дії на організм хлориду кадмію – ($345,7 \pm 4,8$) мкм. При цьому останній морфометричний параметр був меншим за попередній на 11,5 %. Товщина підслизової основи порожньої кишки в умовах змодельованого експерименту зросла з ($31,70 \pm 0,72$) до ($34,90 \pm 0,54$) мкм, тобто на 10,1 %. Збільшення просторових характеристик підслизової основи при дії на організм хлориду кадмію можна пояснити набряком, який мав місце у цій оболонці порожньої кишки і спостерігався світлооптично. Товщина м'язової оболонки порожньої кишки у змодельованих патологічних умовах достовірно ($p < 0,05$) зменшилася з ($96,40 \pm 2,09$) до ($89,70 \pm 1,21$) мкм, тобто на 6,9 %. Товщина серозної оболонки досліджуваного органа при дії на організм хлориду кадмію збільшилася на 9,7 %, тобто з ($6,20 \pm 0,12$) до ($6,80 \pm 0,15$) мкм. Необхідно зазначити, що наведені вище морфометричні показники статистично достовірно ($p < 0,01$) відрізнялися між собою.

Таблиця

Морфометрична характеристика порожньої кишки щурів при дії на організм дослідних тварин хлориду кадмію ($M \pm m$)

Показник	Група спостереження	
	1-а	2-а
Товщина слизової оболонки, мкм	$390,6 \pm 8,1$	$345,7 \pm 4,8^{**}$
Товщина підслизової основи, мкм	$31,70 \pm 0,72$	$34,90 \pm 0,54^{**}$
Товщина м'язової оболонки, мкм	$96,40 \pm 2,09$	$89,70 \pm 1,21^*$
Товщина серозної оболонки, мкм	$6,20 \pm 0,12$	$6,80 \pm 0,15^{**}$
Довжина ворсинок, мкм	$218,5 \pm 4,5$	$185,7 \pm 2,7^{**}$
Ширина ворсинок, мкм	$28,90 \pm 0,54$	$32,40 \pm 0,45^{**}$
Глибина крипт, мкм	$105,3 \pm 2,4$	$88,5 \pm 1,2^{**}$
Ширина крипт, мкм	$28,90 \pm 0,54$	$31,60 \pm 0,45^*$
Висота покривних епітеліоцитів, мкм	$12,60 \pm 0,27$	$10,70 \pm 0,21^{**}$
Діаметр ядер епітеліоцитів, мкм	$3,90 \pm 0,09$	$3,97 \pm 0,07$
Ядерно-цитоплазматичні відношення в епітеліоцитах	$0,096 \pm 0,002$	$0,138 \pm 0,003^{***}$
Відносний об'єм уражених епітеліоцитів, %	$2,10 \pm 0,04$	$38,90 \pm 0,54^{***}$

Примітка. Зірочкою позначені величини, що статистично достовірно відрізняються від контрольних (*- $p < 0,05$; **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$).

Довжина ворсинок слизової оболонки порожньої кишки при дії на організм хлориду кадмію зменшилася з ($218,5 \pm 4,5$) до ($185,7 \pm 2,7$) мкм, тобто на 15,0 %. Ширина ворсинок слизової оболонки досліджуваного органа в умовах змодельованої патології статистично достовірно ($p < 0,01$) зросла з ($28,90 \pm 0,54$) до ($32,40 \pm 0,45$) мкм, тобто на 12,1 %. Глибина крипт слизової оболонки порожньої кишки у досліджуваному досліді зменшилася на 15,9 %, а ширина названих утворів збільшилася на 9,3 % ($p < 0,01$).

Висота апікальних епітеліоцитів ворсинок слизової оболонки порожньої кишки контрольних тварин дорівнювала ($12,60 \pm 0,27$) мкм, а в 2-ій групі спостережень – ($10,70 \pm 0,21$) мкм. Останній морфометричний параметр виявився меншим на 15,1 % від попереднього. Діаметр ядер епітеліоцитів при цьому змінився незначно всього на 1,8 %. Ядерно-цитоплазматичні відношення у досліджуваних клітинах при цьому статистично достовірно

($p < 0,001$) зросли з $0,096 \pm 0,002$ до $0,138 \pm 0,003$, тобто на 43,7 %. Виявлені зміни цього морфометричного показника свідчать про те, що змодельована патологія призводила до вираженого порушення клітинного структурного гомеостазу. Відносний об'єм пошкоджених епітеліоцитів у слизовій оболонці досліджуваного органа при цьому зріс з $(2,10 \pm 0,04)$ до $(38,90 \pm 0,54)$ %, тобто у 18,5 рази.

Світлооптичним дослідженням мікропрепаратів порожньої кишки виявлено набряк слизової оболонки, підслизової основи, м'язової та серозної оболонок. У слизовій оболонці досліджуваного органа зустрічалися осередки з нечіткими межами між епітеліоцитами. Вказані клітини з явищами набряку, з дистрофічними та некробіотичними змінами. Місцями відмічалася також десквамація епітеліоцитів. Виражений набряк оболонок досліджуваного органа супроводжувався розволокненням та дезорганізацією структур. Варто зазначити, що при цьому у перерахованих оболонках порожньої кишки дослідних тварин спостерігалася також клітинна інфільтрація, в якій домінували лімфоїдно-гістіоїдні клітини.

Виражена структурна перебудова при змодельованому патологічному процесі спостерігалася у підслизовій основі порожньої кишки білих щурів. При досліджуваному експерименті спостерігалася розширення та повнокров'я переважно венозних судин, виражений набряк, розволокнення, дезорганізація структур, дистрофічні та некробіотичні їх зміни, а також вогнищеві, а інколи й дифузні лімфоїдно-гістіоїдні інфільтрати.

У м'язовій оболонці порожньої кишки білих щурів, яким вводили досліджувану хімічну речовину світлооптично спостерігався виражений перивазальний та стромальний набряк, дистрофічні, некробіотичні зміни гладких міоцитів, лімфоїдно-клітинну інфільтрацію. Світлооптично у м'язовій оболонці судинні розлади характеризувалися розширенням судин, повнокров'ям, стазами, тромбозами, перивазальними переважно діapedезними крововиливами, перивазальними набряками. При цьому в стінці артеріальних судин спостерігався виражений набряк, деколи зустрічалися осередки фібриноїдного набряку і некрозу, дистрофічні та некробіотичні зміни і десквамація ендотеліоцитів, утворення тромбів. У деяких судинах спостерігалася також проліферація ендотеліоцитів, зміни їх архітектоніки з облітерацією дрібних артеріальних судин порожньої кишки. Варто зазначити, що виявлені проліферативні явища ендотеліоцитів свідчили про наявність гіпоксії, яка мала місце при змодельованому патологічному процесі.

Висновки

1. Дія на організм дослідних тварин хлориду кадмію призводила до вираженої структурної перебудови стінки порожньої кишки.
2. У змодельованих експериментальних умовах нерівномірно, диспропорційно змінювалися товщини слизової, м'язової та серозної оболонок і підслизової основи стінки порожньої кишки, що призводило до суттєвих порушень співвідношень між просторовими характеристиками оболонок вказаної частини тонкої кишки.
3. При дії на організм дослідних тварин хлориду кадмію у стінці порожньої кишки спостерігалися виражені судинні розлади, що ускладнювалися дистрофією, некробіозом, інфільтрацією та склеротичними процесами.

1. *Антонюк Г. Л.* Кадмій в організмі людини і тварин. I. Надходження до клітин і акумуляція / Г. Л. Антонюк, Н. О. Бабич, Л. П. Білецька [та ін.] // Біологічні студії. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 127–140.
2. *Антонюк Г. Л.* Кадмій в організмі людини і тварин. II. Вплив на функціональну активність органів і систем / Г. Л. Антонюк, Н. О. Бабич, Л. П. Білецька [та ін.] // Біологічні студії. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 125–136.
3. *Гордієнко В. В.* Вікові особливості хроноритмів екскреторної функції нирок у щурів за тривалої дії малих доз кадмію хлориду / В. В. Гордієнко // Буковинський медичний вісник. – 2006. – Т. 10, №4. – С. 27–31.
4. *Дельцова О. І.* Морфофункціональні зміни печінки і тонкої кишки під впливом хлориду кадмію / О. І. Дельцова, С. Б. Герашенко, М. І. Гришук [та ін.] // Світ медицини та біології. – 2005. – № 1. – С. 11–16.

5. *Дитруха Н. М.* Вплив кверцетину та глутаргіну на показники периферичної крові і неспецифічної резистентності організму щурів за умови кадмієвої інтоксикації / Н. М. Дитруха // Український журнал з проблем медицини праці. – 2009. – № 4 (20). – С. 52–56.
6. *Дитруха Н. М.* Експериментальне дослідження впливу важких металів (свинцю та кадмію) на неспецифічну резистентність організму білих щурів / Н. М. Дитруха // Сучасні проблеми токсикології. – 2004. – № 4. – С. 27–30.
7. *Іщейкіна Ю.О.* Гігієнічна оцінка хімічного складу питної води в різних регіонах України / Ю. О. Іщейкіна // Вісник проблем біології і медицини. – 2010. – Вип. 1. – С. 82–85.
8. *Іщейкіна Ю.О.* Гігієнічна оцінка територіальних закономірностей антропогенного забруднення ґрунту і харчових продуктів в Україні / Ю. О. Іщейкіна, Л. М. Швидь, В. М. Нечитайло // Вісник проблем біології і медицини. – 2009. – Вип. 4. – С. 50–54.
9. *Кравець В. В.* Морфологічні зміни в тонкій кишці під впливом різних ендогенних та екзогенних чинників (огляд літератури) / В. В. Кравець // Вісник СумДУ. Серія Медицина. – 2008. – №1. – С. 5–16.
10. *Кравець В. В.* Основні морфометричні показники стінки тонкої кишки в умовах дії різних комбінацій солей важких металів / В. В. Кравець // Вісник СумДУ. Серія Медицина. – 2009. – Том 1, № 2. – С. 24–33.
11. *Сікора В. В.* Ультраструктура кіркової речовини нирок щурів при споживанні солей важких металів / В. В. Сікора // Вісник наукових досліджень. – 2006. – № 3. – С. 143–145.
12. *Патент* UA 65462 МПК G09B 23/28, A61K 33/24 Спосіб моделювання токсичного ураження тонкої кишки кадмія хлоридом / Котляренко Л. Т., Гнатюк М. С., Ружицька О. Ю.-№ u201105263. Заявлено 26.04.2011. Опубл.12.12.2011. Бюл. №23.

О. Ю. Ружицкая

Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТОЩЕЙ КИШКЕ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ ХЛОРИДОМ КАДМИЯ

Кадмий занимает одно из первых мест по своей токсичности и поступает в организм человека и животных через слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта. Проведенным исследованием структурных изменений тонкой кишки экспериментальных животных установлено выраженную морфометрическую перестройку структур стенки тонкой кишки. Токсическое действие хлорида кадмия привело к существенному нарушению структурного гомеостаза исследуемого органа на органном, тканевом и клеточном уровнях.

Ключевые слова: морфометрия, тощая кишка, белые крысы, хлорид кадмия

О. Yu. Rujytska

Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

MORPHOMETRIC ASSESSMENT OF STRUCTURAL CHANGES IN THE JEJUNUM EXPOSED TO CADMIUM CHLORIDE TOXICITY

Heavy metals - a large group of toxicants and some of them are dangerous to health or to the environment. Heavy metal pollution can arise from many sources but most commonly arises from the purification of metals. Electroplating is the primary source of chromium and cadmium. Through precipitation of their compounds or by ion exchange into soils and muds, heavy metal pollutants can localize and lay dormant.

One of the largest problems associated with the persistence of heavy metals is the potential for bioaccumulation and biomagnification causing heavier exposure for some organisms than is present in the environment alone. In excessive amounts they accumulate in the soil, water and food, which leads to accumulation in the body of animals and humans.

Cadmium is one of the most toxic substances and human and animals exposures to cadmium is the result of ingestion of highly soluble cadmium compounds and its' absorbtion through the mucous membranes of the gastrointestinal tract.

Exposure to cadmium may cause damage of cardiovascular, digestive, endocrine, urinary, reproductive, nervous, hematopoietic systems, causing the growth of various pathological conditions among people of different age groups.

Irregular changes of thickness of the mucosa, muscular and serous membranes and submucosa of the jejunum wall were found in experiments, with following significant violations relationship between spatial characteristics of shells specified small intestine. Toxic effects of cadmium chloride exposure resulted in significant vascular changes, complicated dystrophy, necrobiosis, infiltration and sclerotic processes.

Key words: morphometry, jejunum, white rats, cadmium chloride

Рекомендує до друку
Н.М. Дробик

Надійшла 19.07.2012

УДК 591.5: 594.1

А. П. СТАДНИЧЕНКО, В. К. ГИРИН

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир 10008, Україна

ВПЛИВ НІТРОФОСУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПОГЛИНАННЯ КИСНЮ МОЛЮСКОМ *UNIO PICTORUM* (*BIVALVIA, UNIONIDAE*)

Досліджено вплив різних концентрацій (0,009, 0,09, 0,9, 9, 90, 900, 9000 мг/дм³) нітрофосу на поглинання кисню перлівницею *U. pictorum ponderosum*. З'ясовано, що він спричиняє отруєння моллюсків, яке, починаючи з концентрації токсиканта 0,09 мг/дм³, супроводжується прогресуючим зниженням інтенсивності поглинання ними кисню.

Ключові слова: Unio pictorum ponderosum, нітрофос, поглинання кисню

Рівень поглинання кисню з водного середовища – необхідна умова нормального перебігу аеробного обміну вуглеводів у багатьох гідробіонтів, у тому числі у двостулкових прісноводних моллюсків. Надходження його в організм цих тварин здійснюється завдяки постійному функціонуванню їх гідрокінетичного апарату як через зябра, так і через шкіру.

В умовах постійного зростання антропогенного тиску на водне середовище доцільним є з'ясування того, як різні за своєю хімічною природою, походженням, концентрацією поллютанти впливають на ті фізіологічні процеси, які зумовлюють нормальну життєдіяльність гідробіонтів. Такі матеріали є вкрай необхідними для здійснення біотестування при проведенні моніторингу стану забруднення природних вод.

Останнім часом у тих регіонах України, де серед інших видів виробничої діяльності провідне місце займає сільськогосподарське виробництво, досить поширеним є забруднення природних і штучних водойм і водотоків різними мінеральними добривами. Це пов'язано, здебільшого, з недотриманням правил їх перевезення і зберігання, а також з порушенням норм і кратності застосування. Відтак, з дощовими і талими водами ці речовини потрапляють у водойми, у тій чи іншій мірі забруднюючи їх і викликаючи у притаманного їм тваринного населення різні морфо-фізіологічні і етологічні порушення.

Метою дослідження було з'ясувати, як різні концентрації нітрофосу впливають на рівень поглинання кисню перлівницею важкою *Unio pictorum ponderosum* Spitz in Rossmassler, 1844 – найпоширенішим і найчисельнішим видом родини *Unionidae* в Україні. Від нього через це у значній мірі залежить продуктивність її прісноводних екосистем. На сьогодні такі відомості щодо *U. p. ponderosum* є вкрай скупими: вони обмежуються лише відомостями кінця 80-их років ХХст. [2, 3], наведеними Г. С. Іванчиком [1], і нашим короткими повідомленнями.

Матеріал і методи досліджень

За матеріал слугували 251 екз. *U. p. ponderosum* з р. Гуйва (хутір Довжик Житомирської обл.), добутих як вручну, так і за допомогою гідробіологічного сачка. Призначених для транспортування особин обгортали складеною у кілька шарів вологою рядниною. У лабораторії до початку досліду тварин розкладали в один шар в емальованих кюветах, заповнених вологим піском, і накривали їх згори багат шаровою вологою рядниною. Утримували матеріал до початку токсикологічного досліду (від 0,5 до 1 доби) у прохолодному приміщенні (9°C).

Токсикологічний дослід поставлено за [4]. Як токсикант використано нітрофос (=нітрофосфат) – складне азотно-фосфорне мінеральне добриво, що містить у середньому по 20% азоту та P_2O_5 , застосовуване під усі, без виключення, сільськогосподарські культури.

Насамперед орієнтаційним дослідом було встановлено значення $LK_0=0,001$ і $LK_{100}=1000$ мг/дм³. Опісля у межах LK_0 і LK_{100} було підібрано 7 концентрацій нітрофосу для постановки основного токсикологічного досліду – 0,009, 0,09, 0,9, 9, 90, 900, 9000 мг/дм³. У токсичні розчини, приготовані на дехлорованій відстоюванням (впродовж доби) водопровідній воді, на дві доби поміщали моллюсків (щільність посадки – 1 особ./дм³). Через добу середовище замінювали свіжоприготовленим. Температура розчинів становила 19–23°C. Перед початком токсикологічного досліду і одразу після його завершення визначали методом Вінклера вміст кисню у воді. Далі розрахунковим методом визначали рівень поглинання кисню (на одну особину), а також на 1 г загальної маси тіла і маси м'якого тіла *U. p. ponderosum*.

Кількісні результати дослідження опрацьовано методами базової варіаційної статистики [5].

Результати досліджень та їх обговорення

З'ясовано, що за шкалою ступеня токсичності хімічних речовин для гідробіонтів [6] нітрофос для *U. p. ponderosum* є речовиною слабкотоксичною.

У контрольній групі тварин поглинання кисню кожною окремою особиною становить 8,5–9 мл O_2 /год. У перерахунку на 1 г загальної маси тіла це становить 0,25, а маси м'якого тіла – 0,5 мл O_2 /год. Статистично вірогідних відмінностей за всіма трьома означеними вище показниками не виявлено. Що стосується вікових відмінностей, то у інших перлівницевих вони мають місце [3, 7] і полягають у тому, що з віком поглинання кисню ними (на особину) зростає. Відсутність аналогічного результату для досліджених нами *U. p. ponderosum* гуйвинської популяції зумовлена, гадаємо, швидше всього тим, що в опрацьованій нами сукупності кількісно переважали особини молодших вікових груп (2- і 3-річні), натомість доля 4–7-річних тварин була незначною (близько 5%). Це, звісно, не могло не відобразитися на значеннях усереднених даних.

За 0,009 мг/дм³ нітрофосу у середовищі зростання поглинання кисню на особину спостерігається лише у самок (таблиця) – на 10,6% ($P > 95\%$), тоді як у самців лише наявна така тенденція, яка, однак, не сягає рівня статистичної вірогідності. А відтак, 0,009 мг/дм³ нітрофосу, на перший погляд, є концентрацією байдужою для самців, тоді як у самок вона викликає явне отруєння, а саме ту стадію (фазу) патологічного процесу, яку називають стимуляцією [8, 9]. На ній шкодочинному впливові токсиканта самки *U. p. ponderosum* протиставляють піднесення інтенсивності поглинання кисню (на особину). За цієї концентрації поглинання кисню (на 1 г загальної маси тіла) залишається у них без змін, тоді як на 1 г маси м'якого тіла – суттєво зменшується ($P > 99,9\%$) – на 21,6% у самок і на 28,1% у самців. Отже, нижній поріг витривалості *U. p. ponderosum* щодо нітрофосу водного середовища є у них дещо нижчим за концентрацію 0,009 мг/дм³.

Концентрація 0,009 мг/дм³ нітрофосу – це той поріг, на якому відбувається зниження інтенсивності поглинання кисню (на особину) як самцями, так і самками (на 50 і 41,7% відповідно; $P > 99,9\%$). Це свідчить про розвиток у них наступної стадії процесу отруєння – депресії. Концентрації нітрофосу у межах 0,09–900 мг/дм³ є шкодочинним для *U. p. ponderosum* середовищем, яке зумовлює зниження інтенсивності поглинання моллюсками кисню. Це є можливим свідченням того, що під впливом 0,09–900 мг/дм³ нітрофосу у цих тварин

пригнічується аеробне розщеплення їх основного енергетичного субстрату – вуглеводів, і внаслідок цього зменшується здатність їх протистояти несприятливим чинникам середовища. Слід, однак, зазначити, що у токсичному середовищі прісноводні молюски відзначаються наявністю у них своєрідного біохімічного захисно-приспосувального механізму, котрий дозволяє їм «перемикаєти» аеробний спосіб розщеплення вуглеводів на спосіб анаеробний [10, 11]. Не виключено, що це має місце у *U. p. ponderosum* вже тоді, коли вони опиняються у середовищі, що містить 0,09 мг/дм³ нітрофосу. А вже починаючи лише з цієї концентрації токсиканта відмічено різкий спад рівня поглинання кисню у *U. p. ponderosum*. Це добре ілюструється результатами (таблиця), котрі стосуються поглинання ними кисню у перерахунку на 1 г як загальної маси тіла, так і маси м'якого тіла. За 0,09 мг/дм³ нітрофосу у воді значення першого із вказаних вище показників зменшується порівняно з контролем на 41% у самок і на 50% у самців, а другого – на 36 і 33% відповідно. Сказане вище підтверджують і отримані нами дані, що стосуються залежності смертності молюсків від концентрації нітрофосу у середовищі: 90 мг/дм³ – 27%, 150 – 50, 900 мг/дм³ – 89%.

Таблиця

Поглинання кисню (мл O₂/год) перлівницею у залежності від концентрації нітрофосу у водному середовищі

Нітрофос, мг/дм ³	Стать	На особину	На 1 г загальної маси тіла	На 1 г маси м'якого тіла
		$x \pm m_x$ v	$x \pm m_x$ v	$x \pm m_x$ v
0	Самки	8,46 ± 0,22 2,56	0,24 ± 0,03 5,32	0,51 ± 0,05 10,20
	Самці	9,07 ± 0,40 4,33	0,26 ± 0,04 14,10	0,57 ± 0,07 12,70
0,009	Самки	9,36 ± 0,38 14,65	0,21 ± 0,40 14,63	0,44 ± 0,02 18,30
	Самці	9,61 ± 0,21 6,42	0,28 ± 0,10 58,70	0,41 ± 0,01 4,63
0,09	Самки	8,40 ± 0,02 10,00	0,14 ± 0,01 24,30	0,33 ± 0,06 45,20
	Самці	8,59 ± 0,22 9,00	0,13 ± 0,01 17,74	0,38 ± 0,01 8,9
0,9	Самки	8,09 ± 0,15 6,20	0,13 ± 0,04 10,80	0,33 ± 0,01 10,61
	Самці	8,21 ± 0,21 7,14	0,14 ± 0,01 20,70	0,36 ± 0,02 13,60
9	Самки	6,97 ± 0,13 2,01	0,11 ± 0,03 7,27	0,30 ± 0,01 4,39
	Самці	6,89 ± 0,17 2,41	0,12 ± 0,01 8,20	0,30 ± 0,06 20,14
90	Самки	7,61 ± 0,22 7,60	0,13 ± 0,01 14,4	0,32 ± 0,01 9,55
	Самці	7,69 ± 0,22 8,92	0,13 ± 0,01 6,69	0,31 ± 0,01 8,12
900	Самки	7,58 ± 0,07 2,20	0,12 ± 0,01 16,70	0,27 ± 0,03 25,90
	Самці	7,20 ± 0,13 5,33	0,11 ± 0,03 30,12	0,31 ± 0,02 22,79
9000	Самки	7,20 ± 0,15 5,74	0,13 ± 0,02 28,50	0,13 ± 0,01 10,58
	Самці	7,61 ± 0,26 8,50	0,11 ± 0,01 23,63	0,35 ± 0,02 14,27

Інтервал концентрацій нітрофосу від 9000 до 10000 мг/дм³ – це ті межі токсичного середовища, в яких у *U. p. ponderosum* стрімко перебігають одна за одною останні стадії процесу отруєння – сублетальна і летальна. Варто зазначити, що на цих стадіях попри наявність виразних, надійних симптомів, характерних для сублетальної стадії отруєння, впродовж її і до моменту загибелі піддослідних тварин показники поглинання ними кисню як на 1 г загальної маси тіла, так і на 1 г маси м'якого тіла утримуються на тому ж рівні, що й за 0,09 мг/дм³ токсиканта у середовищі. Тому можна припустити, що 100%-ва загибель тварин за 10000 мг/дм³ нітрофосу не є наслідком виключно дефіциту кисню, а результатом сукупної дії і якихось інших порушень в їх організмі, викликаних отруєнням моллюсків цим міндобривом.

Висновки

За шкалою токсичності хімічних речовин для гідробіонтів нітрофос щодо *U. p. ponderosum* є сполукою слабкотоксичною.

Проте у межах його концентрацій у середовищі 0,09 – 10000 мг/дм³ він викликає у цих моллюсків отруєння, у процесі якого послідовно виявляються одна за другою 5 стадій патологічного процесу: байдужість (до 0,009 мг/дм³ нітрофосу), стимуляція (0,009 – 0,09 мг/дм³), депресія (0,09 – 900 мг/дм³), сублетальна і летальна (9000 – 10000 мг/дм³). На трьох останніх стадіях отруєння відбувається прогресуюче зниження поглинання кисню цими тваринами.

У процесі подальших досліджень доцільно з'ясувати якими є межі концентрацій нітрофосу, характерні для кожної зі стадій отруєння, щодо всіх вікових груп *U. p. ponderosum*; «вагітних» самок; особин інвазованих партенітами (спороцисти, редії) і личинками (церкарії, метацеркарії) трематод.

У збиранні матеріалу і проведенні експерименту взяла участь О. Ю. Федчук, за що висловлюємо їй щирі вдячність.

1. *Иванчик Г. С.* Интенсивность потребления кислорода унионидами в разном возрасте / Г. С. Иванчик // Тез. докл. межвуз. науч. – метод. конф. по изуч. пресноводн. моллюсков Сибири. – Томск.: Томск. ун-т, 1969. – С. 19 – 21.
2. *Стадниченко А. П.* Влияние нитрофоса на потребление кислорода перловицей тяжелой / А. П. Стадниченко, Е. Ю. Беленко, А. А. Прощалькина, Н. Е. Рухлина. – 1987. – 19 с. – Деп. в УкрНИИИТИ 18.04.1987. №1270.
3. *Стадниченко А. П.* Влияние различных концентраций нитрофоса на интенсивность потребления кислорода перловицевыми / А. П. Стадниченко, Е. Ю. Беленко, Н. Е. Рухлина. – 1988. – 11 с. – Деп. в УкрНИИИТИ 05.10.1988. № 2551.
4. *Алексеев В. А.* Основные принципы сравнительно токсикологического эксперимента / В. А. Алексеев // Гидробиол. журн. – 1971. – Т. 17, №3. – С. 92 – 100.
5. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высш. шк., 1973. – 343 с.
6. *Метелев В. В.* Водная токсикология / Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. – М.: Колос, 1971. – 247 с.
7. *Проссер Л.* Сравнительная физиология животных. / Л. Проссер, Ф. Браун. – М.: Мир, 1967. – 766 с.
8. *Строганов Н. С.* Действие сточных промышленных вод на водне организмы (новые пути решения проблемы) / Строганов Н. С. – М.: МГУ, 1941. – 88 с.
9. *Веселов Е. А.* Основные фазы действия токсических веществ на организмы / Е. А. Веселов // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопр. водн. токсикологии. М.:Наука. – 1968. – С. 15 – 16.
10. *Биргер Т. И.* Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде / Биргер Т. И. – К.: Наук. думка, 1979. – 190 с.
11. *Маляревская А. Я.* Биохимические механизмы адаптации гидробионтов к токсическим веществам / А. Я. Маляревская // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21. – №3. – С. 70 – 82.

А. П. Стадниченко, В. К. Гурин

Житомирський державний університет ім. Івана Франка, Україна

**ВЛИЯНИЕ НИТРОФОСА ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОГЛОЩЕНИЕ КИСЛОРОДА
МОЛЛЮСКОМ *UNIO PICTORUM* (*BIVALVIA, UNIONIDAE*)**

Исследовано влияние различных концентраций (0,009, 0,09, 0,9, 9, 90, 900, 9000 мг/дм³) нитрофоса на поглощение кислорода перловицей *U. pictorum ponderosum*. Установлено, что он вызывает отравление моллюсков, которое, начиная с концентрации токсиканта 0,09 мг/дм³, сопровождается прогрессирующим снижением интенсивности поглощения ими кислорода.

Ключевые слова: *Unio pictorum ponderosum*, нитрофос, поглощение кислорода

A.P. Stadychenko, V.K. Gyrin,

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

**THE INFLUENCE OF NITROFOS IN WATER ENVIRONMENT ON OXYGEN ABSORPTION
BY MOLLUSK *UNIO PICTORUM* (*BIVALVIA, UNIONIDAE*)**

The level of oxygen absorption from water environment is the necessary condition for normal aerobic hydrocarbons metabolism in many hydrobionts including bivalve freshwater mollusks. Its entrance into these animals organisms is done thanks to constant functioning of hydrokinetic organs via gills and skin. Under the growing anthropogenic pressure on water environment it is expedient to establish the way different in their chemical nature, origin and concentration pollutants influence physiological processes necessary for hydrobionts normal activity. These data are required in biological tests while monitoring the natural waters pollution. In agricultural regions of Ukraine water pollution with different fertilizers including nitrofos is rather wide-spread. That's why it's necessary to establish the way its different concentrations influence on oxygen absorption by *U. pictorum ponderosum* – one of the most distributed and numerous species from Unionidae family in the region. Nitrofos different concentrations (0,009, 0,09, 0,9, 9, 90, 900, 9000 mg/dm³) influence *U. pictorum ponderosum* oxygen absorption is researched. It causes these mollusks poisoning starting from 0,09 mg/dm³ concentration and is accompanied with this function progressive deterioration.

Key words: *Unio pictorum ponderosum*, nitrofos, oxygen absorption

Рекомендує до друку

Н.М. Дробик

Надійшла 5.07.2012

УДК 582.683.2

Г.В. ЦЕХМІСТЕР, Л.А. ПІНЧУК, Н.В. ТКАЧУК, В.О. ЯНЧЕНКО, А.М. ДЕМЧЕНКО

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка
вул.Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013

**ПОКАЗНИКИ РОСТУ *LEPIDIUM SATIVUM* L. ЗА ПРИСУТНОСТІ
1-АРИЛТЕТРАЗОЛВМІСТНИХ ПОХІДНИХ
1-ТЕТРАЛІН-6-ІЛ-ЕТАНОНУ**

Досліджено ристрегулюючу активність похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-іл-етанону щодо проростків *L. sativum* L. Встановлено, що похідні з орто-замісником у фенільному радикалі проявили властивості інгібіторів росту надземної частини з одночасною стимулюючою дією на ріст та синтетичні

процеси у корені проростків; похідні з мета-замісником – стимуляторів росту коренів з пригнічуючою дією на синтетичні процеси в надземній частині або коренях.

Ключові слова: рістрегулююча активність, фітотестування, *Lepidium sativum* L., 1-арилтетразолвмістні похідні 1-тетралін-6-іл-етанону

Насьогодні увагу привертають синтетичні регулятори росту та розвитку рослин [4]. Зокрема величезне значення надається похідним тетразолу, оскільки серед них є сполуки що знайшли застосування в біохімії, фармакології, сільському господарстві [2]. Для оцінки впливу сполук добре розроблений, давно застосовується і є досить чутливим тест на проростання насіння та визначення різниці в масі та розмірах проростків крес-салату (*Lepidium sativum* L.) [1]. Тому метою роботи було дослідити рістрегулюючу активність похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-іл-етанону щодо проростків крес-салату.

Матеріал і методи досліджень

Досліджували похідні з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-ілетанону (рис.1), які синтезовано на кафедрі хімії Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка під керівництвом д.фарм.н. Демченка А.М. Сполуки синтезовано із вихідних 1-арилтетразол-5-тіюлів та 2-бromo-(1-тетралін-6-іл)етанону у лужному середовищі за загальною методикою алкілування гетерилтіюлів [3]. Кількісний склад синтезованих речовин підтверджений елементним аналізом, а структура – даними ПМР-спектрометрії.

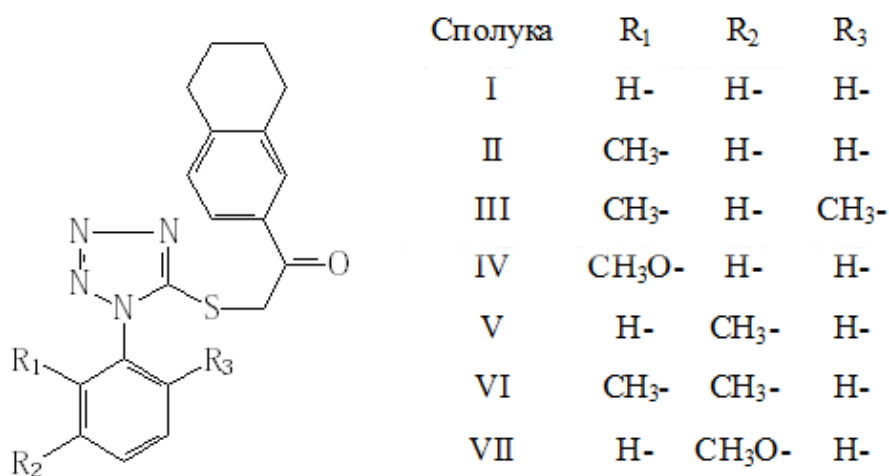


Рис.1. Загальна формула похідних 1-тетрамін-6-іл-етанону

Для оцінки впливу сполук визначали енергію проростання насіння та біометричні показники (довжина, маса надземної частини та коренів) 5-добових проростків, розраховували фітотоксичний ефект (ФЕ) похідних [1]. Концентрація сполук становила 100 мкг/мл. Схема експерименту представлена нами раніше [6]. Повторність дослідів трьохкратна.

При обробці експериментальних даних розраховували середнє квадратичне відхилення. Як критерій оцінки достовірності змін, що спостерігали, використали t-критерій Ст'юдента [5]. Статистичну обробку результатів дослідження проводили для рівня значимості 0,05.

Результати досліджень та їх обговорення

Результати дослідження чутливості насіння крес-салату за енергією проростання в присутності семи сполук - похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл) сульфанил-1-тетралін-6-іл-етанону наведено в таблиці 1.

Енергія проростання насіння крес-салату за присутності похідних

Сполука	Енергія проростання, % щодо контролю
I	95,7±1,3*
II	98,6±0,8
III	100,0±2,2
IV	102,9±0,8
V	95,8±4,9
VI	102,8±4,9
VII	100,0±13,3

Примітка. Відмінності від контролю достовірні при * $p \leq 0,05$ ($t_{st}=2,0-2,6-3,4$)

Встановлено, що енергія проростання насіння за присутності досліджених похідних, крім сполуки I, знаходиться в межах контролю. Сполука I достовірно знизил енергію проростання насіння і ФЕ становить 4,4%.

Результати дослідження біометричних показників проростків крес-салату за присутності похідних наведено на рис. 2-5.

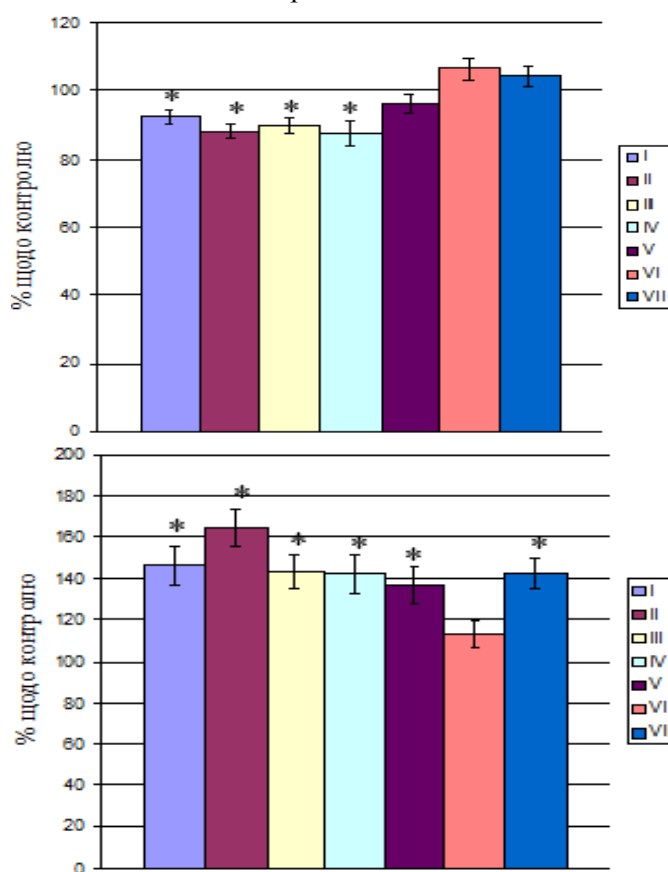


Рис. 2. Довжина надземної частини проростків крес-салату під впливом семи сполук - похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-ілетанону

Примітка. Відмінності від контролю достовірні при * $p \leq 0,05$ ($t_{st}=2,0-2,6-3,4$)

Рис. 3. Довжина корінців проростків крес-салату під впливом семи сполук - похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-ілетанону

Примітка. Відмінності від контролю достовірні при * $p \leq 0,05$ ($t_{st}=2,0-2,6-3,4$)

Відмічено, що сполука I (без замісників у фенільному радикалі) достовірно у 1,1 рази пригнітила ріст надземної частини проростків у порівнянні з контролем (рис. 2) (фітотоксичний ефект становить 7,3%), стимулювала ріст корінців (в 1,5 рази) та синтетичні процеси в них (в 1,2 рази) (рис. 3, 5). При цьому, на масу надземної частини проростків сполука I не вплинула (рис. 4).

Введення замісників в орто-положення фенільного залишку молекули (сполуки II, III, IV) не призвело до змін біометричних показників проростків тест-рослини у порівнянні зі сполукою I. Так, за присутності сполуки II (з метильним замісником в орто-положенні фенільного залишку) спостерігали достовірно пригнічення росту надземної частини проростків у 1,1 рази порівняно з контролем (рис. 2) (фітотоксичний ефект при цьому становив 11,7%), але відмічено достовірно стимулювання росту корінців (у 1,7 рази) (рис.5). На масу надземної

частини сполука не вплинула (рис.4), але достовірно збільшила порівняно з контролем масу корінців (у 1,1 рази) (рис.5).

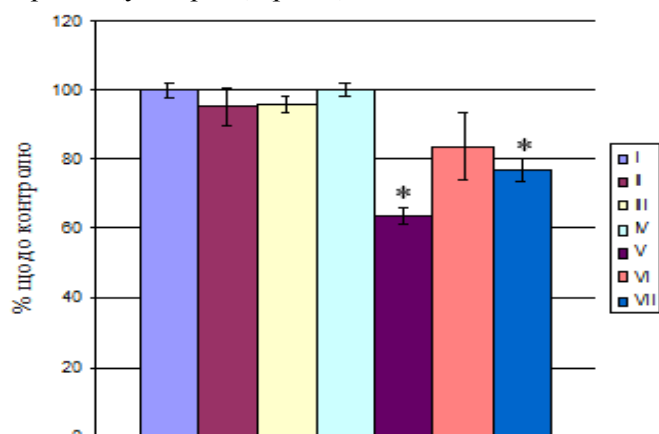


Рис. 4. Маса надземної частини проростків крес-салату під впливом семи сполук - похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-ілетанону

Примітка. Відмінності від контролю достовірні при * $p \leq 0,05$ ($t_{st}=2,0-2,6-3,4$)

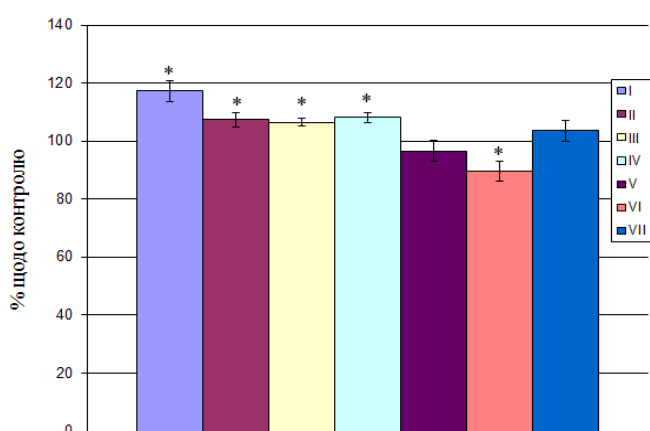


Рис. 5. Маса корінців проростків крес-салату під впливом семи сполук - похідних з орто- та мета-замісниками в арильному залишку 2-(1-арилтетразол-5-іл)сульфаніл-1-тетралін-6-ілетанону

Примітка. Відмінності від контролю достовірні при * $p \leq 0,05$ ($t_{st}=2,0-2,6-3,4$)

Подібну тенденцію спостерігали під впливом сполук III (з метильними замісниками в 2,6-положенні фенільного залишку) та IV (з метокси-замісником в орто-положенні фенільного залишку). Зокрема відмічено достовірне зменшення довжини надземної частини у 1,1 рази в порівнянні з контролем (рис.2) (фітотоксичний ефект складає 10,2% та 12,2% відповідно) та достовірне збільшення (у 1,4 рази) росту підземної частини (рис.3). На масу стебла сполуки III та IV не вплинули (рис.4), але достовірно збільшили масу корінців у 1,1 рази порівняно з контролем (рис.5).

Введення замісників в мета-положення фенільного залишку (сполуки V, VI, VII) призвело до зміни біометричних показників проростків тест-рослини у порівнянні зі сполукою I. При цьому однакова тенденція в реакціях тест-рослин спостерігається за присутності сполуки V (з метильним замісником в мета-положенні фенільного залишку) та VII (з метоксильним замісником в мета-положенні фенільного залишку). Так, довжина надземної частини та маса корінців проростків крес-салату достовірно не змінилася (рис.2, 5), проте достовірно стимулювався ріст корінців - їх довжина в 1,4 рази більша порівняно з контролем (рис.3) та пригнітились синтетичні процеси в надземній частині (маса надземної частини виявилася меншою, ніж в контролі в 1,6 рази (сполука V) та 1,3 рази (сполука VII).

Під впливом сполуки VI (з метильними замісниками в 2,3-положенні фенілу) достовірних змін біометричних показників проростків не виявлено, крім зміни маси корінців (рис.5). При цьому встановлено, що сполука VI достовірно у 1,1 рази зменшила масу корінців проростків порівняно з контролем.

Висновки

Встановлено, що синтетичні 1-арилтетразольмістні похідні 1-тетралін-6-ілетанону мають рістрегулюючу активність щодо проростків *L. sativum*. Структурні особливості похідних в значній мірі визначають їх рістрегулюючу дію. Похідні з орто-замісником у фенільному

радикалі (сполуки II, III, IV) проявили властивості інгібіторів росту надземної частини з одночасною стимулюючою дією на ріст та синтетичні процеси у корені проростків крес-салату; похідні з мета-замісником – стимуляторів росту корінців з пригнічуючою дією на синтетичні процеси в надземній частині (сполуки V, VI) або коренях (сполука VI).

1. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ...канд.биол.наук: 03.00.16 / Багдасарян Александр Сергеевич. – Ставрополь, 2005. – 159 с.
2. Гапоник П.Н. N-замещенные тетразолы: Синтез, свойства, строение и применение: дис. ...докт.хим.наук: 05.17.05 / Гапоник Павел Николаевич. – Минск, 2000. – 317 с.
3. Демченко А.М. Синтез і властивості похідних 4Н-1,2,4-триазоліл-3-тіолу / А.М.Демченко, В.О.Янченко, Т.В.Шатиркіна, М.О.Лозинський // Фарм. журнал. – 2003. – №2. – С. 57–60.
4. Мельников Н.Н. Пестициды и регуляторы роста растений: справочное издание / Н.Н.Мельников, К.В.Новожилов, С.Р.Белан. – М.: Химия, 1995. – 574 с.
5. Плохинский Н.А. Биометрия / Плохинский Николай Александрович. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. – 368 с.
6. Ткачук Н.В., Янченко В.О., Демченко А.М. Фітотоксичність деяких похідних 4-аміно-3,5-диметил-4Н-1,2,4-триазолію // Збірник статей за матеріалами Міжнародної наукової конференції «Фіторізоманія прикордонних територій України, Росії, Білорусі у постчорнобильський період» (17-18 грудня 2010 р., м. Чернігів). – С. 237–243.

А.В. Цехмистер, Л.А. Пинчук, Н.В. Ткачук, В.А. Янченко, А.М. Демченко
Черниговский национальный педагогический университет им.Т.Г.Шевченко, Украина

ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА *LEPIDIUM SATIVUM* L. В ПРИСУТСТВИИ 1-АРИЛТЕТРАЗОЛСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ 1-ТЕТРАЛИН-6-ИЛ-ЭТАНОНА

Исследована рострегулирующая активность производных с орто- и мета-заместителями в арильном остатке 2-(1-арилтетразол-5-ил)сульфанил-1-тетралин-6-ил-этанона относительно проростков *L. sativum*. Установлено, что производные с орто-заместителем в фенильном радикале проявили свойства ингибиторов роста надземной части с одновременным стимулирующим действием на рост и синтетические процессы в корне проростков; производные с мета-заместителем – стимуляторов роста корней с подавляющим действием на синтетические процессы в надземной части или корне.

Ключевые слова: рострегулирующая активность, фитотестирование, Lepidium sativum L., 1-арилтетразолсодержащие производные 1-тетралин-6-ил-этанона

A.V. Tsechmister, L.A. Pinchuk, N.V. Tkachuk, V.A. Yanchenko, A.M. Demchenko
Taras Shevchenko Chernihiv' Nation Pedagogical University, Ukraine

INDEXES OF THE GROWTH OF *LEPIDIUM SATIVUM* L. BY THE PRESENCE OF 1-ARILTETRAZOL-DERIVATIVES OF 1-TETRALIN-6-YL-ETANON

Is investigated the growth-regulating activity of derivatives with O- and M-deputies in Aril-deputy of 2-(1-ariltetrazol-5-yl)sul'fanil-1-tetralin-6-yl-etanon on *L. Sativum*. It is found that derivatives with O-deputy from Phenyl-radical have revealed properties of above-ground growth inhibitors while stimulant for growth and synthetic processes in roots of cuttings; derivatives with M-deputy have revealed properties with the oppressive effect as growth promoters of roots the synthetic processes of above-ground parts or roots.

Key words: growth-regulating activity, phytotest, Lepidium sativum L., 1-ariltetrazol-derivatives of 1-tetralin-6-yl-etanon

Рекомендує до друку
Н.М. Дробик

Надійшла 12.06.2012

УДК 593.16(477.41/42)

С. Ю. ШЕВЧУК

Житомирський державний університет ім. Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008

НОВІ ДЛЯ ФАУНИ УКРАЇНИ ВИДИ ГЕТЕРОТРОФНИХ ДЖГУТИКОВИХ (*PROTISTA*, *EXCAVATA*, *KINETOPLASTEA*) РОДУ *VODO* ТА ЇХ ЕКОЛОГО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ

Наведено дані про знаходження на території центральної частини Українського Полісся 5 видів роду *Vodo*, що є новими для фауни України, а також відомості про їх особливості морфології та екології.

Ключові слова: протисти, гетеротрофні джгутикові, екологія, Українське Полісся, морфологія

Гетеротрофні джгутикові – це група протистів, що залишається однією з найменш вивчених в Україні. У роботах з вивчення гідрофауни територій України ці організми згадуються під спільною назвою „гетеротрофні джгутикові” без додаткових даних ні про видовий склад, ні про чисельність. Аналіз літературних даних щодо поширення гетеротрофних джгутикових на Україні свідчить про те, що знаходження цих протистів відбувалося, в основному, на території великих наукових осередків, зокрема, це Київська, Харківська та Одеська області [7]. Однією з об’єктивних причин такого стану є те, що це найдрібніші протисти, розміри яких часто близькі до розмірів бактерій [10], тому дослідник при роботі з флагелятами стикається з цілим рядом труднощів.

Світова фауна гетеротрофних джгутикових нараховує близько 3000 тис. видів (без дінофлагелят) [9], а фауна України біля 100 прісноводних видів [7]. Зрозуміло, що із 3000 тис. більшість це морські форми, але і так порівняння неспівставне.

Представники роду *Vodo* мешкають як в морських, так і в прісних водах. Вони характеризуються наявністю двох джгутиків, що відходять від передньої частини клітини. Один з джгутиків (плавальний) спрямований вперед, інший (рульовий) – назад і не приймає участі у русі. Характерною ознакою представників даного таксону є наявність кінетопласта. Зазвичай присутній оформлений ротовий отвір (цитостом). Здатні утворювати цисти. Живлення анімальне або осмотрофне [2].

Матеріал і методи досліджень

Неконцентровані проби води, відібрані в різних типах водойм Житомирської та Київської областях, об’ємом 5 мл розливали в чашки Петрі діаметром 6 см по три повторності з кожного місця збору матеріалу. Проби вивчали під світловим мікроскопом МИКМЕД з об’єктивом водної імерсії $\times 70$ і окуляром $\times 15$. В кожній чашці розглядали 15 полів зору.

Для ідентифікації видового складу джгутикових використовували роботи Жукова [2].

Температуру води визначали каліброчним ртутним термометром з ціною поділки 0,1 – 0,5°C. Вимірювання рН здійснювали електрометрично.

Оксигенізацію води визначали за кількістю розчиненого кисню у воді, що вимірюється в мг/л. Окиснювальність води – перманганатним методом [1].

Результати досліджень та їх обговорення

Нами на території центральної частини Українського Полісся [4] було знайдено 10 видів роду *Vodo*, з яких 5 виявилися новими для фауни України: *Vodo designis* Skuja, 1948, *Vodo edax* Klebs, 1893, *Vodo minimus* Klebs, 1893, *Vodo repens* Klebs, 1893, *Vodo spora* Skuja, 1956.

***Vodo designis* Skuja, 1948 (Рис. 1)**

Клітина яйцевидної форми з загостреним і злегка вигнутим до черевної сторони переднім кінцем рострумом, задній кінець також загострений. Довжина тіла – 10-15 мкм. Джгутики відходять від основи роструму. Довжина плавального джгутика приблизно рівна довжині тіла, рульовий – у 2,5 рази довший. Ядро та скоротлива вакуоля в передньому кінці тіла. Під час

руху плавальний джгутик закручується навколо роструму. Плаває швидко, обертаючись навколо повздовжньої осі тіла [6].

Зустрічається часто, найбільше в водоймах з підвищеною сапробністю, відомий також для прісних та морських водойм, ґрунтів і очисних споруд [2].

Диференційний діагноз. Від інших видів роду відрізняється формою переднього та заднього кінців тіла та формою скручування плавального джгутика.

Чисельність цього виду в пробах могла сягати 4700 екз/мл. Значення гідрохімічних параметрів, при яких реєстрували вид варіювали в широких межах. Активна реакція водного середовища від 5,3 до 7,6. Вміст розчиненого у воді кисню – 2,6-24,5 мг/л. Вміст розчинених у воді органічних речовин - 4,7-85,4 мг O₂/л.

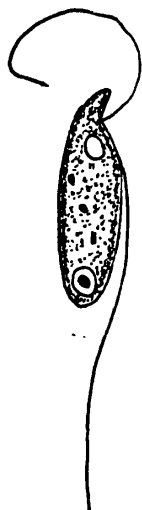


Рис. 1. *B. designis* (x 1050)

***Bodo edax* Klebs, 1893 (Рис. 2)**

Форма клітинного тіла яйцевидна з загостреним переднім кінцем. Черевна сторона має борозну. Довжина клітини до 15 мкм, ширина до 8 мкм. Плавальний джгутик рівний довжині тіла, рульовий в 2 рази довший. Ядро та скоротлива вакуоля знаходяться в передній частині тіла. Цей вид здатний заковтувати дрібніших за розмірами джгутикових.

Нами вид був знайдений в річках та ставках. Зазвичай надає перевагу мезосапробним та забрудненим водоймам [2, 3].

Диференційний діагноз. Від інших видів роду *Bodo* відрізняється наявністю борозни на черевній стороні тіла клітини.

Чисельність виду в пробах досягала 523 екз/мл. Значення гідрохімічних параметрів, при яких реєстрували вид були такими: активна реакція водного середовища близько 7; вміст розчиненого у воді кисню – 7-15,6 мг/л; вміст розчинених у воді органічних речовин 4,7-25 мг O₂/л.

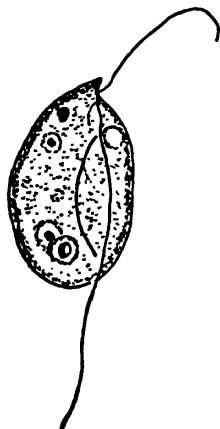


Рис. 2. *B. edax* (x 1050)

***Bodo minimus* Klebs, 1893 (Рис. 3)**

Клітина бобовидної форми. Довжина 5-6 мкм. Джгутики виходять з невеликого заглиблення (цитостома), розміщеного на передньому кінці тіла. Плавальний джгутик приблизно рівний довжині тіла, рульовий - у два рази довший. Ядро і скоротлива вакуоля розміщені в передній частині тіла.

Плаває рідко, рухається дуже повільно.

Нами вид був знайдений в р. Здвиж, смт. Брусилів при $t^{\circ}\text{C}=18$; $\text{pH}=7,32$; вміст розчинених кисню та органічних речовин (перманганатна окиснювальність) в воді 5,67 мг/л і 14,16 мг O_2 /л відповідно.

Є досить звичайним; зустрічається в водоймах мезосапробного типу, очисних спорудах, ґрунті [2, 3].

Диференційний діагноз. Серед видів роду *Bodo* вирізняється дрібними розмірами та бобовидною формою тіла клітини.



Рис.3. *B. minimus* (x 1050)

***Bodo repens* Klebs, 1893 (Рис. 4)**

Форма клітинного тіла овальна або близька до циліндричної. На передньому кінці тіла, в місці виходу джгутиків, є невелике заглиблення. Передній джгутик короткий, задній в 2 рази довший за довжину тіла. Ядро та скоротлива вакуоля знаходиться в передній частині клітини. Цитоплазма гранульована. При русі задній кінець тіла цього виду піднімається вгору. Рухається повільно, не плаває

Нами був знайдений у р. Тетерів, м. Радомишль при $t^{\circ}\text{C}=19$; $\text{pH}=6,93$; вміст розчинених кисню та органічних речовин (перманганатна окиснювальність) в воді 9,33 мг/л і 15,28 мг O_2 /л відповідно.

За літературними даними зустрічається в мезотрофних водоймах та очисних спорудах [2].

Диференційний діагноз. Серед видів роду *Bodo* відрізняється гранульованою цитоплазмою та циліндричною формою клітини.

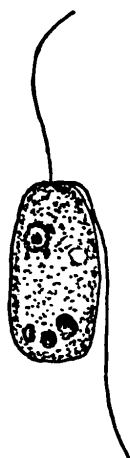


Рис. 4. *B. repens* (x 1050)

***Bodo spora* Skuja, 1956 (Рис. 5)**

Клітина овальної або кулястої форми. Інколи може метаболізувати. Довжина до 5 мкм, ширина 3-3,5 мкм. На передньому кінці є невеликий рострум, який погано видно в світловий мікроскоп. Трохи нижче від роструму відходять два джгутики. Плавальний джгутик може в 2-3 рази бути довшим за довжину тіла, а рульовий – до 15 мкм.

Зустрічається в мезосапробних водоймах.

Диференційний діагноз. Від інших видів роду *Bodo* відрізняється надмалими розмірами клітини та довжиною джгутиків.

Чисельність виду в пробах досягала 523 екз/мл. Значення гідрохімічних параметрів, при яких реєстрували вид були такими: активна реакція водного середовища близько 6,5; вміст розчиненого у воді кисню – 7-15,6 мг/л; вміст розчинених у воді органічних речовин 4,7-25 мг О₂/л.



Рис. 5. *B. spora* (x 1050)

Висновки

Отже, у водоймах центральної частини Українського Полісся нами було зафіксовано 5 нових для фауни України видів гетеротрофних жгутикових, тільки *B. designis* можна вважати масовим видом, оскільки його чисельність у пробах досягала 4700 екз/мл, для інших видів найвищим показником був 523 екз/мл.

1. *Алекин О. А.* Руководство по химическому анализу суши / О. А. Алекин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопинцев. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 269 с.
2. *Жуков Б. Ф.* Атлас пресноводных гетеротрофных жгутиконосцев (биология, экология и систематика) / Б. Ф. Жуков. – Рыбинск: ИБВВ РАН, 1993. – 160 с.
3. *Косолапова Н. Г.* Сообщества планктонных гетеротрофных жгутиконосцев малых водных объектов: дис. ... кандидата биол. наук: 03 00 18 / Косолапова Наталья Геннадьевна. – Борок, 2005. – 205 с.
4. *Маринич О. М.* Українське Полісся / О. М. Маринич. – К.: Радянська школа, 1962. – 162 с.
5. *Серавин Л. Н.* Простейшие Что это такое? / Л. Н. Серавин. – Л.: Наука, 1984. – 176 с.
6. *Тихоненков Д. В.* Фауна, морфология и структура сообществ свободноживущих гетеротрофных жгутиконосцев в разнотипных пресноводных и морских биотопах: дис. ... кандидата биол. наук: 03 00 18; 03 00 33 / Тихоненков Денис Викторович. – Борок, 2006. – 397 с.
7. *Шевчук С. Ю.* Гетеротрофні жгутикові центральної частини Українського Полісся: дис. ... кандидата біол. наук: 03 00 08 / Шевчук Світлана Юріївна. – Житомир, 2008. – 148 с.
8. *Adl S.M.* The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists / Adl S.M., Simpson A.G.B., Farmer M.A. [et. al.] // J. Eucaryot. Microbiol. – 2005. – Vol. 52, №5. – P. 399–432.
9. *Finlay B.J.* The global diversity of protozoa and other small species / B.J. Finlay // Australian biologist. – 1997. – Vol. 10. – P. 131–151.
10. *Karpov S.A.* Ultrastructure and 18S rRNA gene sequence of a small heterotrophic flagellate *Siluania monomastiga* gen. et sp. nov. (Bicosoecida) / Karpov S.A., Kersanach R., Williams D.M. // Europ. J. Protistol. – 1998. – Vol. 34. – P. 415–425.

С. Ю. Шевчук

Житомирский государственный университет имени Ивана Франко, Украина

НОВЫЕ ДЛЯ ФАУНЫ УКРАИНЫ ВИДЫ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОВЫХ (*PROTISTA*, *EXCAVATA*, *KINETOPLASTEIA*) РОДА *BODO* И ИХ ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Приведены данные о нахождении на территории центральной части Украинского Полесья 5 видов рода *Bodo*, которые оказались новыми для фауны Украины, а также ведомости об особенностях их морфологии и экологии.

Ключевые слова: протисты, гетеротрофные жгутиковые, экология, морфология, Украинское Полесье

S. Yu. Shevchuk

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

NEW TO FAUNA OF UKRAINE SPECIES HETEROTROPHIC FLAGELLATES (*PROTISTA*, *EXCAVATA*, *KINETOPLASTEA*) OF GENUS *BODO* AND THEIR FEATURES OF MORPHOLOGY AND ECOLOGY

Data are provided about finding on territory of central part of Ukrainian Polissya 5 species of genus *Bodo*, new to fauna of Ukraine, and information on their features of morphology and ecology.

Key words: protists, heterotrophic flagellates, ecology, morphology, Ukrainian Polissya.

Рекомендує до друку

Н.М. Дробик

Надійшла 25.07.2012

БІОХІМІЯ

УДК [612. 1 : 796.015] : 577.15

Н.В. БОГДАНОВСЬКА

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

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА АКТИВНІСТЬ ЕНДОТЕЛІАЛЬНОЇ NO-СИНТАЗИ

Здійснено аналіз стану системи синтезу оксиду азоту, судинного ендотелію, фізичної працездатності юнаків і дівчат 20-25 років з різною мірою адаптації до фізичних навантажень. Показано, що високий рівень фізичної працездатності забезпечується вираженими позитивними перебудовами всіх ланок системи синтезу оксиду азоту та функціонального стану судинного ендотелію і є більш вираженими в осіб жіночої статі. Встановлена сильна кореляційна залежність між рівнем фізичної працездатності і біохімічними параметрами функціонального стану системи синтезу оксиду азоту.

Ключові слова: фізичні навантаження, синтаза оксиду азоту, кореляційна залежність, юнаки, дівчата, фізична працездатність

Наразі відомо, що фізичні навантаження сприяють оптимізації функціонального стану фізіологічних систем організму та забезпечують високий рівень фізичної працездатності [11].

Також показано важливу роль оксиду азоту в регуляції діяльності серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної, імунної та інших систем організму, які значною мірою визначають поточний рівень фізичної працездатності та ступінь адаптації до фізичних навантажень [1, 3, 4, 5]. Крім цього, фізичні навантаження попереджають ендотеліальну дисфункцію у здорових осіб і сприяють її корекції в осіб із захворюваннями серцево-судинної системи [1, 3, 4, 5].

Тому висловлюється припущення про існування тісної функціональної залежності між станом системи синтезу оксиду азоту і рівнем фізичної працездатності організму.

У зв'язку з актуальністю та практичною значимістю зазначеної проблеми метою даного дослідження було визначення кореляційної залежності між рівнем фізичної працездатності та функціональним станом системи синтезу NO.

Матеріал і методи досліджень

У цьому дослідженні було проведене обстеження практично здорових юнаків і дівчат у віці 20-25 років, які були поділені на контрольну групу (нетреновані особи) з традиційним режимом рухової активності (дворазові заняття фізичною культурою у вищому навчальному закладі) та основну групу (треновані особи) зі стажем занять спортом більше 10 років – професійні спортсмени, члени збірних України з ігрових видів спорту.

Під час дослідження реєстрували показники фізичної працездатності, системи кровообігу, ендотелію судин, системи синтезу оксиду азоту та неокислювального метаболізму L-аргініну в плазмі крові. При проведенні дослідницької частини роботи морально-етичні норми відносно обстежених осіб були дотримані.

Рівень фізичної працездатності оцінювали за допомогою субмаксимального тесту PWC₁₇₀ на велоергометрі “Поляр” (випробуваний виконував 2 навантаження по 5 хвилин з інтервалом відпочинку між ними 3 хвилини) – розраховували абсолютну (aPWC₁₇₀, кгм·хв⁻¹) та відносну величини загальної фізичної працездатності (vPWC₁₇₀, кгм·хв⁻¹·кг⁻¹), абсолютну (aMCK, л·хв⁻¹) та відносну величини максимального споживання кисню (vMCK, мл·хв⁻¹·кг⁻¹) [6].

Оцінку функціонального стану судинного ендотелію здійснювали за величиною ендотеліозалежної вазомоторної реакції плечової артерії (ЕЗВДР) використовували пробу з реактивною гіперемією плечової артерії з ресстрацією таких показників: вихідні величини діаметра плечової артерії (Dpa, мм), лінійної (ЛШК, см·с⁻¹) і об’ємної (ОШК, мл·с⁻¹) швидкостей кровотоку, величини даних показників на піку розвитку реактивної гіперемії (відповідно Dpag, мм; ЛШКг, см·с⁻¹; ОШКг, мл·с⁻¹) і значення приросту зазначених параметрів при проведенні проби (відповідно ΔDpa, %; ΔЛШК, %; ΔОШК, %) [10].

Для оцінки функціонального стану системи синтезу оксиду азоту в плазмі крові визначали величини біохімічних показників, що характеризують інтенсивність синтезу оксиду азоту за двома альтернативними шляхами метаболізму – неокисному реутилізаційному і окислювальному de novo [2]. Інтенсивність окисної деградації аргініну, при якій утворюється оксид азоту de novo, оцінювали за активністю різних ізоформ NO-синтази – кальційзалежної конститутивної (визначалася сумарна активність eNOS + nNOS = cNOS, пмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка) і кальційнезалежної індукційної (iNOS, пмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка), а також за рівнем кінцевих метаболітів оксиду азоту – нітрит- (NO₂⁻, пмоль·мг⁻¹ білка) і нітрат- (NO₃⁻, пмоль·мг⁻¹ білка) аніонів. Інтенсивність реутилізаційного синтезу оксиду азоту оцінювали, визначаючи NADPH-залежну нітратредуктазну активність (нітратредуктаза, нмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка). Інтенсивність неокислювального метаболізму L-аргініну оцінювали, визначаючи активність аргінази (Arg, нмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка) [12].

Були розраховані співвідношення між біохімічними показниками:

- частку вмісту нітрит-аніона (% NO₂⁻, %), маркеру оксигенації крові в сумарному пулі циркулюючих стабільних метаболітів оксиду азоту, за формулою $\% \text{NO}_2^- = [\text{NO}_2^-] \times 100 / ([\text{NO}_3^-] + [\text{NO}_2^-])$;

- частку активності iNOS (% iNOS, %) у сумарній активності NO-синтази, за формулою $\% \text{iNOS} = \text{активність iNOS} \times 100 / \text{активність (iNOS + cNOS)} = \Sigma \text{NOS}$.

Усі експериментальні матеріали, отримані в ході дослідження, були оброблені з використанням програми “Statistica-7”.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз результатів, отриманих у дослідженні, дозволив встановити наявність істотних відмінностей у рівні фізичної працездатності та аеробних можливостей нетренованих і тренуваних осіб.

Для тренуваних юнаків та дівчат був характерний достовірно (p<0,001) більш високий рівень їхньої фізичної працездатності та аеробних можливостей у порівнянні з нетренованими однолітками. За відносними величинами PWC₁₇₀ тренувани хлопці та дівчата випереджали своїх однолітків відповідно на 48,08±2,29 % і 48,16±1,16 %, а за відносними величинами MCK – відповідно на 26,14±2,15 % і 20,26±1,10 % (табл. 1).

Отримані результати, а також відомі літературні дані про те, що основним фактором, що лімітує зростання фізичної працездатності, є стан системи кровообігу, дозволили припустити і більш оптимальний рівень функціонування серця, а це, у свою чергу, могло бути наслідком більш високого функціонального стану судинного ендотелію, у тому числі, можливо, за рахунок більш інтенсивного синтезу оксиду азоту в його клітинах.

На користь цього припущення свідчили як результати порівняльного аналізу результатів у пробі з реактивною гіперемією плечової артерії, так і дані біохімічних досліджень. Як відомо, величина реактивної гіперемії напряму залежить від синтезу оксиду азоту в ендотелії судин і відображає функціональний стан ендотелію, як клітин, що синтезують оксид азоту.

Таблиця 1

Величини загальної фізичної працездатності (вРWC₁₇₀) і аеробної продуктивності (вМСК) у нетренованих та тренуваних юнаків та дівчат (M±m)

Показники	Нетреновані	Треновані	Δ%
дівчата			
аРWC ₁₇₀ , кгм·хв ⁻¹	731,84±43,13 середній	1405,32±49,19*** вище середнього	92,03±1,52
вРWC ₁₇₀ , кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	13,61±0,97 середній	20,24±0,58*** вище середнього	48,68±1,16
аМСК, л·хв ⁻¹	2,68±0,95 середній	4,16±0,11*** високий	55,28±1,52
вМПК, мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	49,88±2,75 середній	59,99±1,27** вище середнього	20,26±1,1
юнаки			
аРWC ₁₇₀ , кгм·хв ⁻¹	1224,39±51,30 середній	2575,19±178,55*** високий	110,32±3,62
вРWC ₁₇₀ , кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	18,33±0,72 середній	27,14±1,49*** високий	48,08±2,29
аМПК, л·хв ⁻¹	3,76±0,11 середній	6,74±0,39*** високий	78,96±3,62
вМПК, мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	56,39±1,71 середній	71,14±3,26*** високий	26,14±2,15

Примітки: ** - p<0,01; *** - p<0,001 порівняно з показниками, зареєстрованими в нетренованих осіб; Δ% – величина відносної різниці (у %) між абсолютними значеннями показників у нетренованих і тренуваних.

Вдалося встановити, що в тренуваних осіб, незалежно від статі, був більш високий функціональний стан судинного ендотелію, про що свідчили достовірно вищі величини приросту, на піку проби реактивної гіперемії, діаметра плечової артерії (ΔD_{па}, на 70,43±3,02 % серед дівчат і на 18,51±1,20 % серед юнаків), лінійної (ΔЛШК, відповідно на 68,80±1,27 % і на 27,68±1,33 %) і об'ємної (ΔОШК, відповідно на 18,98±1,28 % і на 8,23±1,07 %) швидкостей кровотоку, а також достовірно нижчі величини загального периферичного опору судин (ЗПОС, відповідно на 21,47±1,06 % і на 26,85±1,12 %) (табл. 2).

Таблиця 2

Показники судинної реакції в нетренованих і тренуваних юнаків та дівчат 20-25 років на піку проби реактивної гіперемії (M±m)

Показники	Дівчата		Юнаки	
	нетреновані (n=78)	тренувани (n=87)	нетреновані (n=81)	тренувани (n=72)
ΔD _{па} , %	19,94±1,27	33,98±3,62***	24,62±1,08	29,18±0,72**
ΔЛШК, %	65,81±6,34	111,09±4,95***	34,54±2,62	44,10±2,32**
ΔОШК, %	141,47±10,69	168,32±8,55*	154,47±5,67	167,19±2,14*
ЗПОС, дин ² ·с·см ⁻⁵	2021,16±55,24	1587,31±19,08**	2919,91±200,39	2135,97±101,73**

Примітки: * - p<0,05, ** - p<0,01, *** - p<0,001 порівняно з нетренованими особами.

Переконливими були й результати порівняльного аналізу стану системи синтезу оксиду азоту в осіб із різним рівнем тренуваності і, як уже було показано, різним рівнем фізичної працездатності та функціонального стану серцево-судинної системи (табл. 3).

Було встановлено, що в тренуваних осіб, незалежно від статі, відзначалася більш висока інтенсивність кальційзалежного de novo синтезу оксиду азоту з L-аргініну за участю конститутивної NO-синтази (сNOS) та його ресинтезу при відновленні стабільних окислених метаболітів оксиду азоту (нітрит- та нітрат-аніонів), і, навпаки, більш низька інтенсивність окисного кальційнезалежного шляху синтезу NO de novo за участю індукційної NOS (іNOS) та неокислювального аргіназного шляху метаболізму L-аргініну за участю аргінази, що конкурує з сNOS за спільний субстрат (L-аргінін).

Величини показників системи синтезу оксиду азоту в крові нетренованих і тренуваних дівчат і юнаків 18-20 років (M±m)

Показники	Дівчата		Юнаки	
	нетреновані (n=78)	тренувані (n=87)	нетреновані (n=81)	тренувані (n=72)
iNOS, $\mu\text{моль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	13,83±1,47	8,54±1,47*	14,44±1,08	12,34±0,87*
cNOS, $\mu\text{моль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	28,35±2,18	48,01±4,5***	40,11±3,23	58,49±3,85**
Сумарна NOS, $\mu\text{моль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	42,18±2,90	56,55±5,42*	54,55±2,91	70,83±4**
Нітратредуктаза, $\mu\text{моль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	3,78±0,23	4,62±0,25*	3,47±0,19	3,77±0,15
Аргіназа, $\mu\text{моль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	2,69±0,32	0,99±0,27***	2,09±0,28	1,21±0,16**
NO_2^- , $\mu\text{моль}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	168,62±28,29	296,87±36,22**	177,12±18,1	324,54±20,56***
NO_3^- , $\mu\text{моль}\cdot\text{мг}^{-1}$ білка	7,76±0,82	1,36±0,14***	9,30±0,69	1,67±0,15***
% iNOS, %	32,75±2,59	14,83±1,78***	27,11±2,55	17,75±1,30**
% нітриту, %	1,878±0,398	6,702±0,264***	1,648±0,207	6,592±0,237***

Примітка. * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ порівняно з нетренованими особами.

У тренуваних юнаків і дівчат ми спостерігали статистично значимо більш високі, ніж у їхніх нетренованих однолітків, значення активності cNOS (на $69,34 \pm 2,29$ % серед дівчат і на $45,81 \pm 1,56$ % серед юнаків), сумарної NOS (відповідно на $34,06 \pm 2,12$ % і на $29,84 \pm 1,70$ %), нітратредуктази (відповідно на $22,31 \pm 1,49$ % і на $8,05 \pm 1,61$ %), вмісту нітрит-аніона (відповідно на $76,50 \pm 1,62$ % і на $83,23 \pm 1,51$ %), їхні частки в сумарному пулі стабільних метаболітів оксиду азоту (відповідно на $345,88 \pm 1,70$ % і на $300,01 \pm 1,52$ %) і, навпаки, статистично значимо більш низькі величини активності iNOS (відповідно на $38,27 \pm 1,41$ % і на $14,55 \pm 1,29$ %), її частки в сумарній активності NOS (відповідно на $54,71 \pm 1,21$ % і на $34,52 \pm 1,12$ %), більш низькі величини концентрації нітрат-аніона (відповідно на $82,43 \pm 1,01$ % і на $82,02 \pm 1,02$ %) та активності аргінази (на $63,20 \pm 1,31$ % серед дівчат і на $42,11 \pm 1,15$ % серед юнаків).

Крім цього, з урахуванням результатів проби з реактивною гіперемією, можна було припустити, що підвищення активності конститутивної NOS (cNOS) забезпечувалося, в основному, за рахунок підвищення активності ендотеліальної NOS (eNOS).

Істотним підтвердженням вищесказаного стали результати кореляційного аналізу між величинами загальної фізичної працездатності обстежених осіб та показниками, що характеризують стан системи синтезу оксиду азоту (табл. 4).

Отримані при обстеженні тренуваних юнаків та дівчат коефіцієнти кореляції переконливо засвідчили високий ступінь функціональної залежності рівня фізичної працездатності від активності лише конститутивної, але не індукційної NO-синтази, від активності нітратредуктази та величини пулів і частки нітрит-аніонів у загальному пулі стабільних метаболітів оксиду азоту.

Навпаки, підвищеним рівням фізичної працездатності відповідали більш низькі величини активності не лише індукційного синтезу оксиду азоту (активності iNOS), але також і активності аргінази, яка конкурує з cNOS за субстрат.

Важливо вказати на те, що високий ступінь функціональної залежності між рівнем фізичної працездатності та показниками системи синтезу NO був зареєстрований нами і серед нетренованих юнаків та дівчат.

Коефіцієнти кореляції між рівнем фізичної працездатності (вPWC170) і показниками системи синтезу NO в нетренованих і тренуваних юнаків та дівчат (M±m)

Показники	Дівчата		Юнаки	
	нетреновані (n=78)	тренувані (n=87)	нетреновані (n=81)	тренувані (n=72)
iNOS	-0,59±0,22	-0,64±0,23*	-0,55±0,22	-0,71±0,16*
cNOS	0,68±0,18	0,63±0,22*	0,63±0,20	0,66±0,19*
Аргіназа	0,67±0,18	0,66±0,19*	0,56±0,23	0,62±0,21*
Нітратредуктаза	0,33±0,30	0,63±0,22*	0,59±0,22	0,69±0,18*
NO ₂	0,56±0,23	0,69±0,17*	0,43±0,27	0,65±0,19*
NO ₃	0,54±0,23	-0,27±0,31	-0,28±0,31	-0,27±0,31
Сумарна NOS	0,56±0,23	0,64±0,23*	0,68±0,18	0,66±0,19*
% iNOS	-0,80±0,12	-0,67±0,18*	-0,59±0,22	-0,75±0,15**
%NO ₂	0,40±0,28	0,71±0,16*	0,58±0,22	0,66±0,19

Примітка. *, ** - достовірність коефіцієнту кореляції R (p<0,05, p<0,01).

У цілому, результати комплексного обстеження тренуваних юнаків і дівчат дозволили констатувати, що процес довготривалої адаптації серцево-судинної системи їхнього організму забезпечується за рахунок підвищення інтенсивності конститутивного *de novo* і реутилізаційного шляхів синтезу оксиду азоту, вмісту циркулюючого нітрит-аніона і зниження рівню циркулюючого нітрат-аніона, що сприяє зниженню судинного опору, підвищенню реактивності судин, і, як наслідок, підвищенню рівня фізичної працездатності організму.

Перспективи подальшого дослідження зумовлюють довести важливу роль оксиду азоту в забезпеченні адаптації до фізичних навантажень серед здорових осіб різної статі та з різним рівнем фізичної працездатності, визначити особливості стану системи синтезу NO в осіб з різним рівнем адаптації до фізичних навантажень та основні закономірності змін у даній системі при зміні фізичної працездатності.

Висновки

Аналіз результатів дослідження дозволив констатувати існування сильного кореляційного зв'язку між рівнем фізичної працездатності і дослідженими біохімічними параметрами, що характеризують функціональний стан системи синтезу оксиду азоту: для високотренованих осіб, незалежно від статі, характерним є сильний позитивний кореляційний зв'язок вPWC₁₇₀ з величинами активності конститутивної та сумарної NOS, нітратредуктази, концентрації нітрит-аніона, їхньої частки в загальному пулі стабільних метаболітів оксиду азоту (R=+0,6 – +0,7) і сильний від'ємний зв'язок зі значеннями активності індукційної NOS, аргінази, частки індукційної NOS у загальному пулі NO-синтази і вмісту нітрат-аніона (R= -0,6 – -0,7).

1. *Абакумов М.М.* Оксид азота и свертывающая система крови в клинике / М.М. Абакумов, П.П. Голиков // Вестник Российской АМН. – 2005. – № 10. – С. 53–56.
2. *Богдановська Н.В.* Особливості обміну аргініну й синтезу оксиду азоту в юнаків при адаптації до фізичних навантажень у тренувальному та змагальному періоді / Н.В. Богдановська, А.В. Коцюрба, М.В. Маліков // Фізіологічний журнал. – 2011. – Т. 57, № 1. – С. 37–40.
3. *Братусь В.В.* Оксид азота как регулятор защитных и гомеостатических реакций организма / В.В. Братусь // Український ревматологічний журнал. – 2003. – № 4 (14). – С. 3–11.
4. *Гавриш А.С.* Морфология дисфункции сосудистого эндотелия при хроническом стрессе и атерогенезе / А.С. Гавриш // Український кардіологічний журнал. – 2005. – № 1. – С. 91–95.
5. *Журавлева И.А.* Роль окиси азота в кардиологии и гастроэнтерологии / И.А. Журавлева, И.А. Мелентьев, Н.А. Виноградов // Клин. мед. – 1997. – Т. 75. – № 4. – С. 18–21.
6. *Карпман В.Л.* Спортивная медицина: учеб. для ин-тов физ. культ. / В.Л. Карпман – М.: Физкультура и спорт, 1980. – 349 с.
7. *Марков Х.М.* Оксид азота и сердечно-сосудистая система / Х.М. Марков // Успехи физиологических наук. – 2001. – Т. 32. – № 3. – С. 49–65.
8. *Митьков В.В.* Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / В.В. Митьков, В.А. Сандрикова. – М.: Видар, 1998. – 360 с.

9. *Реутов В.П.* NOсинтазная и нитритредуктазная компоненты цикла оксида азота / В.П. Реутов, Е.Г. Сорокина // Биохимия – 1998. – Т. 63, вып. 7. – С. 1029–1040.
10. *Deedwania P.C.* Endothelin? The bad actor in the play: a marker or cardiovascular disease / P.C. Deedwania // J Am. Coll Cardiol. – 1999. – № 33. – P. 939–942.
11. *Haram P.M.* Adaptation of endothelium to exercise training: insights from experimental studies / P.M. Haram, O.J. Kemi, U. Wisloff // Front Biosci. – 2008. – Jan 1;13. – P. 336–346.
12. *Moncada S.* The L-arginine – nitric oxide pathway / S. Moncada, A. Higgs // New Engl. J. 1993. – 329, № 27. – P. 2002–2012.

Н.В. Богдановская

Запорожский национальный университет, Украина

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА АКТИВНОСТЬ ЕНДОТЕЛИАЛЬНОЙ NO-СИНТАЗЫ

Проведен анализ состояния системы синтеза оксида азота, сосудистого эндотелия, физической работоспособности юношей и девушек возрастом 20-25 лет с различной степенью адаптации к физическим нагрузкам. Показано, что высокий уровень физической работоспособности организма обеспечивается выраженными положительными перестройками всех звеньев системы синтеза оксида азота и функционального состояния сосудистого эндотелия и это более выражено у лиц женского пола. Установлена сильная корреляционная зависимость между уровнем физической работоспособности и биохимическими параметрами функционального состояния системы синтеза оксида азота.

Ключевые слова: физические нагрузки, синтазы оксида азота, корреляционная зависимость, юноши, девушки, физическая работоспособность

N.V. Bogdanovskaya

Zaporizhian National University, Ukraine

EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY ON THE ACTIVITY OF ENDOTHELIAL NO-SYNTHASE

The analysis of the nitric oxide synthesis system, vascular endothelium, physical performance of boys and girls 20-25, with varying degrees of adaptation to physical stress. Shown that high levels of physical performance of organism ensured by positive reconstruction of all parts of the nitric oxide synthesis system and the functional state of the vascular endothelium. And it is more pronounced in females. Is established a strong correlation between the level of physical performance and biochemical parameters of the functional state of nitric oxide synthesis system.

Key words: physical stress, nitric oxide synthase, correlation, boys, girls, physical performance

Рекомендує до друку

О.Б. Столяр

Надійшла 26.06.2012

ВПЛИВ ВІТАМІНУ А У РАЦІОНІ ПТИЦІ НА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД КУРЯЧОГО ЯЙЦЯ

Збільшення рівня вітаміну А в раціоні курей батьківського стада сприяло зменшенню в жовтку інкубаційних яєць кількості сумарного вмісту насичених жирних кислот і збільшенню вмісту ненасичених жирних кислот порівняно з контрольною групою. Істотних змін у складі ліпідів жовтка яєць дослідних груп зазнають пальмітинова, лінолева, докозапентаєнова і ейкозапентаєнова жирні кислоти.

Ключові слова: вітамін А, жирні кислоти, індекс насиченості ліпідів, жовток яйця

Вітамін А є ліпофільною сполукою. Проникаючи в клітини, він структурно включається в ліпідну фазу мембран, проявляючи модифікуючу дію на мембранні ліпіди [1]. Нестача цього вітаміну в тканинах тварин порушує секрецію ліпопротеїнів печінки, знижує їх рівень і негативно позначається на обміні ліпідів у організмі в цілому [10, 12]. Крім цього, дефіцит вітаміну А або його попередників у раціоні курей у репродуктивний період є причиною ряду патологій ембріонального періоду розвитку [12].

Відомо, що яйце формується в репродуктивних органах курей як цілісна біологічна система, біохімічний склад якої значною мірою визначає забезпечення енергетичних та пластичних потреб ембріона в процесі його розвитку [9]. Слід відзначити, що найбільш цінним і поживним у інкубаційному яйці вважається жовток [11], в якому містяться близько 99% усіх ліпідів яйця та усі жиророзчинні вітаміни [3].

Тому дослідження особливостей жирнокислотного складу жовтка інкубаційних яєць залежно від рівня вітаміну А у раціоні курей становить науковий і практичний інтерес.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на 4-х групах курей-аналогів 220-добового віку породи Шавер-579 на базі ТзОВ «Чортківська племптахофабрика». Утримання курей кліткове, з вільним доступом до корму і води. Основні параметри мікроклімату в приміщенні: температура повітря 17 °С; відносна вологість повітря 65 %; освітленість тривалістю 17 год в добу з інтенсивністю 17 лк. У кожній групі в окремій клітці було 10 курок і 1 півень.

Птиця упродовж дослідного періоду отримувала стандартний комбікорм, збалансований усіма елементами живлення відповідно до норм [7], з додаванням добавки вітаміну А до раціону курей на 1 тонну в кількості 10 млн. ІО – 2 група, 20 млн. ІО – 3 група, 40 млн. ІО – 4 група, 1 група курей не отримувала добавок вітаміну А і служила як контрольна.

У дослідженнях використовували вітамін А «Мікровіт™ А Супра 500» фірми «Adisseo» у вигляді добавки до комбікорму. Дослідний період тривав 90 днів. Об'єктом дослідження був жовток інкубаційних яєць. Жирнокислотний склад визначали методом газорідинної хроматографії [8]. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням *t*-критерію Стьюдента [5].

Результати досліджень та їх обговорення

У табл.1. наведено дані щодо впливу вітаміну А в раціоні курей на жирнокислотний склад ліпідів жовтка яєць. Вони свідчать про те, що для ліпідів жовтка яєць, одержаних від курей дослідних груп, характерним було зменшення кількості сумарного вмісту насичених жирних кислот та збільшення вмісту ненасичених жирних кислот у порівнянні з контрольною групою.

Так, вміст насичених жирних кислот у складі ліпідів жовтка яєць 2-ї, 3-ї та 4-ї піддослідних груп по відношенню до контрольної групи зменшувався на 3,3; 8,8 та 11,7 %, тоді як вміст ненасичених жирних кислот зростав на 2; 5,4 та 7,2 % відповідно. Суттєвих змін у

БІОХІМІЯ

складі ліпідів жовтка яєць дослідних груп зазнають пальмітинова ($C_{16:0}$), лінолева ($C_{18:2}$), докозапентаєнова ($C_{22:5}$) та ейкозапентаєнова ($C_{20:5}$) жирні кислоти.

У жовтку яєць дослідних груп порівняно з контрольною групою спостерігається зменшення величини співвідношення насичених жирних кислот до ненасичених, що характеризує індекс насиченості ліпідів [4].

Таблиця 1

Жирнокислотний склад ліпідів жовтка яєць піддослідних груп курей, % ($M \pm m, n=4$)

Код жирної кислоти	Групи			
	1	2	3	4
12:0	0,18±0,02	0,18±0,03	0,18±0,01	0,17±0,03
14:0	0,46±0,03	0,45±0,04	0,44±0,07	0,44±0,02
16:0	27,38±0,7	26,26±0,7	24,26±0,8*	23,21±0,6**
16:1 ω-7	0,48±0,21	0,52±0,14	0,53±0,18	0,56±0,22
18:0	9,83±0,53	9,74±0,39	9,68±0,29	9,62±0,43
18:1 ω-9	40,56±1,02	40,61±0,82	41,26±0,89	42,36±0,79
18:2 ω-6	13,28±0,93	14,13±0,71	15,32±0,76	15,18±0,54
18:3 ω-3	1,06±0,02	1,09±0,03	1,14±0,02*	1,18±0,02**
20:0	0,32±0,03	0,28±0,03	0,27±0,02	0,25±0,01
20:1 ω-9	0,48±0,02	0,52±0,03	0,53±0,03	0,56±0,02*
20:2 ω-9	0,23±0,02	0,24±0,02	0,23±0,02	0,24±0,03
20:3 ω-9	0,37±0,04	0,39±0,03	0,42±0,03	0,42±0,05
20:4 ω-6	1,91±0,08	1,89±0,05	1,86±0,06	1,87±0,06
20:5 ω-3	0,33±0,03	0,39±0,02	0,41±0,02	0,44±0,03*
22:5 ω-3	0,45±0,01	0,58±0,03**	0,65±0,03***	0,67±0,02***
22:6 ω-3	2,12±0,15	2,21±0,08	2,32±0,1	2,35±0,12
24:1 ω-9	0,56±0,02	0,52±0,03	0,5±0,02	0,48±0,01*
Насичені	38,17	36,91	34,83	33,69
Ненасичені	61,83	63,09	65,17	66,31
Мононенасичені	42,08	42,17	42,82	43,96
Поліненасичені	19,75	20,92	22,35	22,35
Індекс насиченості ліпідів	0,62	0,59	0,53	0,51

Примітки: зірочками позначено статистично вірогідні різниці показників дослідних груп відносно контролю: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; – *** – $P < 0,001$

Проведені нами дослідження [2] показали, що рівень вітаміну А у раціоні курей-несучок впливає на загальний вміст ліпідів і фосфоліпідів у сироватці крові та печінці. Відповідно, зростання рівня ненасичених жирних кислот у курячому яйці може бути пов'язано із посиленням синтезом ліпопротеїнів плазми крові у печінці та їх транспортом у яйцепровід, в якому проходить формування яйця.

Висновки

Збільшення рівня вітаміну А в раціоні курей батьківського стада сприяло зростанню в жовтку інкубаційних яєць рівня лінолевої, докозапентаєнної та ейкозапентаєнної ненасичених жирних кислот. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у вивченні жирнокислотного складу залишкового жовтка ембріонів та активності десатуразних ферментів за впливу вітаміну А.

1. *Афанасьев Ю.И.* Витамин А – регулирующий фактор процессов гистогенеза / Ю.И. Афанасьев, В.И. Ноздрин, Ю.Т. Волков // *Успехи современной биологии* . – 1990. – Т.110, № 3. – С. 410–418.
2. *Дух О. І.* Сумарний вміст ліпідів та фосфоліпідів у крові та печінці курей при додатковому введенні вітаміну А до раціону/ О. І. Дух, С. О. Вовк // *Вісник Львів. ун-ту. Сер. біологічна*. – 2010. – Вип. 53. – С. 3–8.

3. Дядичкина Л. Качество яиц – залог успешной инкубации / Л. Дядичкина // Птицеводство. – 2008. – № 3. – С. 21–23.
4. Кольман Я. Наглядная биохимия. 2-е изд.: Пер. с нем./ Я. Кольман, К.-Г. Рём – М.: Мир, 2004. – 469 с.
5. Кучеренко М. Є. Сучасні методи біохімічних досліджень/ М. Є. Кучеренко, Ю. Д. Бабенюк, В. М. Войціцький. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 424 с.
6. Прокудина Н.А. Методы биологического контроля в инкубации/ Н.А. Прокудина, А.Б. Артеменко, Н.С. Огурцова. – Борки. – 2006. – 107 с.
7. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці / Під ред. Ю. О. Рябокопя. – Бірки : НТМТ. – 2005. – 101 с.
8. Тонкослойная и газожидкостная хроматография липидов. Методические указания / [М. Б. Стефаник, В. И. Скороход, О. Г. Елисеєва и др.]. – Львов, 1985. – 27 с.
9. Фисинин В.И. Эмбриональное развитие птицы/ В.И. Фисинин, И.В. Журавлев, Т.Г. Айдинян – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 239 с.
10. Oliveros L.B. Vitamin A deficiency modifies lipid metabolism in rat liver/ L.B. Oliveros, M.A. Domeniconi, V.A. Vega // Br. J Nutr. – 2007. – V. 97, N. 2. – P. 263–272.
11. Speake B.K. The utilization of yolk lipids by the chick embryo/ B.K. Speake, R.C. Noble, A.M.B. Murray // World's Poultry. Science Journal. – 1998. – V. 54, N 3. – P. 319–334.
12. Vega V. A. Effect of nutritional vitamin A deficiency on lipid metabolism in the rat heart: Its relation to PPAR gene expression/ V. Vega, A. Anzulovich, S. Varas // Nutrition. – 2009. – V. 25, N.7. – P. 828–838.

О.И. Дух

Кременецкий областной гуманитарно-педагогический институт им. Тараса Шевченко

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА А В РАЦИОНЕ ПТИЦЫ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КУРИНОГО ЯЙЦА

Увеличение уровня витамина А в рационе кур родительского стада способствовало уменьшению в желтке инкубационных яиц количества суммарного содержания насыщенных жирных кислот и увеличению содержания ненасыщенных жирных кислот по сравнению с контрольной группой. Существенных изменений в составе липидов желтка яиц опытных групп испытывают пальмитиновая, линолевая, докозапентаеновая и эйкозапентаеновая жирные кислоты.

О. I. Dukh

Kremenets regional humanitarian-pedagogical institute named after Taras Shevchenko, Ukraine

INFLUENCE OF VITAMIN A IN THE DIET OF POULTRY ON FATTY ACID COMPOSITION OF EGG

It has been established that the increase of Vitamin A amount in the diet of hens' parent brood caused the reduction of the total content of saturated fatty acids in egg-yolks of embryos and the increase of the amount of unsaturated fatty acids as compared to the control group. Palmitic, linoleic, docosapentaenoic, eicosapentaenoic fatty acids undergo significant changes in the structure of the egg-yolk's lipids. The decrease of amount of correlation of saturated fatty acids to unsaturated is observed in the egg-yolks of experimental groups as compared to the control group and characterizes the index of lipid saturation.

Key words: vitamin A, fatty acids, saturation, index of lipids, egg-yolk

Рекомендує до друку

Надійшла 11.04.2012

О.Б. Столяр

УДК: 616-002.77:612.1:57.088.6

У.П. ЄФРЕМОВА, Н.Е. ЛИЧКОВСЬКА, Р.В. ФАФУЛА, З.Д. ВОРОБЕЦЬ

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького
вул. Пекарська, 69, Львів, 79010

ОСОБЛИВОСТІ НІТРООКСИДСИНТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЛІМФОЦИТІВ ПЕРИФЕРИЧНОЇ КРОВІ ПРИ АНКІЛОЗИВНОМУ СПОНДИЛОАРТРИТІ

У статті наведено результати досліджень по вивченню ензиматичної активності нітрооксидсинтази лімфоцитів периферичної крові у донорів і хворих на анкілозивний спондилоартрит. Показано, що за умов розвитку ревматичної патології активність ендотеліальної форми ензиму знижується, а індукцйбельної – різко зростає в порівнянні з практично здоровими донорами. Після проведеного лікування хворих у стаціонарі спостерігається наближення NO-синтазної активності до її контрольних значень.

Ключові слова: NO-синтаза, оксид азоту, ревматичні захворювання, анкілозивний спондилоартрит, лімфоцити

Ревматичні захворювання (РЗ) у всьому світі розглядають як одну з найпоширеніших патологій сучасного суспільства. За тяжкістю перебігу та вибору адекватного лікування вони одні з найскладніших [16]. Більшість хронічних запальних РЗ опосередковані в тому чи іншому ступені імунними порушеннями. Імунокомплексний процес багатоконпонентний, зв'язаний з особливостями і біологічними властивостями антигену і антитіл, їх співвідношенням і фізико-хімічними характеристиками. В основі цього процесу лежать генетично детерміновані аутоімунні процеси, виникненню яких сприяє дефіцит Т-супресорної функції лімфоцитів. Розвиток імунокомплексних процесів завжди супроводжується різноманітністю циркулюючих і локально депонуючих імунних комплексів (ІК). Однак, загальні закономірності механізмів імунокомплексних процесів зберігають визначальне значення, а специфіка хвороби залежить від властивостей ІК.

Проведені наукові дослідження останнього часу засвідчують, що процеси утворення та відкладання імунних комплексів залежать від рівня оксиду азоту (NO) в організмі та індукції активних форм кисню [18]. Тому імунорегуляторна роль оксиду азоту в імунокомплексних процесах та її вплив на міжклітинну кооперацію ефektorних і мішеневих клітин є об'єктом ґрунтового вивчення участі NO-залежних механізмів у розвитку РЗ.

Утворення NO в організмі людини здійснюється в результаті окиснення атому азоту, що входить до складу амінокислоти L-аргініну під дією ензиму - нітрооксидсинтази (NOS). Виділяють три її ізоформи: нейрональну – NOS I (nNOS), індукцйбельну (макрофагальну) - NOS II (iNOS) й ендотеліальну - NOS III (eNOS). Конститутивні ізоформи синтази NO (nNOS, eNOS) забезпечують синтез NO в фізіологічних умовах. iNOS в фізіологічних умовах неактивна. Синтез її відбувається у відповідь на дію патогенних стимулів [6, 9, 11, 12, 15, 19, 21]. Тому особливості функціонування і механізми регуляції індукцйбельної ізоформи NOS залежать від характеру паталогічного процесу і ураженого органу [15].

Як конститутивні, так і індукцйбельна ізоформи NO-синтази мають відношення до продукції оксиду азоту в ранній фазі запалення, при цьому проявляється їх прозапальний ефект. Пізня фаза запалення зв'язана з локальною лейкоцитарною активністю та інфільтрацією. В її розвиток вносить вклад тільки NO, продукований за участю iNOS, локалізованої в лейкоцитах [15].

Дослідження ензиматичного ряду лімфоцитів широко використовують при вивченні аутоімунних, імунодіфіцитних, лімфопроліферативних та інших захворювань. Тому лімфоцити периферичної крові (ЛПК) можуть бути актуальною моделлю для вивчення певних патоморфологічних і біохімічних змін, які мають місце при ревматичних захворюваннях.

Мета роботи – оцінити зміни ензиматичної активності ендотеліальної та індукцибельної ізоформ NO-синтази у лімфоцитах периферичної крові донорів та хворих на анкілозивний спондилоартрит (АС) до та після лікування.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на лімфоцитах периферичної крові хворих, які перебували на стаціонарному лікуванні у ревматологічному відділенні Львівської обласної клінічної лікарні. Групу контролю становили практично (клінічно) здорові донори, репрезентативні за віком і статтю

Моноядерні ЛПК людини виділяли з гепаринізованої свіжоотриманої венозної крові хворих і донорів у градієнті густини фікол-тріумбасту ($\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$) [17]. Підраховували клітини у камері Горяєва, використовуючи як барвник 0,1% трипановий синій. Цілісність і життєздатність лімфоцитів, яка в усіх дослідах становила не менше 95%, оцінювали за забарвленням трипановим синім [20].

Визначення ензиматичної активності NO-синтази проводили на пермеабілізованих сапоніном ЛПК. Сапонін належить до групи речовин амфільної природи, що здатні зв'язуватися з мембранними білками гідрофобними зв'язками, одночасно взаємодіючи полярними групами з водою [3]. Це дає змогу молекулам детергенту розпушувати мембрану, водночас не порушуючи структури і функцій транспортувальних систем [14]. Для пермеабілізації мембран ЛПК та розкриття активності NO-синтази до суспензії лімфоцитів додавали сапонін доведений до кінцевої концентрації 0,2%. Дана методика ґрунтується на роботах, виконаних на еритроцитах, лімфоцитах і сперматозоїдах по вивченню йон-транспортувальних систем клітини раніше [8, 10]. Така модель також була успішно апробована при вивченні транспортувальних систем ЛПК (Na^+ , K^+ -АТФази, Ca^{2+} , Mg^{2+} -АТФази) та інших клітин [7].

Для тестування активності NO-синтази аліквоти пермеабілізованих сапоніном лімфоцитів інкубували в субстратній суміші наступного складу: трис- HCl – 0,08 М (рН 7,4), CaCl_2 – 10 мМ, L-аргінін – 0,15 мМ, $\text{NADPH}(\text{H}^+)$ – 0,12 мМ. Контрольні та безсубстратні зразки готували аналогічно до дослідних, але вони замість $\text{NADPH}(\text{H}^+)$ та L-аргініну містили бідистильовану воду. Дослідні проби спектрофотометрували проти контрольних та безсубстратних зразків при 340 нм, після чого їх інкубували протягом 20 хв при 37°C. Реакцію зупиняли внесенням до реакційного середовища HClO_4 (1,5 М). Активність NO-синтази виражали в наномолях окисненого $\text{NADPH}(\text{H}^+)/\text{хв}$ на 1 мг загального протеїну у пробі [5]. Вміст білка у лімфоцитарній суміші визначали методом Лоурі [22].

Експериментальні дані обробляли методами варіаційної статистики. Варіаційно-статистичне опрацювання отриманих результатів проводили з використанням критерію Ст'юдента (t) за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel 2003.

Результати досліджень та їх обговорення

На сьогодні доказана ключова роль NO в регуляції імунних реакцій організму і його участь практично на кожному етапі розвитку запалення. NO здійснює як прозапальну, так і протизапальну роль. Це зв'язано з тим, що розвиток запалення детермінований генерацією NO, синтезованого за участю iNOS. Одночасно NO-синтаза контролює біосинтез IL4, IL11, IL13, які відносяться до інгібіторів запальної реакції. Зміни інтенсивності синтезу NO притаманні організмам за дії різних факторів і змін умов середовища, оскільки ця багатофункціональна ефекторна молекула в багатьох випадках сприяє адаптації різних систем організму до шкідливих факторів впливу [2].

Різними авторами показана значна варіабельність ензиматичної активності NO-синтази ЛПК, що може бути обумовлено різноманітними методологічними підходами до вивчення активності ензиму [2, 4, 13].

В результаті проведених нами раніше досліджень з вивчення активності аргінази в ЛПК, яка конкурує з NO-синтазою за L-аргінін, у хворих на АС встановлено [1] зростання активності ензиму у 3,7 раза порівняно зі здоровими донорами. Після проведеного курсу лікування активність аргінази дещо знижується і наближається до її контрольних значень.

В результаті проведених досліджень з вивчення активності NO-синтази ЛПК встановлено, що активність даного ензиму ЛПК у практично здорових осіб становить $74,6 \pm 6,38$ нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка (n=15). Так як iNOS в нормі практично відсутня, можна стверджувати про активність eNOS в ЛПК донорів. У хворих на АС ензиматична активність eNOS знижена стосовно донорів і становить $42,2 \pm 4,35$ нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка (n=15) (рисунок). Одночасно iNOS зростає до $64,2 \pm 6,22$ нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка.

NO-синтазну активність ЛПК хворих на АС визначали повторно після проведення лікування у стаціонарі. Спостерігається деяке зростання активності eNOS та значне зниження ензиматичної активності iNOS ЛПК хворих на АС. Так, значення eNOS після проведеного лікування становить $60,5 \pm 5,78$ нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка, а iNOS - $21,67 \pm 2,86$ нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка (рисунок). Таким чином, можна зробити припущення, що зниження активності iNOS свідчить про незначне відновлення у функціонуванні лімфоцитів як імунокомпетентних клітин після проведеного лікування хворих у стаціонарі.

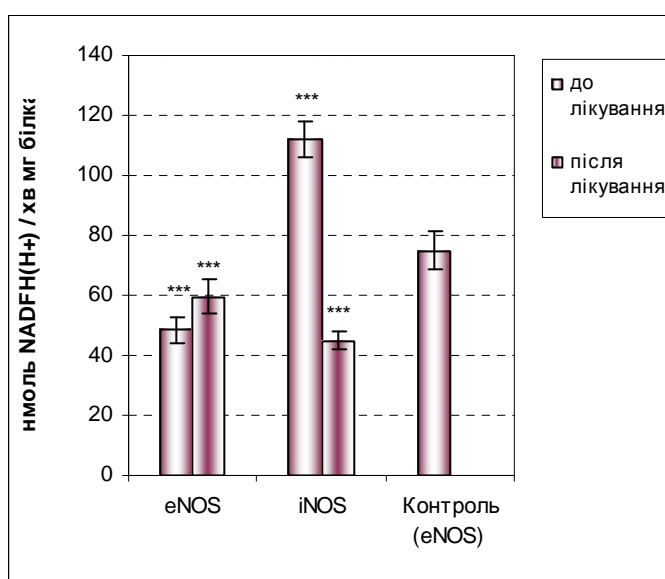


Рис. NO-синтазна активність лімфоцитів периферичної крові у хворих на анкілозивний спондилоартрит, нмоль NADFH(H⁺)/хв·мг білка. (M ± m; n=15); *** різниця статистично достовірна (P<0,001) стосовно величин у лімфоцитах в осіб групи порівняння та стосовно величин у хворих на момент поступлення у стаціонар (у ряді після лікування)

Дослідниками показано, що за умов розвитку ревматичної патології спостерігається достовірне зниження Ca²⁺, Mg²⁺-АТФ-ази плазматичної мембрани та ендоплазматичного ретикулуму в 1,4 раза, що свідчить про зростання концентрації йонізованого кальцію в цитозолі [7]. Зміни ензиматичної активності NOS лімфоцитів периферичної крові у хворих на анкілозивний спондилоартрит може свідчити про зміни функціональної активності лімфоцитів, зумовлені порушеннями метаболічних процесів або можуть опосередковуватись через інші регуляторні механізми клітини.

Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено достовірне зниження активності ендотеліальної форми та зростання індукцибельної форми NOS в ЛПК хворих на АС у порівнянні з практично здоровими донорами. Спостерігається відновлення ендотеліальної і зниження індукцибельної форми ензиму після лікування, що може свідчити про незначне відновлення функціональної активності лімфоцитів до нормального фізіологічного стану.

На сьогоднішній час ведеться активний пошук селективних інгібіторів індукцибельної NO-синтази та індукторів конститутивної NO-синтази, сполук, здатних пролонгувати ефект оксиду азоту и забезпечувати його транспорт до різних органів і тканин. Адекватна корекція гострих запальних процесів інгібіторами NO-синтази має принципове значення, оскільки NO може опосередковано впливати на розвиток ряду хронічних запальних та аутоімунних захворювань, зокрема, ревматичних. Подальше дослідження активності NO-синтази та ролі NO

в нормі та при патології приведе до поглиблення знань про патогенез ревматичних захворювань і появи нових критеріїв їх діагностики і лікування.

1. *Активність* аргінази в лімфоцитах периферичної крові у хворих на ревматоїдний артрит та анкілозивний спондилоартрит / Н.Е. Личковська, Р.В. Фафула, У.П. Єфремова [та ін.] // Світ біології та медицини. – 2011. – № 2. – С. 125–129.
2. *Активність* NO-синтази та вміст стабільних метаболітів оксиду азоту у лейкоцитах периферичної крові щурів при введенні L-аргініну за умов хронічного рентгенівського опромінення / Л. Дацюк, Ю. Перетятко, У. Старанко [та ін.] // Вісник Львівського університету. – 2009. – № 51. – С. 37–42.
3. *Болдырев А.А.* Введение в биомембранологию / А.А. Болдырев. – М.: Изд.-во МГУ, 1990. – 208 с.
4. *Воробець Д.З.* Аналіз змін активності аргінази та NO-синтази в лімфоцитах периферичної крові при порушенні сексуальної функції у чоловіків / Д.З. Воробець, О.В. Коноварт // Практ. медицина: наук.-практ. журн. – 2010. – Т. 16, № 6. – С. 44–49.
5. *Вплив* L-аргініну на функціональну активність ендотелію за умов експериментального цукрового діабету / В. Сагач, О. Присяжна, М. Ткаченко [та ін.] // Фізіол. журн. – 2005. – Т. 51, № 2. – С. 3–7.
6. *Горен А.К.Ф.* Универсальная и комплексная энзимология синтазы оксида азота / А.К.Ф. Горен, Б. Манер // Биохимия. – 1998. – Т.63, № 7. – С. 870–880.
7. *Ензиматична* активність Ca²⁺-транспортувальної, Mg²⁺-залежної АТФази лімфоцитів периферичної крові у хворих на ревматоїдний артрит / Р.В. Фафула, Н.Е. Личковська, У.П. Єфремова [та ін.] // Мед. хімія. – 2011. – Т. 13, № 4(49). – С. 69–72.
8. *Кімакович О.В.* Дія кватеру та пірензепіну на активність транспортних АТФ-аз лімфоцитів периферичної крові / О.В. Кімакович, Н.О. Підковка, З.Д. Воробець // Практична медицина. – 2004. – Т. 10, № 2. – С. 86–89.
9. *Костогрыз В.Б.* Особенности метаболизма оксида азота у пациентов с хронической сердечной недостаточностью ишемической этиологии с имплантированным электрокардиостимулятором: возможности медикаментозной коррекции блокаторами бета-адренорецепторов / В.Б. Костогрыз, Т.В. Туровская // Укр. мед. часопис. – 2010. – № 5(79). – С. 81–84.
10. *Кочешкова Н.С.* Еозин-чутлива АТРазна активність у сперматозоїдах чоловіків як біохімічний тест на олігозооспермію / Н.С. Кочешкова, З.Д. Воробець // Укр. біохім. журн. – 2007. – Т. 79, № 2. – С. 45–55.
11. *Манухина Е.Б.* Оксид азота в сердечно-сосудистой системе: роль в адаптационной защите / Е.Б. Манухина, И.Ю. Малышев, Ю.В. Архипенко // Вестн. РАМН. – 2000. – № 4. – С.16–21.
12. *Манухина Е.Б.* Роль окиси азота в сердечно-сосудистой патологии: взгляд патофизиолога / Е.Б. Манухина, И.Ю. Малышев // Рос. кардиол. ж. – 2000. – № 5. – С. 55–63.
13. *Перетятко Ю.В.* Особливості аргіназного та NO-синтазного шляхів метаболізму L-аргініну в лейкоцитах периферичної крові щурів за хронічного рентгенівського опромінення / Ю.В. Перетятко, Н.О. Сибірна // Укр. біохім. журн. – 2009. – Т. 81, № 2. – С. 40–48.
14. *Підковка Н.О.* Дослідження деяких властивостей АТФаз у лімфоцитах крові людини / Н.О. Підковка, З.Д. Воробець, А.Б. Зіменковський // Експерим. та клін. фізіологія та біохімія. – 2002. – Т. 7, № 1. – С. 38–41.
15. *Смирнов В.В.* Рольоксида азота в физиологии и патологии органов и систем / В.В. Смирнов, Г.Е. Горбунов // Педиатрия. – 2010. – Т.89, № 6. – С. S182–S188.
16. *Шуба Н.М.* Невідкладні стани у пацієнтів із ревматичними хворобами: сучасні підходи до лікування / Н.М. Шуба // Укр. ревмат. журн. – 2008. – № 3. – С. 41–48.
17. *Boyum A.* Isolation of mononuclear cells and granulocytes from human blood / A. Boyum // Scand. J. Clin. Lab. Invest. – 1968. – V. 21, N 97. – P. 77–79.
18. *Förstermann U.* Endothelial Nitric Oxide Synthase in Vascular Disease / U. Förstermann, T. Münzel // Circulation. – 2006. – V.113. – P. 1708–1714.
19. *Ignarro L.J.* Nitric oxide as a unique signaling molecule in the vascular system: a historical overview / L.J. Ignarro // J. Physiol. Pharmacol. – 2002. – V.53. – P. 503–514.
20. *Mishell B.B.* Selected Methods in Cellular Immunology / B.B. Mishell, S.M. Shiigi, W.H. Freeman [et al.]. – San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1980. – 486 p.
21. *Michel T.* Nitric oxide synthases: which, where, how, and why? / T. Michel, O.J. Feron // Clin. Invest. – 1997. – V.100. – P. 2146–2152.
22. *Protein* measurement with the Folin phenolreagent / O.H. Lowry, N.L. Rosebrough, A.L. Farr [et al.] // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193. – P. 265–275.
23. *Role* of arginine metabolism in immunity and immunopathology / E. Peranzoni, I. Marigo, L. Dolcetti [et al.] // Immunobiology. – 2007. – V. 212, N 9–10. – P. 795–812.

У.П. Ефремова, Н.Е. Личковская, Р.В. Фафула, З.Д. Воробець

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого, Украина

ОСОБЕННОСТИ НИТРООКСИДСИНТАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ АНКИЛОЗИРУЮЩЕМ СПОНДИЛОАРТРИТЕ

В статье приведены результаты исследований по изучению энзиматической активности нитрооксидсинтазы лимфоцитов периферической крови у доноров и больных анкилозирующим спондилоартритом. Показано, что при развитии ревматической патологии активность эндотелиальной формы энзима снижается, а индуцибельной - резко возрастает по сравнению с практически здоровыми донорами. После проведенного лечения больных в стационаре наблюдается приближение NO-синтазной активности к ее контрольным значениям.

Ключевые слова: NO-синтаза, оксид азота, ревматические заболевания, анкилозирующий спондилоартрит, лимфоциты

U.P. Efremova, N.E. Lychkovska, R.V. Fafula, Z.D. Vorobets

Lviv National Medical University, Ukraine

THE PECULIARITIES OF NO-SYNTASE ACTIVITY IN PERIFERAL BLOOD LYMPHOCYTES OF PATIENTS WITH ANKYLOSING SPONDYLITIS

The results of researches concerning enzymatic activity of NO synthase in peripheral blood lymphocytes in donors and patients with ankylosing spondylitis are presented in article. It was shown that under conditions of rheumatic pathology the activity of NOS endothelial form decreases and NOS inducible form drastically increases in comparison with practically healthy donors. After the patients treatment in the hospital the activity of NO synthase activity approaches to its control values.

Key words: NO-synthase, nitric oxide, rheumatic disease, ankylosing spondylitis, lymphocytes

Рекомендує до друку

Надійшла 25.04.2012

О.Б. Столяр

УДК 546.76:678.048

Р.Я. ІСКРА, В.В. ВЛІЗЛО

Інститут біології тварин НААН України

вул. Василя Стуса, 38, Львів, 79034

СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗНА, КАТАЛАЗНА ТА NO-СИНТАЗНА АКТИВНІСТЬ У ТКАНИНАХ ЩУРІВ ЗА ВПЛИВУ ЦИТРАТУ ХРОМУ

Досліджували вплив цитрату хрому в дозі 10 мкг Cr³⁺/кг маси тіла щурів на вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів, активність ензимів антиоксидантної системи та NO-синтаз у тканинах. Виявлено, що за дії сполуки хрому активність супероксиддисмутази, на противагу вмісту ТБК-активних продуктів перекисного окиснення ліпідів, зменшувалась у мозку і селезінці та збільшувалась в легенях, серцевому і скелетному м'язах. Активність каталази зростала у всіх тканинах тварин дослідної групи. За дії цитрату хрому зростала активність NO-синтаз у тканинах щурів, що обумовлено, в основному, активацією конститутивної NO-синтази. Загалом, сполука хрому проявляла здатність посилювати прооксидантні процеси на початкових етапах своєї дії, що в подальшому супроводжувалося збільшенням активності ензимів антиоксидантного захисту та NO-синтаз та, відповідно, і зниженням рівня продуктів ПОЛ.

Ключові слова: щур, оксид нітрогену, конститутивна NO-синтаза, індукційна NO-синтаза, антиоксидантна система

Оксид нітрогену (NO) синтезується в організмі тварин та людини ензиматично за участю трьох основних ізоформ NO-синтаз: двох конститутивних (cNOS) – нейрональної (nNOS), ендотеліальної (eNOS) і однієї індукційної (iNOS). Він є одним із потужних біорегуляторів, той чи інший ефект якого визначається, передусім, його концентрацією. Фізіологічна кількість NO, яка синтезується cNOS, необхідна для забезпечення процесів вазодилатації, нейротрансмісії, внутрішньоклітинної сигналізації та ін. Значне зростання вмісту цього метаболіту, спричинене активацією iNOS, характерно для реалізації імунної відповіді, розвитку запалення та патологічних процесів, які супроводжуються оксидативним стресом [2].

Встановлено, що інсулін збільшує експресію eNOS в ендотеліальних клітинах аорти людини та стимулює при цьому вивільнення оксиду нітрогену [9]. Підвищений рівень глюкози – гальмує утворення NO. В свою чергу NO опосередковує значну кількість ефектів інсуліну, зокрема стимуляцію транспортування та окиснення глюкози [12]. Показано, що зв'язування інсуліну з рецепторами супроводжується активацією синтезу NO ендотеліальною NOS [14].

Було виявлено, що інсулінорезистентність на клітинному рівні характеризується порушенням передачі інсулінового сигналу на рівні фосфатидилінозитол-3-кінази та протеїнкінази Akt, участь яких є необхідною для транслокації транспортного протеїну GLUT4 і генерації NO. Порушення активності протеїнкінази Akt інактивує дигідроптеринредуктазу і ГТФ-циклогідролазу, що призводить до зниження вмісту тетрагідробіоптерину (BH4) – коензиму, який бере участь у взаємодії NOS з субстратом [8].

Встановлено, що зв'язування інсуліну з рецепторами на поверхні клітин покращує олігопептид хромодулін, у складі якого міститься хром (Cr^{3+}) [23]. Таким чином, хром опосередковано регулює вміст глюкози в крові. Високий рівень глюкози активує процеси ліпопероксидації, змінює активність ензимів антиоксидантного захисту, а також впливає на стан компонентів NO-синтазної системи. Крім цього, хром як метал зі змінною валентністю, може ініціювати як пероксидні процеси [16], так і підвищувати активність антиоксидантної системи [20]. Подвійна дія Cr^{3+} як антиоксиданта, так і прооксиданта може бути обґрунтована його здатністю брати участь в окисно-відновних реакціях [23]. Проте, механізми безпосереднього впливу Cr^{3+} на активність ензимів АОС та NOS мало з'ясовані та потребують вивчення. Тому метою досліджень було встановити вплив цитрату хрому на активність NOS та стан про- і антиоксидантної системи у тканинах щурів.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на 12 самцях білих лабораторних щурів масою 180–200 г, згідно з вимогами біоетики, передбаченими положеннями Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей. Тварини перебували у віварії за відповідних умов освітлення, температурного режиму та стандартного раціону. Щурі були поділені на дві експериментальні групи – контрольну і дослідну, по 6 тварин у кожній. Самцям щурів дослідної групи, на відміну від контрольної, до питної води додавали розчин цитрату хрому, з розрахунку 10 мкг Cr^{3+} /кг маси тіла. На 30 добу експерименту тварин виводили з експерименту під ефірним наркозом. Матеріалом для досліджень служили тканини щурів: печінка, нирки, мозок, м'язи, легені, серце, селезінка.

Визначення інтенсивності процесів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) проводили за накопиченням ТБК-активних продуктів (МДА), як описано в роботі [4]. Активність супероксиддисмутази (КФ 1.15.1.1) в гомогенатах щурів визначали за ступенем зниження відновлення нітросинього тетразолію у присутності NADH та феназинметасульфату методом [3], активність каталази (КФ 1.11.1.6) – за швидкістю розпаду пероксиду водню [5]. Сумарну активність NO-синтаз (КФ 1.14.13.39) визначали за кількістю утвореного після інкубації нітрит-аніону (NO_2^-), що визначався за методом Грін [13]. Активність cNOS розраховували як різницю активності сумарної NOS та iNOS.

Одержані цифрові дані обробляли статистично за допомогою програми Microsoft EXCEL. Для визначення вірогідних відмінностей між середніми величинами використовували критерій Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено виражений вплив цитрату хрому в дозі 10 мкг Cr³⁺/кг маси тіла щурів на перебіг перекисних процесів, які оцінювалися за швидкістю і кількістю кінцевих продуктів окиснення – ТБК активних продуктів. Так, за дії сполуки хрому зростає вміст ТБК-активних продуктів (табл. 1) у печінці (на 13,3 %), нирках (на 30,2 %) та селезінці (на 49,1 %). Отримані нами дані підтверджують дослідження інших авторів, які виявили, що хром (Cr³⁺), у зв'язку із здатністю брати участь в окисно-відновних процесах, може викликати збільшення утворення активних форм кисню та розвиток окисного стресу [16]. За таких умов важливе значення має взаємодія супероксид-аніону із NO з утворенням високотоксичного пероксинітриду (ONOO⁻) та зменшення кількості субстрату для функціонування супероксиддисмутази реакції.

Активність супероксиддисмутази (СОД) – антиоксидантного ензиму, що знешкоджує супероксидний радикал, зростає в легенях (на 37,8 %), серцевому (на 11,5 %) та скелетному (на 44,5 %) м'язах.

Відомо, що серцеві та скелетні м'язи є інсулінозалежними тканинами, у клітинах яких відбувається інсулін-стимульоване поглинання глюкози. Взаємодія інсуліну з рецептором спричиняє активацію фосфатидилінозитол-3-кінази та фосфорилування субстрату інсулінового рецептору, що здійснює транслокацію GLUT4 [7]. Таким чином, хром, опосередковано через інсулін, підвищує активність антиоксидантного ензиму – СОД.

Таблиця 1

Показники перекисного окиснення ліпідів та активність ензимів антиоксидантного захисту в тканинах щурів за дії цитрату хрому в дозі 10 мкг Cr³⁺/кг маси тіла (M±m, n=6).

Тканина	Група	ТБК – активні продукти, нмоль / г протеїну	СОД, ум. од	Каталаза, мкмоль/хв на 1 мг протеїну
Печінка	К	3,53±0,23	21,91±2,48	3,70±0,18
	Д	4,07±0,05*	20,81±4,83	6,02±1,02*
Нирки	К	6,10±0,71	12,16±3,18	4,03±0,26
	Д	8,74±0,62**	10,23±3,88	7,45±0,63**
Мозок	К	6,62±0,58	23,03±1,54	6,06±0,75
	Д	7,88±0,56	13,47±3,03*	9,42±0,54*
Селезінка	К	3,17±0,88	15,69±1,85	4,72±0,36
	Д	6,23±0,22*	7,33±0,59**	8,15±1,21*
Легені	К	5,05±0,82	12,29±0,82	4,52±0,25
	Д	3,89±0,39	19,76±2,84**	8,25±0,11***
Серце	К	3,40±0,095	20,15±0,25	4,91±0,32
	Д	3,03±0,21	22,75±0,94**	9,23±0,72**
Скелетні м'язи	К	3,95±0,42	13,76±1,33	3,82±0,64
	Д	3,32±0,33	24,77±1,73**	6,85±0,24**

Примітки: у цій і наступній таблицях: 1) К - контрольна група, Д – дослідна група; 2) вірогідність різниць показників порівняно до контролю: * - p < 0,05; ** - p < 0,01-0,025; *** - p < 0,001.

Проте, активність СОД за дії цитрату хрому знижується у мозку (на 41,5 %) та селезінці (на 53,2 %) (табл. 1). Зниження активності СОД може бути викликане як лігандною блокадою іонів міді чи марганцю відповідно до форми ензиму, так й інгібуванням її синтезу як субстратіндуцибельного ензиму через використання супероксид радикалу на утворення пероксинітриду [1]. Крім цього встановлено, що H₂O₂ впливає на фрагментацію білка-ензиму СОД [19]. Зниження СОД також може бути пов'язане із впливом пероксинітриду, який посттрансляційно модифікує СОД за тирозиновими залишками з утворенням стабільного протеїнозв'язаного комплексу [21].

Динаміка утворення продуктів ПОЛ контролюється іншим ензимом антиоксидантної системи – каталазою, яка розщеплює H₂O₂, що утворюється в результаті дисмутації супероксидного радикалу. У результаті проведених досліджень встановлено вплив цитрату хрому на зростання активності каталази в тканинах щурів (табл. 1). Так, активність ензиму зростає у

печінці (на 38,5 %), нирках (на 45,9 %), мозку (на 35,7 %), селезінці (на 42,1 %), легенях (на 45,2 %), серці (на 46,8 %) та скелетних м'язах (на 44,2 %). У дослідженнях інших авторів також встановлено, що Cr^{3+} підвищує активність каталази в селезінці щурів з гіперліпідемією [10]. Крім цього, було доведено, що Cr^{3+} виявляє регуляторний вплив на експресію генів цього ензиму [11].

Експериментально показано існування складних шляхів регуляції NO-синтазної активності. Встановлено, що всі активні форми NO інгібують функціональну активність NOS протягом каталізу [6]. На противагу цьому, NO_2^- , NO_3^- , L-цитрулін і НАДФ⁺ є у цьому сенсі неефективними. Припускають, що нейрональна NOS зазнає автоінгібування такими ендogenous генерованими молекулами, як NO або прекурсор NO (нітроксил-аніон – NO^-) [15]. Генерований NO^- перетворюється в NO за участі супероксиддисмутази, розкладається до N_2O або реагує з киснем з утворенням $ONOO^-$. Крім цього, встановлено, що NOS можуть інактивуватися H_2O_2 [6]. Каталаза, руйнуючи H_2O_2 , стабілізує NOS.

У проведених експериментальних дослідженнях за дії сполуки хрому встановлено зростання загальної активності NOS у печінці щурів на 94,8% (табл. 2). Таке збільшення обумовлене вірогідною зростаючою активністю cNOS (на 68,5 %) та незначним зростанням iNOS у цій тканині. Зростання активності cNOS, очевидно, може привести до підвищення рівня циклічних нуклеотидів, що супроводжуватиметься позитивними змінами функціональної активності гепатоцитів, моноцитів та ендотеліоцитів. Проведені дослідження показали, що цитрат хрому, очевидно, покращує біохімічний стан гепатоцитів і виявляє імуносупресивний, протизапальний, цитопротекторний і ендотеліостабілізуючий ефекти.

Таблиця 2

Активність NO-синтаз в тканинах щурів за дії цитрату хрому в дозі 10 мкг Cr^{3+} /кг маси тіла, пмоль NO_2^- mg^{-1} протеїну xv^{-1} ($M \pm m$, $n=6$).

Тканина	Група	NOS	iNOS	cNOS
Печінка	К	3,49±0,44	1,11±0,30	2,38±0,21
	Д	6,80±0,31***	1,81±0,35	4,01±0,45**
Селезінка	К	5,11±0,52	1,27±0,05	3,84±0,49
	Д	5,70±0,61	1,91±0,26	3,92±0,36
Нирка	К	1,76±0,33	0,34±0,04	1,42±0,28
	Д	3,97±0,39***	0,81±0,16**	2,60±0,24**
Легеня	К	9,90±0,75	1,21±0,26	8,68±0,61
	Д	12,71±0,86*	2,01±0,28	10,70±0,67*
Мозок	К	19,01±1,12	1,98±0,41	17,02±1,22
	Д	28,54±1,24***	2,14±0,27	26,46±1,27***
Серце	К	15,04±1,28	1,21±0,01	13,81±1,27
	Д	12,58±1,42	1,33±0,45	10,60±1,46
Скелетні м'язи	К	19,82±1,28	1,51±0,64	18,30±1,13
	Д	21,60±1,24	2,05±0,10	19,54±1,13

Як відомо, оксид нітрогену, синтезований cNOS, відповідальний за забезпечення нормального кровотоку та міжклітинної взаємодії у тканині печінки, у той час як NO, що продукується iNOS, може бути причетним до її пошкодження. Так, у хворих на алкогольний цироз печінки, вірусний гепатит та холестаза не спостерігалось істотних змін активності cNOS у тканинах печінки, проте суттєво зростала активність iNOS [17].

У селезінці щурів – паренхіматозній тканині, яка відіграє важливу роль у кровотворенні та захисних реакціях організму, за дії цитрату хрому не спостерігалось вірогідних змін активності NOS (табл. 2).

У нирках активність загальної NOS у тварин дослідної групи збільшується на 125,5 %, що обумовлено зростанням активності cNOS (на 83,1%) та iNOS (на 138,2 %) у цій тканині (табл. 2).

Відомо, що в нирках cNOS залучена в процеси гемодинаміки, а її дисфункція може викликати інтрагломерулярну гіпертонію [22]. Таким чином, зростання активності cNOS за дії Cr^{3+} свідчить про покращення циркуляції крові в нирках та їх функціональної здатності. У той

же час підвищення активності iNOS свідчить про стимуляцію її синтезу медіаторами запалення.

Оксид нітрогену, який синтезується iNOS, переважно перетворюється у пероксинітрит, який одночасно з іншими радикалами (супероксидним, гідроксильним, радикалами жирних кислот та іншими) активізує процеси ПОЛ, про що свідчить підвищення вмісту ТБК-активних продуктів у печінці, селезінці, нирках і мозку.

У легенях щурів за дії цитрату хрому спостерігаємо зростання активності загальної NOS на 28,4%, cNOS – на 23,3 % та iNOS – на 66,1 % (табл. 2). Необхідно сказати, що оксид нітрогену, синтезований у фізіологічних кількостях cNOS, спрямовується на підтримку визначеної рівноваги в синтезі й перетворенні NO у легенях, у той час як NO, що є продуктом iNOS, підсилює запальні зміни в дихальних шляхах [18]. Таким чином, NO відіграє важливу роль у регуляції функцій легень і патофізіології захворювань системи дихання.

У мозку щурів за дії цитрату хрому активність cNOS зросла на 55,5% (табл. 2), що, очевидно, буде посилювати функціональну активність нейронів. Збудження нейронів спричиняє підвищення внутрішньоклітинного рівня Ca^{2+} /кальмодулін, що активують cNOS та стимулюють утворення NO, які в свою чергу, сприяють синтезу цГМФ, здатного впливати на провідність іонних каналів і, таким чином, змінювати електрогенез нейронів [7].

У серцевому та скелетному м'язах щурів активність NOS вірогідно не змінюється за дії сполуки хрому. Проте у скелетному м'язі тварин дослідної групи спостерігається тенденція до зростання активності NOS. Очевидно, незначне підвищення рівня цГМФ за дії NO у м'язі призводить до зниження рівня іонів кальцію в цитозолі клітин і ослаблення зв'язку між міозином і актином, що дозволяє клітинам розслаблятися, тобто приймати початкову форму і розміри.

Результати проведених досліджень вказують, що за дії цитрату хрому в дозі 10 мкг Cr^{3+} /кг маси тіла у тканинах щурів відбуваються системні зміни інтенсивності процесів ліпопероксидації, активності ензимів антиоксидантного захисту та NO-синтазної системи.

Висновки

1. Зростання вмісту ТБК-активних продуктів перекисного окиснення ліпідів у печінці, нирках і селезінці щурів за дії цитрату хрому свідчить про посилення прооксидантних процесів в тканинах на початкових етапах дії сполуки.
2. Зростання активності супероксиддисмутази в легенях, серці та скелетних м'язах і каталази в усіх досліджуваних тканинах тварин дослідної групи, очевидно, може обумовлюватися зростанням експресії генів антиоксидантних ензимів та впливом хрому на їх активність.
3. Зростання активності NO-синтаз за дії цитрату хрому в печінці, нирках, легенях і мозку обумовлено підвищенням активності конститутивної NO-синтази, яка, в свою чергу, регулюється інсуліном. Активація NO-ергічної системи за дії цитрату хрому може забезпечити ефективний антистресорний захист та підвищити адаптаційні можливості організму.

1. Годованець О.І. Стан прооксидантної системи та системи антиоксидантного захисту ротової рідини у дітей із клінічними проявами гінгівіту за умов надмірного надходження в організм нітратів / О.І. Годованець, М.М. Рожко, А.М. Ерстенюк // Буковинський медичний вісник. – 2007. –11, №2. – С. 31-33.
2. Гула Н. М. Вплив N-стеароїлетаноламіну на NO-синтазний шлях генерації оксиду азоту в аорті та серці щурів із стрептозотиніндукованим діабетом / Н. М. Гула, Г. В. Косякова, А. Г. Бердишев // Укр. біохім. журн. – 2007. – 79, № 5. – С.153–158.
3. Дубинина Е. Е. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека / Е. Е. Дубинина, Л. Я. Сальникова, Л. Ф. Ефимова // Лаб. дело. – 1983. – № 10. –С. 30–33.
4. Коробейникова С. Н. Модификация определения ПОЛ в реакции с ТБК / С. Н. Коробейникова // Лаб. дело. – 1989. –№ 7. – С. 8–9.
5. Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А.Королюк, Л. И. Иванова, И . Г. Майорова [и др.] // Лаб. дело. – 1988. – № 1. –С. 16–18.
6. Сибірня Н. О. Молекулярні механізми депонування оксиду азоту в еритроцитах / Н. О. Сибірня, М. Я. Люта, Н. І. Климишин //Біологічні Студії. – 2010. – 4, №1 – С. 143–160.
7. Сосунов А. А. Оксид азота как межклеточный посредник / А.А. Сосунов // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – 6, № 12. – С. 27–34

8. *Akamine E.H.* Correction of endothelial dysfunction in diabetic female rats by tetrahydrobiopterin and chronic insulin / E.H. Akamine, E.M. Kawamoto, C. Scavone [et al] // *J. Vasc. Res.* – 2006. – 43, №4. – P. 309–320.
9. *Aljada A.* Effect of insulin on human aortic endothelial nitric oxide synthase/ A. Aljada, P. Dandona // *Metabolism.* –2000. – 49. –P.147–150.
10. *Atac I.A.* The effect of combined treatment with niacin and chromium (iii) chloride on the different tissues of hyperlipemic rats. drug and chemical toxicology / I.A. Atac, A. Peksela, R. Yanardag [et al] // *Drug and chemical toxicology.* – 2006. – 29, № 40. – P. 363–377.
11. *Chen W.Yi.* Chromium attenuates hepatic damage in a rat model of chronic cholestasis / W.Yi. Chen, C. Ju. Chen, J.W. Liao. [et al] // *Life Sciences.* – 2009. – Vol. 84. – P. 606–614.
12. *Gao F.* Nitric Oxide Mediates the Antiapoptotic Effect of Insulin in Myocardial Ischemia-Reperfusion / F. Gao, E. Gao, T. L. Yue [et al] // *Circulation.* – 2002. – 105 (12). – P. 1497–1502.
13. *Green L. C.* Analysis of nitrate, nitrite and [15N] nitrate in biological fluids / L.C. Green, A.W. David, J. Glogowski [et al] // *Anal. Biochem.* – 1982. – Vol. 126, № 1. – P. 131–138.
14. *Kahn N. N.* Nitric oxide: The “second messenger” of insulin / N. N. Kahn, K. Acharya, S. Bhattacharya [et al] // *IUBMB Life.* – 2000. – 49. – P. 440–450.
15. *Kotsonis P.* Autoinhibition of neuronal nitric oxide synthase: distinct effects of reactive nitrogen and oxygen species on enzyme activity/ P. Kotsonis, A. Frey, L. Frohlich [et al] // *Biochem. J.* – 1999. – 340. –P. 745–752.
16. *Lushchak O.V.* Trivalent chromium induces oxidative stress in goldfish brain / O.V. Lushchak, O.I. Kubrak, I.M. Torous [et al] // *Chemosphere.* – 2009. – 75 – P. 56–62.
17. *Mc.Naughton L.* Distribution of nitric oxide synthase in normal and cirrhotic human liver / L. Mc.Naughton, L. Puttagunta, M.A. Martinez-Cuesta [et al] // *PNAS.* – 2002. – 99, №26. – P. 17161–17166.
18. *Moncada S.* The L-Arginine-Nitric Oxide Pathway/ S. Moncada, A. Higgs // *N. Engl. J. Med.* – 1993. – 329. – P. 2002–2012.
19. *Ookawara T.* Site-specific and random fragmentation of Cu,Zn-superoxide dismutase by glycation reaction. Implication of reactive oxygen species / T. Ookawara, N. Kawamura, Y. Kitagawa // *J. Biol. Chem.* – 1992. – Vol. 267, № 26. – P.18505–18510.
20. *Preuss H.G.* Comparative effects of chromium, vanadium and gymnema sylfestre on sugar-induced blood pressure elevations in SHR. / H.G. Preuss, S.T. Jarrell, R.Scheckenbach [et al] // *J. Am. Coll. Nutr.* – 1998. – 17. – P. 116–123.
21. *Schiropoulos I.* Biological selectivity and functional aspects of protein tyrosine nitration / I. Schiropoulos // *Biochem. Biophys Res. Commun.* – 2003. – 305, № 3. – P. 776–783.
22. *Shelton J. L.* Inducible NO synthase (iNOS) in human neutrophils but not pulmonary microvascular endothelial cells (PMVEC) mediates septic protein leak in vitro/ J. L. Shelton, L.Wang, G. Cepinskas [et al] // *Microvasc. Res.* – 2007. – Vol. 74, № 1. – P. 23–31.
23. *Vincent J. B.* The Nutritional Biochemistry of Chromium (III) / Vincent J. B. – Department of Chemistry The University of Alabama Tuscaloosa, USA, 2007. – 277 p.

Р.Я. Искра, В.В. Влизло

Институт биологии животных НААН, Львов, Украина

СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗНАЯ, КАТАЛАЗНАЯ И NO-СИНТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ В ТКАНЯХ КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ ЦИТРАТА ХРОМА

Исследовали влияние цитрата хрома в дозе 10 мкг Cr³⁺/кг массы тела крыс на содержание продуктов перекисного окисления липидов, активность ферментов антиоксидантной системы и NO-синтаз в тканях. Установлено, что при действии соединения хрома активность супероксиддисмутазы, в противоположность содержанию ТБК-активных продуктов перекисного окисления липидов, уменьшалась в мозге и селезенке и увеличивалась в легких, сердечной и скелетной мышцах. Активность каталазы возрастала во всех тканях животных опытной группы. При действии цитрата хрома возрастала активность NO-синтазы в тканях крыс, которая обусловлена, в основном, активацией конститутивной NO-синтазы. В общем, цитрат хрома проявляет способность усиливать прооксидантные процессы на начальных этапах своего действия, которые в дальнейшем сопровождаются увеличением активности ферментов антиоксидантной защиты и NO-синтазы, и соответственно и снижением уровня продуктов ПОЛ.

Ключевые слова: крыса, оксид азота, конститутивная NO-синтаза, индуцибельная NO-синтаза, антиоксидантная система

R.Ja. Iskra, V.V. Vlislo

Institute of Animal Biology NAAN, Lviv, Ukraine

SUPEROXIDE DISMUTASE, CATALASE AND NO-SYNTHASE ACTIVITY IN RAT TISSUES UNDER IMPACT OF CHROMIUM CITRATE

The effect of chromium citrate (dose of 10 $\mu\text{g Cr}^{3+}$ / kg body weight) on the content of lipid peroxidation products, activity of antioxidant enzyme systems, as well as NO-synthase in tissues was studied. Under the experimental exposure of chromium compounds superoxide dismutase activity, in contrast to MDA-active products of lipid peroxidation, decreased in brain and spleen, and increased in the lungs, heart and skeletal muscle. Catalase activity increased in all tissues of animals of research group. In experimental condition the activity of NO-synthase increased in rat tissues, which is caused mainly by activation of constitutive NO-synthase. Generally, the effect of chromium citrate shows the ability to enhance oxidative processes in the early stages of exposure in the following accompanied by increasing of enzyme activity of antioxidant protection, NO-synthase activity and correspondingly decreasing of the level of lipid peroxidation products.

Key words: rat, nitrogen oxide, constitutive NO-synthase, inducible NO-synthase, antioxidant system

Рекомендує до друку

О.Б. Столяр

Надійшла 26.01.2012

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

ЕРАСТ АНАТОЛІЙОВИЧ ГОЛОВКО: НАУКОВА СПАДЩИНА (до 75-річчя від дня народження)



ПРОФЕСОР ЕРАСТ АНАТОЛІЙОВИЧ ГОЛОВКО

«Безліч людей шукають свій життєвий шлях, та небагатьом вдається не лише знайти його, а й зберегти відданість обраній справі». Повною мірою ця думка, висловлена стародавнім філософом, стосується талановитої та непересічної особистості – Ераста Анатолійовича Головка.

9 травня 2012 р. виповнилось би 75 років від дня народження відомому вченому-фізіологу рослин і мікробіологу, доктору біологічних наук, професору Головку Ерасту Анатолійовичу.

Е.А. Головка народився в 1937 р. в м. Біла Церква Київської області в сім'ї службовця, де праця завжди була в пошані. Змалечку батьки прищепили відповідальність та працьовитість своєму синові.

У 1954 р. Ераст Анатолійович закінчив Білоцерківську середню школу №9. Трудову діяльність розпочав хроміровщиком Білоцерківського ремонтно-механічного заводу "Сільмаш". В 1961 р. закінчив Білоцерківський сільськогосподарський інститут за фахом "агрономія" і здобув кваліфікацію "вчений агроном". Впродовж трьох років майбутній учений обіймав посаду заступника головного агронома Шрамківського цукрового комбінату Черкаського цукрбуряктресту (с.м.т. Шрамково Драбовського району, Черкаської області). У 1963 р. Е.А. Головка вступив до аспірантури при Полярно-альпійському ботанічному саду Кольського філіалу АН СРСР (м. Кіровськ, Мурманська обл.), керівником дисертаційної роботи призначено професора М.Б. Ройзіна. Після закінчення аспірантури Ераст Анатолійович працював молодшим науковим співробітником лабораторії мікробіології та ґрунтознавства цієї ж установи. У 1969 р. у Ленінградському сільськогосподарському інституті захистив кандидатську дисертацію на тему "Активизация биологических процессов в торфяных почвах Кольского полуострова как основа повышения их плодородия" і отримав науковий ступінь кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю "ґрунтова мікробіологія".

Е.А. Головка наполегливо підвищував свою кваліфікацію. В 1972 р. закінчив Вищі курси з патентознавства і винахідництва. У 1970–1973 рр. разом із співробітниками наукових установ Кольського філіалу АН СРСР брав участь у виконанні розділу науково-дослідної роботи "Інтенсифікація вилуговування кольорових металів із мідно-нікелевих руд". Зокрема, він досліджував роль тіонових бактерій у вилугованні сульфідних мідно-нікелевих руд і розробляв технологію для напівпромислових випробувань на комбінаті "Північнікель" (м. Манчегорське) Кольського півострова. Отримані результати стали підставою щодо проектування, будівництва і випробування дослідно-промислових установок для вилуговування кольорових металів.

Окриленим повертався у 1973 р. Е.А. Головка на Україну, де продовжив наукову діяльність. Сказано – лиш наполегливому щастить. Так, деякий час (1973–1974 рр.) він працював молодшим науковим співробітником УНДІ спиртової промисловості, а з 1974 р. і до останніх днів життя – у Центральному республіканському ботанічному саду АН УРСР (нині Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України). Тут він обіймав посади молодшого наукового співробітника лабораторії алелопатії відділу фізіології рослин, старшого наукового співробітника, а з 1978 р. по 2005 р. – завідувача відділу фізіології рослин, який пізніше було перейменовано у відділ алелопатії. В 1982 р. йому було присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника за спеціальністю "мікробіологія".

Впродовж багатьох років науковий світогляд Е.А. Головка формувався під впливом видатного вченого-фізіолога рослин і ботаніка з світовим ім'ям, фундатора алелопатичної школи в Україні, доктора біологічних наук, академіка АН УРСР, професора Гродзинського Андрія Михайловича. Результати наукових досліджень Ераста Анатолійовича узагальнено у докторській дисертації "Фізіолого-біохімічні основи взаємодії вищих рослин і мікроорганізмів в природних та штучних екосистемах", яку він успішно захистив у 1985 р. і отримав наукову ступінь доктора біологічних наук за двома спеціальностями "фізіологія рослин" та "мікробіологія".

У 1995 р. Ерасту Анатолійовичу було присвоєно вчене звання професора зі спеціальності "фізіологія рослин". Вимогливість і впевненість керівника професор Е.А. Головка поєднував з почуттям власного обов'язку перед людьми. Задля підвищення ефективності роботи завжди

шукав нові форми і методи. Не боявся ламати стереотипи і впроваджувати новації. Робив це впевнено і рішуче.

Під керівництвом і за безпосередньою участю Ераста Анатолійовича вирішено низку наукових та науково-методичних завдань. Вперше отримано нові знання щодо загальної чисельності і ґрунтового складу мікрофлори польових культур, вирішено ряд комплексних науково-прикладних аспектів алелопатичної ґрунтової монокультури сільськогосподарських рослин, а також конструювання надійних та високопродуктивних агрофітосистем. Показано значення мікроскопічних грибів в утворенні фітотоксичних речовин, які накопичуються в ґрунті і негативно впливають на системи життєдіяльності рослин.

Професором Е.А. Головком розроблено програму розвитку фундаментальних напрямів алелопатії і її використання в агроекології. Запропоновано актуальні напрямки науково-дослідних робіт із збереження і відтворення родючості чорноземних ґрунтів України для Національної програми України, а також вивчення алелопатичних властивостей овочевих і ароматичних рослин з метою їх використання як складових компонентів замкнених екосистем.

Вагомим науковим здобутком ученого є обґрунтування перспектив і шляхів створення на основі алелопатично активних сполук вищих рослин й мікроорганізмів фіторегуляторів з гербіцидподібною дією для контролю чисельності сеgetальних видів рослин. У наукових монографіях і статтях висвітлено закономірності формування степових рослинних асоціацій, принципи донорно-акцепторної взаємодії рослин через кореневі виділення, фітонциди та продукти життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів. У роботах Е.А. Головка знайшла втілення у практику його наукова ідея щодо пошуку і реалізації нових сучасних методів й підходів, що сприяло подальшому розвитку фундаментальних напрямків в алелопатії та суміжних галузях біології рослин. Прикладні аспекти алелопатії нині використовують для оздоровлення прикореневого середовища вищих рослин, вивчення наслідків інтенсивної хімізації рослинництва, здійснення екологічної боніфікації основних типів ґрунтів України.

Ераст Анатолійович проводив вагому науково-організаційну і педагогічну роботу. Впродовж багатьох років був членом спеціалізованих вчених рад із захисту докторських (кандидатських) дисертацій при Інституті фізіології рослин і генетики НАН України, Інституті агроекології і біотехнології УААН, Національному ботанічному саду НАН України, заступником академіка-секретаря Відділення загальної біології АН УРСР, віце-президентом, членом Ради Президії, головою секції "Фізіологія живлення рослин" Українського товариства фізіологів рослин, членом товариства мікробіологів України, Ради ботанічних садів і дендропарків України, редколегії журналів "Физиология и биохимия культурных растений", "Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія", ученим секретарем секції "Біологія" Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки, членом Міжнародної алелопатичної асоціації, головою Комітету з присудження Міжнародної премії А.М. Гродзинського за кращу монографію з алелопатії.

Професор Е.А. Головка постійно піклувався про збереження домінуючих наукових напрямків алелопатії в Україні і за її межами. Він був одним із засновників Міжнародного алелопатичного товариства (International Allelopathy Society - IAS, Нью-Делі, Індія, 1994), Міжнародного журналу з алелопатії (Journal of Allelopathy), брав участь у роботі I Міжнародного симпозіуму "Алелопатія в сільському господарстві і в навколишній природі" (Індія, Нью-Делі, 1994), I і III Всесвітніх конгресах з алелопатії (Іспанія, 1996 і Японія, 2002), 210 Національному конгресі Американського хімічного товариства (Чикаго, 1995), Міжнародній конференції Американського фітопатологічного товариства (Роджестер, 1997), IX Тихоокеанському Міжнародному конгресі (Тайвань, Тайпей), Міжнародній конференції Американського товариства ґрунтознавців (США, Міннеаполіс, 2000), тісно співпрацював з вченими США, Чехії, Словачки, Індії, Польщі, зокрема з професором Дж. Уоллером з Оклахомського університету (США). Учений був керівником трьохмісячного стажування професора агрономії Хіранського сільськогосподарського університету С. Нарвала (Індія), приймав професора Мельбурнського університету Р. Вілліса (Австралія) з метою інтенсифікації досліджень у галузі алелопатії.

Е.А. Головка на високому науково-методичному рівні читав лекції з фізіології рослин і мікробіології студентам Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка, Житомирського, Білоцерківського, Уманського аграрних університетів та Уманського педагогічного університету.

Найголовніші риси вченого – відданість науці, ентузіазм, невичерпність енергії, працелюбність, доброзичливість, оптимізм, високий професіоналізм, прагнення нового, сумлінне виконання своїх службових обов'язків, унікальна самоорганізованість, милосердне ставлення до людей та природи. Він любив плекати сад, захоплювався велоспортом, лижами, мистецтвом, історією України, користувався великим авторитетом та повагою в усіх, хто знав його, хто спілкувався з ним й по роботі, і в різних життєвих ситуаціях. Разом з тим Ераст Анатолійович завжди був відкритий для обговорення наукових проблем, умів вислухати своїх опонентів і приділяв їм увагу незалежно від їхнього рангу та позиції. Ніщо не змінило сутність людини, яка усміхалася набагато частіше, ніж гнівалася, яка забувала про себе, коли хтось потребує допомоги.

Е.А. Головка створив визнану школу фізіологів рослин, а вплив його непересічної особистості сприяє зростанню талановитої молоді. Він збагатив науку працями першорядного значення, самостійно і в співавторстві опублікував майже 200 наукових праць, серед яких 7 монографій і навчальний посібник. Е.А. Головку за монографію "Микроорганизмы в аллелопатии высших растений" присуджено Премію ім. М.Г. Холодного АН України, нагороджено медалями "В память 1500-летия Киева", "За трудовую доблесть", "Ветеран труда", багатьма грамотами.

Пішов з життя професор Е.А. Головка 13 грудня 2005 р. у вирі духовного натхнення й творчих задумів і був прийнятий небом, де його зірка буде сяяти вічно. Але він залишився живим в своїх наукових публікаціях, серцях своїх учнів, послідовників, друзів. Автори цих рядків безмежно вдячні долі, що дарувала їм роки плідної праці і спілкування з вченим великої і світлої душі, який збагатив науку новими теоретичними та практичними здобутками. Науково-педагогічна спадщина Е.А.Головка використовується, нею послуговуються нові покоління науковців і студентів.

Порядність, працелюбність, уважне ставлення до людей, прагнення робити добро заслуговують найвищої оцінки і є прикладом наслідування новими поколіннями студентів та молодих науковців.

Пам'ять про знаного українського вченого фізіолога рослин і мікробіолога, професора Головка Ераста Анатолійовича лине щедрістю любові й добра до людей, вона продовжує жити поміж нас, творячи красу людських душ.

170 книг із бібліотеки Е.А. Головка після смерті професора передано до фондів бібліотеки Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України. Тут також можна познайомитись із науковим спадком професора, який у каталозі представлений 117 найменуваннями, наводимо найвагоміші із них.

МОНОГРАФІЇ

1. Головка Э.А., Розенталь А.К., Седельников В.А., Суходрев В.М. Химическое и бактериальное выщелачивание медно-никелевых руд. – Л.: Наука, 1978. – 199 с.
2. Гродзинский А.М., Богдан Г.П., Головка Э.А., Дзюбенко Н.Н., Мороз П.А., Прутенская Н.И. Аллелопатическое почвоутомление. – К.: Наук. думка, 1979. – 247 с.
3. Головка Э.А. Микроорганизмы в аллелопатии высших растений. – К.: Наук. думка, 1984. – 207 с.
4. Головка Э.А., Гродзинский А.М., Горобец С.А. и др. Экспериментальная аллелопатия. – К.: Наук. думка, 1987. – 236 с.
5. Гродзинский А.М., Головка Э.А., Безменов А.Я. и др. Взаимодействие летучих выделений в замкнутой экосистеме – Киев: Наук. думка, 1992. – 127 с.

АВТОРСЬКІ СВДОЦТВА

1. Гродзинський А.М., Безменов А.Я., Головка Э.А. и др. А.с. №1266490, А 017/00. Способ оценки газоустойчивости растений.
2. Гродзинський А.М., Головка Э.А., Безменов А.Я. и др. А.с. №1327835, А 017/00. Способ подбора растений для замкнутой агробиосистемы.

ПАТЕНТИ

1. Деклараційний патент № 200441007991 на корисну модель “Спосіб оцінки симбіотичної азотфіксуючої активності у сортів люпину білого”/ Пида С.В., Головка Е.А., Григорюк І.П., Машковська С.П. – опубл. Бюл. №10. – 17.10.2005. – 4 с.

НАВЧАЛЬНІ ПОСІБНИКИ

1. Гродзинський А.М., Головка Э.А. Биологическое значение почвенных газов – летучие фитотоксины, почва и растения // Роль организмов в газообмене почв: Учебн. пособие. – М., 1986. – С.40–56.

НАУКОВІ СТАТТІ

1. Головка Э.А., Егоров В.И. Физиологические свойства и применение местного штамма *Thiobacillus ferrooxidans* в выщелачивании никеля, меди из забалансовых руд Кольского полуострова // Прикладная биохимия и микробиология, 1972. – Вып.5. – С. 745–751.
2. Головка Э.А. Влияние высших растений на биологическую активность торфяной почвы // Биол. процессы и минеральный обмен в почвах Кольского полуострова. Сб. науч. тр.– 1974. – С. 70–93.
3. Головка Э.А., Егоров В.И. Промышленное испытание бактериального выщелачивания никеля, меди и других компонентов из забалансированных руд Кольского полуострова // Проблемы геотехнологии. – П., – М., 1975. – С. 351–357.
4. Дзюбенко Н.Н., Головка Э.А., Степаненко А.Я., Горобец С.А., Крупа Л.И. Биологическая активность почвы и продуктивность растений в севообороте и бессменных посевах // Проблемы аллелопатии. – К.: Наук. думка, 1978. – С. 80–92.
5. Буколова Т.П., Головка Э.А., Гродзинский А.М. Изучение косвенной аллелопатии: Динамика эпифитной микрофлоры и состав медвяной росы у лип кавказской и мелколистной // Проблемы аллелопатии. – К.: Наук. думка, 1978. – С. 135–145.
6. Гродзинский А.М., Юрчак Л.Д., Головка Э.А., Панчук М.А., Шроль И.С. Сравнительная оценка методов изучения аллелопатического почвоутомления // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. – С. 53–63.
7. Головка Э.А., Дзюбенко Н.Н. фитотоксичность пожнивных остатков полевых культур // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л.: Изд-во ВИСХМ, 1978. – С. 187 – 197.
8. Головка Э.А. Роль микроорганизмов в устойчивом функционировании агрофитоценозов // Проблемы агробиогеоценологии. Сб. тр. – М., 1979. – С. 50–53.
9. Бойко П.І., Головка Е.А., Дзюбенко Н.Н., Поліщук І.С. Вплив біологічних факторів родючості ґрунту на продуктивність культур у сівозміні й безмінних посівах // Землеробство. – 1980. – Вип.51. – С. 84–90.
10. Головка Э.А., Шроль Т.С. Антифунгальная активность фитонцидов некоторых лекарственных растений // Фитонциды. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 104–109.
11. Гайдамак В.М., Макаренко П.И., Головка Е.А. Влияние корневых остатков некоторых древесных и кустарниковых растений на рост сеянцев дуба черешчатого // Химическое взаимодействие растений. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 71–81.
12. Головка Э.А., Логвинова М.М. Влияние растительных остатков плодовых культур на биологические свойства почвы // Химическое взаимодействие растений. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 123–135.
13. Головка Э.А., Шроль Т.С. Динамика ризосферной микрофлоры при непрерывном выращивании овощных культур в искусственных условиях // Химическое взаимодействие растений. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 136–145.
14. Кострома Е.Ю., Хохлова И.Г., Головка Э.А. Методика определения фитотоксичности экзометаболитов микроскопических грибов рода *Aspergillus* // Химическое взаимодействие растений. – К.: Наук. думка, 1981. – С.180–186.
15. Головка Э.А., Кострома Е.Ю., Хохлова И.Г. Фитотоксические свойства грибов рода *Aspergillus* // Фитонциды. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 163–165.
16. Головка Э.А., Элланская И.А., Кострома Е.Ю. Аллелопатическое почвоутомление и фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов // Аллелопатия в естественных и искусств. фитоценозах. – К.: Наук. думка, 1982. – С. 86–95.
17. Головка Э.А., Водопьян Н.С., Приходькова Л.П., Шроль Т.С. Видовой состав водоростей и динамика микроорганизмов в условиях искусственного выращивания растений // Аллелопатия в естественных и искусственных фитоценозах. – К.: Наук. думка, 1982. – С. 77–86.
18. Головка Э.А., Гриб Н.И., Степаненко А.Я. Влияние бессменного выращивания растений на жизнедеятельность микробоценоза // Роль аллелопатии в растениеводстве. – К.: Наук. думка, 1982. – С. 104–118.

19. Гродзинський А.М., Головка Э.А., Безменов А.Я., Барановський В.И. Воздушная аллелопатия сельдерея и капусты листовой Хибинской при выращивании в замкнутом объеме // Докл. АН УССР, Сер. Б. – 1982. – №9. – С. 56–59.
20. Элланская И.А., Головка Э.А., Кострома Е.Ю., Соколова Е.В. Микрофлора ризосферы озимой пшеницы в условиях монокультуры и севооборота // Структура и функции микробных сообществ с различной антропогенной нагрузкой. – К.: Наук. думка. – 1982. – С. 70–73.
21. Головка Э.А., Элланская И.А., Кострома Е.Ю., Хохлова И.Г. Микрофлора ионитной почвы и ее фитотоксические свойства // Микробиол. журнал, 1982. – 44, №4. – С. 44–48.
22. Головка Э.А., Горобец С.А., Яхно В.С. Субстратуотомление и минерализация пожнивных остатков // Роль аллелопатии в растениеводстве. – К.: Наук. думка, 1982. – С. 118–128.
23. Гродзинський А.М., Головка Э.А. Аллелопатические проблемы почвоутомления // Почвоведение. – 1983. – №1. – С. 74–81.
24. Гродзинский А.М., Головка Э.А., Горобец С.А., Мазорчук Л.И. Биологическая активность почвозаменителя (перлита) в условиях искусственного выращивания растений // Докл. АН УССР, Сер. Б. – 1983. – №10. – С. 69–71.
25. Головка Э.А., Дзюбаненко Г.Н., Шроль Т.С., Чернишова М.О. Влияние пожнивных остатков озимых культур на динамику колинов и численности микроорганизмов в черноземной почве / Роль токсинов растит. микробиального происхождения в аллелопатии. – К.: Наук. думка. – 1983. – С. 47–60.
26. Бойко П.И., Головка Э.А. Особенности микробных сообществ ризосферы бессменных посевов полевых культур Лесостепи УССР // Роль токсинов растительного происхождения в аллелопатии. – К.: Наук. думка, 1983. – С. 30–41.
27. Головка Э.А., Горобец С.А., Яхно В.С. Роль микроорганизмов в субстратуотомлении // Роль токсинов растительного и микробиального происхождения в аллелопатии. – К.: Наук. думка, 1983. – С. 9–30.
28. Гродзинский А.М., Головка Э.А. Биологическое значение почвенных газов. Почва – адсорбент и катализатор // Почвенно-агрхим. исследования в бот. садах СССР.– Апатиты, 1984. – С. 24–37.
29. Головка Э.А., Горобец С.А., Мазорчук Л.И. Роль органического вещества во взаимодействии высших растений и микроорганизмов в искусственных экосистемах // Физиология и биохимия культ. растений, 1984. – 16, №3. – С. 273–279.
30. Гродзинський А.М., Головка Э.А., Мар'юшкіна В.Я. Антропогенний вплив і ґрунтовогома в степових фітоценозах // Укр. бот. журн. – 1985. – 42, №1. – С. 34–38.
31. Гродзинський А.М., Кваша В.В., Кострома Е.Ю., Головка Э.А. Генетическая активность экзометаболитов высших растений и микроорганизмов в связи с аллелопатией // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1985. – №9. – С. 61–64.
32. Головка Э.А. Физиолого-биохимические основы взаимодействия высших растений и микроорганизмов в естественных и искусственных экосистемах: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук. – 1985. – К.: Институт физиологии растений АН УРСР. – 35 с.
33. Горобец С.А., Головка Э.А. Аллелопатические взаимоотношения в корнеобитаемой среде экологически замкнутых систем // Экспериментальная аллелопатия. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 137–174.
34. Головка Э.А., Кострома Е.Ю., Шроль Т.С. Высшие растения и микрофлора в системе биотических взаимоотношений // Экспериментальная аллелопатия. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 175 – 206.
35. Головка Э.А. Аллелопатія рослин: історія, теорія, пріоритет // Вісник АН УРСР, 1989. – №8. – С. 38–46.
36. Головка Э.А., Деревянко В.А., Мазорчук Л.И. Биохимический и продукционный аспекты использования конденсата жилого отсека (КЖО) в оранжерейных установках // Физиология и биохимия культ. растений.– 1989. – 21, №6. – С. 548–554.
37. Гродзинський А.М., Миркин В.П., Головка Э.А., Туганев В.В. Методологические проблемы аллелопатии. Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1989. – С. 15–28.
38. Головка Э.А., Колосов В.И., Шроль Т.С. Физиологические аспекты функционирования замкнутых экосистем // Методологические проблемы аллелопатии. Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1989. – С. 131–145.
39. Головка Э.А., Козеко В.Г., Грахов В.П., Бречко В.Л. Вивчення специфічних речовин ґрунту при моделюванні різної густоти осоту польового (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) // Доп. АН УРСР. – 1990. – №5. – С. 71–73.
40. Головка Э.А. Ганс Молиш и современная аллелопатия // Аллелопатия и продуктивность растений. Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 14–23.

41. Головкин Э.А., Петренко С.В., Горобец С.А., Крупа Л.И. Изменение некоторых физиолого-биохимических показателей сахарной свеклы в условиях монокультуры // Аллелопатия и продуктивность растений: Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 63–68.
42. Марьюшкина В.Я., Головкин Э.А. Роль аллелопатического фактора во взаимоотношениях амброзии полынолистной с горохом посевным // Докл. АН УССР. – 1991. – №6. – С. 148–151.
43. Головкин Э.А. Микробиологические аспекты агрофитоценологии // Круговорот аллелопатически активных веществ в биогеоценозах: Сб. науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 9–21.
44. Головкин Э.А., Кавеленова Л.М. О концепции аллелопатической толерантности растений // Физиология и биохимия культ. растений. – 1992. – 24, №5. – С. 439–447.
45. Головкин Э.А., Ельченко Н.А., Кострома Е.Ю. и др. Аллелопатическая и антифунгальная активность сортов озимой пшеницы // Физиология и биохимия культ. растений. – 1993. – 25, №6. – С. 553–558.
46. Головкин Э.А., Кавеленова Л.М. Вплив алелопатично активних речовин на активність та ізоферментний спектр пероксидази у алелопатично чутливих і толерантних рослин // Физиология и биохимия культ. растений. – 1993. – 25, №2. – С. 181–186.
47. Головкин Э.А., Старченков Ю.П., Пида С.В. та ін. Вплив ризоторфіну та мінерального азоту на симбіотичні властивості люпину жовтого // Физиология и биохимия культ. растений. – 1993. – 25, №4. – С. 352–356.
48. Грахов В.П., Козеко В.Г., Головкин Э.А. Моделирование аллелопатических взаимодействий за лабораторных умов // Укр. бот. журн. – 1993. – 50, №1. – С. 86–93.
49. Головкин Э.А., Быстрицкий В.С., Устьяк С.А., Стройванс Л.Т. Особенности минерального питания сельскохозяйственных растений в условиях радионуклидного загрязнения почв Полесья Украины // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – 26, №2. – С. 160 – 165.
50. Головкин Э.А. Від класичної фізіології рослин до сучасної алелопатії: історико-аналітичний погляд // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2002. – №3 (18). – С. 92–101.
51. Головкин Э.А., Машковська С.П. Динаміка алелопатичної активності деяких видів *Tagetes L.* // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 1999. – №3 (6). – С. 22–26.
52. Головкин Э.А., Пузик В.К. Аллелопатия и дизайн ландшафтных композиций // Интродукция растений. – 2003. – №1. – С.149–157.
53. Машковська С.П., Головкин Э.А., Григорюк І.П. Фенолкарбонові кислоти видів роду Чорнобривці (*Tagetes L.*) // Доповіді НАН України. – 2003. – №5. – С. 158–161.
54. Головкин Э.А., Пида С.В., Машковська С.П. Донорно-акцепторна взаємодія між кореневими ексудатами проростків люпину і видів родин Злакові та Бобові // Агроєкологічний журнал. – 2003. – №2. – С. 58–60.
55. Машковська С.П., Головкин Э.А., Григорюк І.П., Ніколайчук В.І. Антимікробна активність летких екзометаболітів деяких видів роду Чорнобривці (*Tagetes L.*) // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Біологія. – 2003. – № 9. – С. 199–202.
56. Машковська С.П., Головкин Э.А. Алелопатична активність та біохімічний склад кореневих виділень інтродукованих видів роду *Tagetes L.* // Физиология и биохимия культ. растений. – 2004. – 36, №4. – С.307–314.
57. Пида С.В., Головкин Э.А., Машковська С.П., Григорюк І.П. Акумуляція флавоноїдів у листках сортів люпину білого і жовтого на фоні інокуляції насіння штамми бульбочкових бактерій // Доповіді НАН України. – 2004. – №11. – С. 179–184.
58. Щербак Т.О., Головкин Э.А. Фенолкарбонові кислоти видів *Echinacea Moench* та їхня алелопатична активність // Физиология и биохимия культ. растений. – 2004. – 36, №2. – С. 156 – 160.
59. Орел Л.В., Головкин Э.А., Заєць І.М. Алелопатично активні сполуки бур'янових рослин та наукові принципи розробки фіторегуляторів з гербіцидною дією // Интродукция растений. – 2005. – №1. – С. 94–99.
60. Мищенко О.В., Головкин Э.А., Поспелов С.В. Особенности аллелопатической активности эхинаеи пурпурной первого и второго годов вегетации // Интродукция растений. – 2005. – №4. – С. 88–92.
61. Golovko E.A., Grakhov V.P., Shcherbakova T.O. Bioactive Components of Three Purple Cone-Flower Species (*Echinacea*) Cultivated in Ukraine // Euromedia Hannover 2005. Intern. Congress & Exhibit. Hannover. – 2006. – P. 29 – 30.

*С.В.Пида, доктор сільськогосподарських наук
С.П. Машковська, кандидат біологічних наук
І.П.Григорюк, доктор біологічних наук,
член-кореспондент НАН України*

АВТОРИ НОМЕРА

- Барна М.М.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ).
- Бобровницький Ю.А.** — аспірант відділу клітинної біології та анатомії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (ІБ НАНУ).
- Богдановська Н.В.** — доктор біологічних наук, професор кафедри фізичної реабілітації Запорізького національного університету.
- Влізло В.В.** — академік НААН України, доктор ветеринарних наук, професор, директор Інституту біології тварин НААН України.
- Воробець З.Д.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри медичної біології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (ЛНМУ).
- Гирич В.К.** — старший викладач кафедри зоології Житомирського державного університету імені Івана Франка (ЖДУ).
- Голунова Л.А.** — асистент кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету (ВДПУ).
- Григорюк І.П.** — доктор біологічних наук, член-кореспондент НАН України, професор кафедри фізіології, екології рослин і біомоніторингу Національного університету біоресурсів і природокористування України.
- Грубінко В.В.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології ТНПУ.
- Гурська О. В.** — асистент кафедри біології та загальної екології Кременецького обласного гуманітарно-педагогічного інституту імені Тараса Шевченка.
- Демченко В.О.** — кандидат біологічних наук, завідувач міжвідомчої лабораторії моніторингу екосистем Азовського басейну Одеської філії Інституту біології південних морів.
- Дух О.І.** — кандидат біологічних наук, декан природничо-технологічного факультету Кременецького обласного гуманітарно-педагогічного інституту імені Тараса Шевченка.
- Єфремова У.П.** — аспірант кафедри медичної біології ЛНМУ.
- Іскра Р.Я.** — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії біохімії, адаптації та онтогенезу тварин Інституту біології тварин НААН України.
- Клоченко П.Д.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу екологічної фізіології водних рослин ІБ НАНУ.
- Козеко Л.Є.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу клітинної біології та анатомії ІБ НАНУ.
- Кордюм Є.Л.** — доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу клітинної біології та анатомії ІБ НАНУ.
- Кур'ята В.Г.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології ВДПУ.
- Курант В.З.** — доктор біологічних наук, професор, декан хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Личковська Н.Е.** — пошукувач кафедри медичної біології ЛНМУ.
- Луців А.І.** — аспірант кафедри загальної біології ТНПУ.
- Ляврін Б.З.** — аспірант кафедри хімії ТНПУ.

АВТОРИ НОМЕРА

Мацюк О.Б. — аспірант кафедри ботаніки ТНПУ.

Машковська С.П. — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу квітництва Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України.

Овчаренко Ю.В. — молодший науковий співробітник відділу клітинної біології та анатомії ІБ НАНУ.

Пида С.В. — доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри ботаніки ТНПУ.

Ружицька О.Ю. — асистент кафедри медичної біології Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського.

Семенюк Н.Є. — кандидат біологічних наук, науковий співробітник Інституту гідробіології НАН України.

Сеник Ю.І. — аспірант кафедри хімії ТНПУ.

Синюк Ю.В. — кандидат біологічних наук, асистент кафедри загальної біології ТНПУ.

Стадниченко А.П. — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри зоології ЖДУ.

Стецула Н.О. — кандидат біологічних наук, викладач кафедри біології Дрогобицького державного педагогічного університету імені І.Франка.

Фафула Р.В. — викладач кафедри біофізики, пошукувач кафедри медичної біології ЛНМУ.

Хоменчук В.О. — кандидат біологічних наук, доцент кафедри хімії ТНПУ.

Шевчук С.Ю. — кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри зоології ЖДУ.

Яворівський Р.Л. — асистент кафедри ботаніки ТНПУ.



Здано до складання 3.09.2012. Підписано до друку 11.09.2012. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.
Умовних друкованих аркушів — 10.4 Обліково-видавничих аркушів — 12.2. Замовлення № 7.
Наклад 300 прим. Видавничий відділ ТДПУ 46027, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2
Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009