



О.І.Терек

**НОВІТНЯ ІСТОРІЯ ФІТОФІЗІОЛОГІЇ У ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ
УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

Львівський національний університет імені Івана Франка
79005, вул. Грушевського,4, м. Львів
prof.olga.terek@gmail.com

**O.Terek A NEW HISTORY OF PHYTOPHYSIOLOGY IN IVAN FRANKO
NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV.** The main achievements of the Department of Plant
Physiology and Ecology for the last 25 years are shown

Кафедра фізіології рослин у Львівському університеті має понад столітню історію, яка детально висвітлена у публікаціях (*Терек та ін, 2007, Біологічні студії, 2007*). Це період становлення (1907) та розквіту фізіологічних досліджень на різних рівнях організації рослинного організму. Однак у 1981 році відбулося об'єднання кафедри фізіології рослин з кафедрою ботаніки, що призвело до підготовки неповноцінних фахівців. І тільки у 1992 році завдяки демократичним змінам у суспільстві і виникненню самостійної незалежної держави України та активній діяльності працівників кафедри відродилась самостійна кафедра фізіології рослин.

Нині кафедра забезпечує ліцензовану підготовку фахівців фізіологів рослин кваліфікаційних рівнів бакалавр і магістр. На кафедрі функціонує аспірантура зі спеціальності 03.00.12 – фізіологія рослин. За останні 25 років аспірантами та працівниками кафедри захищено 22 кандидатські дисертації.

Викладачі кафедри опублікували низку навчально-методичних посібників, зокрема, «Ріст рослин», «Ріст і розвиток рослин», які отримали Премію НАН України імені М. Г. Холодного, «Екологія рослин», «Біохімія рослин».

Наукова робота кафедри зосереджена на двох напрямках. Перший з них – у галузі фізіології та біохімії росту рослин з використанням новітніх регуляторів росту українського виробництва. Другий напрям – вивчення впливу екологічних чинників довкілля (несприятлива температура, важкі метали, нафтове забруднення ґрунту, засолення) на фізіолого-біохімічні параметри у рослин з метою виявлення специфічних маркерів стресу на дію різних стресорів та усунення їх негативного впливу. Враховуючи актуальність цих досліджень і необхідність повнішого відображення їх у змісті навчальної роботи, Вчена рада університету перейменувала кафедру фізіології рослин на кафедру фізіології та екології рослин (2000). На кафедрі функціонує наукова школа «Регуляція росту і адаптації рослин за дії фізіологічно активних речовин»

Колектив кафедри організував і успішно провів три міжнародних конференції «Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти» (1998, 2004, 2007 рр.), на яких було розглянуто

актуальні питання сучасної фітофізіології. Були проведені також наукові читання: у 2005 – присвячені 100-річчю з дня народження колишнього завідувача кафедри професора С.О. Гребінського, засновника наукового напрямку «Фізіологія росту рослин», та у 2012 – з нагоди 20-річчя відновлення роботи самостійної кафедри.

На кафедрі виконувалась низка держбюджетних, міжфакультетських та госпдоговір них тематик, а також українсько-угорський проект науково-технічного співробітництва «Очищення приустьової ділянки ріки Тиса методами фітореMediaції (2007-2008 рр). Отримано 10 патентів на винаходи. Зараз виконується українсько-американський проект «Сталі підходи до поліпшення врожайності і поживної цінності пшениці».

Отже, перспективними напрямками розвитку кафедри фізіології та екології рослин на майбутнє залишається підготовка висококваліфікованих кадрів та поглиблене вивчення регуляції росту і розвитку рослин та шляхів адаптації до несприятливих чинників.

Wiche O., Szekely B., Heilmeyer H.

BIOAVAILABILITY OF ELEMENTS FOR EFFECTIVE PHYTOREMEDIATION AND PHYTOMINING: THE ROLE OF RHIZOSPHERE PROCESSES FOR GERMANIUM

TU Bergakademie Freiberg, Institute for Biosciences
Leipziger Str. 29, 09599 Freiberg, Germany
e-mail: oliver.wiche@ioez.tu-freiberg.de

The success of phytoremediation (especially phytoextraction) and phytomining depends heavily on the bioavailability of target elements, which, among others, is a function of soil mineral phases, soil organic matter, pH and redox potential. The use of soil additives which, e.g., change soil pH or increase the amount of chelating compounds, has been propagated in the past in order to desorb the target elements from the soil matrix. These additives, however, may have negative environmental consequences by causing leaching of toxic elements from the soil due to enhanced mobility in the soil solution. For this reason less dangerous alternatives are necessary which use the natural capacity of plants to increase availability of target elements in their root environment. Here we report on rhizosphere mechanisms of various plant species to increase bioavailability of germanium (Ge), an economically valuable element relevant for phytomining, also on polluted sites.

Several species of forbs (e.g. *Lupinus albus*, *L. angustifolius*, *Fagopyrum esculentum*, *Brassica napus*) and grasses (e.g. *Hordeum vulgare*, *Panicum miliaceum*, *Phalaris arundinacea*, *Zea mays*, *Phragmites australis*, *Miscanthus giganteus*) were grown on various substrates, either without or with addition of organic acids, both in the greenhouse and in the field. Plants were harvested, and the concentration of germanium was analyzed in the dried plant material via ICP-MS following micro-wave digestion with concentrated HNO₃ and HF. Germanium was also determined in different soil fractions after sequential extraction.

The addition of carboxylates (e.g. 1 and 10 mM citric acid) dramatically increased the mobility of Ge in soils (the amount of extractable Ge was increased up to 10-fold) and Ge contents in the plant material (ca. 50%). However it seems that this mobilization is restricted to very acidic conditions (pH < 4). The accumulation of Ge in aboveground plant material was by a factor of 10 higher in grasses than in forbs. For those plants

with a high capacity for lowering pH and releasing carboxylates from roots (e.g. genus *Lupinus*), which is a common strategy of plants to mobilize poorly available nutrients such as Fe, Mn and P in the rhizosphere, we could demonstrate that they were able to mobilize Ge. However, it seems that these species are not able to take up the mobilized Ge from soil solution.

Due to the chemical similarity between Si and Ge grass species, which accumulate Si in their shoots, are able to take up higher amounts of Ge than forbs. On the other hand, forbs which can release a high amount of organic acids from their roots and thus mobilize Ge in the soil, show only a limited capacity for Ge uptake, most probably because of the formation of soluble Ge-organic complexes. The mobilization of Ge seems to be restricted to the rhizosphere with its distinct pH and carboxylate gradients. Due to the higher reactivity of Ge in the soil, plant availability of Ge is lower compared to Si. This demonstrates that mobility of elements in the soil solution *per se* is not necessarily a good indicator for bioavailability of target elements in phytomining and phytoremediation.

^{1,2}Kolupaev Yu., ¹Firsova E., ¹Yastreb. T.

CALCIUM-DEPENDENT INDUCTION OF PLANT CELLS HEAT RESISTANCE BY HYDROGEN SULFIDE DONOR

¹V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University
p/o Dokuchaevske-2, Kharkiv, Ukraine, 62483, e-mail: plant_biology@ukr.net

²V.N. Karazin Kharkiv National University
Svobody sq., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine

Hydrogen sulfide (H₂S) is currently regarded as an important signal mediator, along with reactive oxygen species (ROS) and nitric oxide (NO) (Hancock, 2016). An increase in the endogenous content of hydrogen sulfide in plant cells under action of stress factors of various nature have been shown (Jin et al., 2011; Shi et al., 2014). Data were also obtained on an increase in resistance of plants under the influence of hydrogen sulfide donors, the most popular of which a sodium hydrosulfide (NaHS) is (Lisjak et al., 2013). In some papers, results have been obtained that indicate the participation of ROS in transduction of hydrogen sulfide signal and H₂S-induced activation of antioxidant system (Wang, 2012; Kolupaev et al., 2017). It is known that the formation of signaling ROS is largely dependent on calcium homeostasis. This is due, in particular, to the direct and indirect influence of calcium on the activity of NADPH oxidase (Ogasawara et al., 2008). It can be assumed that the influence of hydrogen sulfide on the ROS formation and antioxidant activity is mediated by calcium ions. However, specific experimental data suggesting a possible causal relationship between changes in calcium homeostasis, activation of the antioxidant system and the development of plant cell resistance to hyperthermia under the action of exogenous hydrogen sulfide were absent at the time of our work. In connection with the above, the aim of this work was to elucidate the participation of calcium ions in the inducing of antioxidant enzymes and heat resistance of wheat coleoptile cells by the action of the hydrogen sulfide donor.

Coleoptiles, separated from 4-day-old wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings of variety Dosconala, were incubated at 2% sterile sucrose with penicillin addition. 100 μM NaHS was added to the incubation medium of coleoptiles of experimental variants, which were incubated there for 24 hours, then the activity of superoxide dismutase (SOD), catalase and guaiacol peroxidase (GPO) was determined in coleoptiles. A part

of coleoptiles' segments was subjected to a damaging heating at 46°C for 10 min. In some variants, 2 hours before NaHS was added, calcium antagonists were added to the coleoptiles' incubation medium: an extracellular calcium chelator EGTA (50 µM) and an inhibitor of phospholipase-C-dependent inositol-1,4,5-triphosphate (IP₃) formation neomycin (40 µM).

After 24 hours of incubation of coleoptiles in medium with the hydrogen sulfide donor, an increase in the activity of SOD, catalase and GPO and an increase in the resistance of coleoptiles to damaging heating were noted. These effects were almost completely suppressed in the presence of EGTA and neomycin. It can be assumed that in plant cells under the influence of exogenous hydrogen sulfide, there is an increase in the intake of calcium into cytosol both from extracellular space (a process that is inhibited by EGTA) and from intracellular compartments (a process dependent on IP₃ and suppressed by neomycin). The signal comprising changes in calcium and ROS content in cells induces an antioxidant system of cells, which can be important for the development of their heat resistance. It is quite natural that the antioxidant system is not the only protective system that was induced by exogenous hydrogen sulfide in plant cells. To assess the contribution of various protective systems to the realization of the effect of inducing resistance of plant objects to stressors by hydrogen sulfide, special studies are needed.

J. Trögl, V. Pidlisnyuk, D. Nebeská, P. Kuráň, J. Seják,

I. Machová, J. Popelka, J. Pavlorková

ANALYSES OF SOIL MICROBIAL COMMUNITIES AND ESTIMATION OF RHIZOSPHERE INTERACTIONS

Faculty of Environment, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Králova Výšina 3132/7, Ústí nad Labem, Czech Republic, josef.trogl@ujep.cz

Soil is a key factor for ecosystem development and it contributes to determination of the plant cover. Microorganisms play essential role in the soil functions and ecosystem services. In this contribution we review of methods for assessment of soil microbial communities and their metabolic characteristics. Special focus is given to methods of analytical chemistry, especially analysis of phospholipid fatty acids (PLFA). For illustration results of a few studies involving plant-microbe relations are presented such as phytoremediation with second generation biofuel crops, reclamation of post-mining sites or biotope valuation-soil microbe characteristics.

The research was co-funded by NATO SPS MYP G4687 "New Phytotechnology for Cleaning Contaminated Military Sites".

Арапетьян Е.

ВИКОРИСТАННЯ РІДКОГО АЗОТУ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ РОСЛИННОГО МАТЕРІАЛУ

Львівський національний університет імені Івана Франка, Ботанічний сад
вул. Черемшини 44 м. Львів 79014, Україна
emarapetyan@gmail.com

Arapetyan E. USING of LIQUID NITROGEN FOR PRESERVATION PLANT MATERIAL. Cryopreservation is the modern approach to long-term storage of plant material with the preservation of its biological characteristics. Cryopreservation implies storage of

objects in liquid nitrogen at the temperature $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. In Ukraine the conservation of plant material in liquid nitrogen has been used at the Institute of Problems of Cryobiology and Cryomedicine and the Institute of Botany of the Academy of Sciences of Ukraine.

У XIX ст. постало питання активного збереження видового різноманіття флори природних місць зростання. Накопичений дослідниками, в першу чергу ботаніками, науковий матеріал продемонстрував, що охорона навколишнього середовища, яка включає і збереження фіторізноманіття, *in situ* не є достатньою для збереження різноманіття флори. Активна пропаганда досліджень, проведених протягом останніх десятиріч природодослідниками, призвела до розуміння необхідності збереження генофонду природної флори в культурних умовах. Ботанічні сади являються основними осередками, які активно проводять цю роботу, створюючи колекції живих рослин природної флори. Але обмеженість територій ботанічних закладів, коли в той самий час відмічається постійне збільшення видів, що потребують охорони, не дозволяє кардинально вирішувати проблему збереження видів рослин. На даний час довготривале збереження рослин в культурних умовах є більш доцільним у вигляді насіннєвого матеріалу. На той час, коли постало питання довготривалого зберігання насіння природної флори, було визначено основні фактори зберігання насіння сільськогосподарських культур головним з яких є температура приміщення схову та межі його інтервалу. І якщо вимоги до умов зберігання насіння с/г культур і природної флори є однакові, то межі критерію зберігання для насіння сільськогосподарських культур неможливо імпантувати для насіння природної флори, що зв'язано в першу чергу з біохімічним складом насіння. Аналіз використання головного фактору зберігання насіння, тобто температури від кімнатної температури $23\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до мінусових ($-18\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), демонструє скільки зусиль докладено для дослідження цього питання. Сучасним підходом довготривалого зберігання насіння зі збереженням його біологічної характеристики, який набув всесвітнє розповсюдження, є метод кріоконсервації, тобто утримання в рідкому азоті при температурі $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. На теренах України збереження рослинного матеріалу в рідкому азоті використовувалось в Інституті проблем кріобіології та кріомедицини та Інституті ботаніки Академії наук України.

Алексєєва А., Лихолат Ю., Хромих Н.

МІНЛИВІСТЬ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ОСВІТЛЕНИХ ТА ЗАТІНЕНИХ ЛИСТКІВ РОСЛИН РОДУ *Tilia* L.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
проспект Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49050, Україна
e-mail: ann.alekseeva21@gmail.com

Alekseeva A., Lykholat Yu., Khromykh N. VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL FEATURES OF LIGHTED AND SHADED LEAFS OF PLANTS OF THE GENUS *Tilia* L. In steppe zone of Ukraine tree community composition is limited in the phytocenoses because of inappropriate climate and anthropogenic load. The study of intraspecific morphological variations influenced by local adverse environmental conditions can indicate the possible ways of adapting of tree species. The adaptive changes in the leaves of six species linden under the enhance intensity of light and temperature, and reduce in air relative humidity were established. The reduction leaf surface area and increasing leaf weight per unit area were shown.

Деревна рослинність степової зони України є чутливою до найменших кліматичних коливань, оскільки знаходиться в умовах екологічної невідповідності. Підґрунтям для прогнозування оптимального складу природних та штучно створених фітоценозів в умовах аридності клімату є визначення меж адаптаційних можливостей деревних видів. Відомо, що до ключових факторів, які визначають відповідь рослин на дію стресових чинників, належить положення листків у кроні завдяки їхній здатності адаптуватися до різної інтенсивності освітлення. Ми припускаємо, що характерні особливості пристосованих до сонячного опромінення листків здатні вказати напрями процесів адаптації деревних рослин до посилення освітленості і підвищення температури. Тому метою дослідження стало виявлення впливу рівня освітленості у кроні дерева на морфологічні показники листків рослин роду *Tilia* L.

Об'єктами дослідження були повністю розвинуті листки дерев роду *Tilia* із Ботанічного саду ДНУ імені Олесея Гончара. Адаптовані до тіні і світла листки відбирали відповідно на зовнішній поверхні та всередині крони у 5-7 дерев на висоті 2 м. Площу листків визначали методом сканування за допомогою програми IpSquare v5.1 for Windows.

З'ясовано, що перевищення площі листової пластинки в затінених у порівнянні із освітленими сягало 12 % у *T. cordata*, 25 % у *T. platyphyllos*, 16 % у *T. begoniifolia*, 20 % у *T. amurensis*, 25 % у *T. tomentosa* та 39 % у *T. Cheuropea*. Середні значення маси одиниці площі затінених листків були достовірно ($P \leq 0,05$) нижчими за показники для освітлених листків для всіх досліджуваних видів. Результати дозволяють припустити існування у рослин роду *Tilia* однакових стратегій пристосування до протилежних умов освітлення в кроні дерев.

Таким чином, модифікації листків досліджуваних видів лип залежно від градієнта освітлення свідчать про їх адаптаційну мінливість. Морфометричні показники можуть бути індикаторами впливу не тільки освітлення, але і змін клімату у бік посилення рис аридності. Тому прогнозування майбутніх перебудов у рослинах може базуватися також на чіткому уявленні про вплив кліматичних змін на морфологію листків.

Авксентьєва О.^{1,2}

ФІТОГОРМОНАЛЬНИЙ СТАТУС В ЛИСТКАХ ІЗОГЕННИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ РІЗНОГО ФОТОПЕРІОДУ

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, 01601 Київ, Україна

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022. Україна
e-mail: avksentyeva@karazin.ua

Avksentiiva O. PHYTOHORMONAL STATUS IN LEAVES OF ISOGENIC WHEAT LINES UNDER DIFFERENT PHOTOPERIOD. The paper presents the results of the study of the effect of the duration of the photoperiod on the content of the main hormone-antagonists controlling growth processes, IAA and ABA in the leaves of the NILS by PPD wheat of the sort Myronivska 808. It is shown that under the action of a short photoperiod (9 hours) the IAA content decreases, the content of ABA increases. The indicator of phytohormonal balance IAA/ABA depends on the NILs photoperiodic sensitivity (reaction).

Фітогормональний комплекс у рослинному організмі є однією з найважливіших регуляторних систем, яка контролює процеси росту, проліферації, метаболізму,

перебіг індивідуального розвитку рослинного організму тощо. Система генів *PPD* у *Triticum aestivum* L. детермінує темпи розвитку та фотоперіодичну чутливість. Вплив цих генів на ріст, розвиток, продуктивність рослин пшениці активно досліджується. Зручною і широко визнаною моделлю для таких досліджень є майже ізогенні лінії (NILs – near isogenic lines), які відрізняються між собою тільки станом окремих локусів генів. Оскільки гени *PPD* визначають темпи розвитку пшениці, тобто хід онтогенезу, а фітогормони є важливішою ендогенною регуляторною системою, можна припустити опосередковану участь даної генетичної системи у регуляції розвитку рослин через зміни фітогормонального балансу. Метою даної роботи було дослідження вмісту головних фігормонів-антагоністів, які регулюють процеси росту – ауксинів та абсцизової кислоти (АБК) в листках NILs пшениці в умовах довгого та короткого фотоперіоду. Рослинний матеріал, що використовували в роботі – ізогенні за генами *PPD* лінії пшениці м'якої сорту Миронівська 808. Досліди проводили на експериментально-польовій ділянці кафедри фізіології та біохімії рослин і мікроорганізмів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна протягом 2014–2016 років. Дослідні рослини на стадії куціння піддавали дії короткого (9 годин) фотоперіоду, контрольні рослини культивували за умов природнього довгоденного фотоперіоду (16 годин). Вміст фітогормонів визначали у фіксованому рослинному матеріалі – прапорцевих листках NILs методом хроматографії (хроматограф Agilent 7890A з мас-детектором Agilent 5975C) в центрі колективного користування «Газова хроматографія-мас-спектрометрія» Інституту Фізіології рослин і генетики НАН України. Результати досліджень показали, що вміст ІОК в листках пшениці значно переважає вміст АБК. Ізогенні лінії які різняться за фотоперіодичною чутливістю, характеризуються різним вмістом ІОК: мінімальний вміст – у лінії з максимальною чутливістю, максимальні показники – у фотоперіодично нейтральних ізоліній. Найбільший вміст рістінгібуючого гормону АБК у ізолінії з довгоденною реакцією. За дії короткоденної фотоперіодичної індукції відбуваються зміни у фітогормональному балансі досліджуваних ізоліній – вміст ріст стимулюючих ауксинів зменшується, а вміст рістінгібуючого гормону АБК – навпаки – зростає. Оскільки в рослинному організмі діє єдиний фітогормональний комплекс, то важливе саме співвідношення гормонів для здійснення регуляції процесів росту і розвитку. Тому ми розраховували відношення вмісту рістстимулюючих гормонів до рістінгібуючих. Виявлено, що ізолінії з фотоперіодично нейтральною реакцією мають вищий показник ІОК/АБК, в порівнянні з фотоперіодично чутливою ізолінією. Таким чином, встановлено, що зміни фітогормонального балансу в листках ізоліній за індукції коротким фотоперіодом детерміновані системою генів контролю темпів розвитку та фотоперіодичної чутливості.

Belova E.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF GALEGA ORIENTALIS VARIETY SAMPLES BY THE COMPLEX OF ECONOMIC AND USEFUL CHARACTERS UNDER CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise „Institute of Plant Protection” NAS of Belarus
2 Mira Str., a/c Priluki, Minsk region, Minsk district, 223011, Republic of Belarus
E-mail: andronovich.88@mail.ru

Under modern conditions of the intensive agro-industrial complex of the Republic of Belarus development, the intensification of animal husbandry is one of the priority tasks,

the success of its development depends on the quality of fodders and their balanciness by protein. In this respect, the actual task is to reduce the cost of the feed unit by proper fodder crops selection that would ensure the production of not only cheap but also high-nutrient fodders. Under conditions of the Republic of Belarus, such crops include perennial legumes, among which the most accessible and suitable for cultivation under production conditions is goat's rue (*Galega orientalis*). To improve the efficiency of its cultivation, an important factor is the rational use of biological and genetic potential. In this regard, the creation of new, more productive different ripeness *Galega orientalis* varieties is an urgent task, in the solution of which the quality and diversity of the gene fund is of great importance.

The experimental studies (2014-2016) on *Galega orientalis* selection were carried out on the experimental field of the selection and genetic laboratory of Selection and Genetics Chair of the Belarusian State Agricultural Academy. The experimental plots soil – sod - podzolic, medium loamy, lined from the depth of 1.0 m by moraine loam. The depth of the soil arable layer was 17-22 cm. The main agrochemical properties of the arable layer were: humus (according to IV Tyurin) – 1.8-2.2%; pHKCL - 5,8-6,5; Mobile forms of P₂O₅ and K₂O (according to AT Kirsanov) are 252-382 and 126-206 mg / kg, respectively.

The objects of researches were 14 varieties. The variety Nesterka was used as a standard. In total, for the two cuts, the most high-yielding varieties were varietal samples BSAA -2-6 (597 cwt/ha), Moscow-33 (612,0 cwt/ha) and KB-2 (620,4 cwt/ha). The greatest dry matter yield had the samples of BSAA-2-6 (131,7 cwt/ha), Estonian-14 (132,6 cwt/ha), Moscow-88 (134,2) and Moscow-33 (140,8 cwt/ha). By foliation degree, the following varietal samples Estonian-84 (50,1%), KB-2 (50,2 %) ,Gale -5 (52,2%) and BSAA -2-16 (52,4%) were isolated. The varietal samples Moscow -17 (50.9 g/m²), Estonian-65 (66,7 m²), Estonian-65 (66.7 g/m²) and Gale-5 (82.6 g/m²) were characterized by the highest seed yield, where the excess over the control variety had made 23.0; 38.8 and 54.7 g/m², respectively.

Thus, as a result of the conducted studies, an evaluation of varieties in the competitive testing by economically useful traits and properties had been given: green mass yield, foliation, dry matter content, seed yield and length of the growing season. The most high-yielding *Galega orientalis* varietal samples different by ripeness had been selected and assessed by their distinctness, homogeneity and stability.

**Бльок Ю., Макар О., Довгаюк-Семенюк М., Величко О., Терек О.
ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОТЕОЛІЗУ У РОСЛИНАХ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ ЗА УМОВ
НАФТОЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ**

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
e-mail: oksvell@gmail.com

Bliok Y., Makar O., Dovgajuk-Semenuk M., Velychko O., Terek O. THE PROTEOLYSIS INTENSITY IN THE RED CLOVER PLANTS UNDER THE CONDITIONS OF OIL POLLUTED SOIL. The plasticity of nitrogen metabolism as a component of *T. pratense* L. plants adaptation on the initial stages of growth under the conditions of oil polluted soil is being discussed. The role of intracellular proteolysis in the red clover plants protein regulation under the influence of oil polluted soil is being investigated.

Оскільки відомо, що серед наслідків забруднення ґрунту нафтою – різкий дефіцит у ньому Нітрогену, потенційними ремедіантами нафтозабруднених ґрунтів можуть бути бобові рослини. Їм властива здатність у симбіозі з бульбочковими бактеріями фіксувати азот атмосфери, що у перспективі дозволить оптимізувати режим Нітрогену у нафтозабрудненому ґрунті. Попередніми дослідженнями показано, що у нафтозабрудненому ґрунті формували симбіози з бульбочковими бактеріями рослини сої щетинистої та люцерни хмелевидної (Величко, 2011; 2013). Встановлено толерантність до умов нафтозабрудненого ґрунту рослин конюшини лучної (Довгаюк-Семенюк, Величко, Терек, 2014). Показано, що під дією умов нафтозабрудненого ґрунту у рослинах конюшини лучної змінюється спрямованість метаболізму Нітрогену. На найпершій стадії росту рослин конюшини лучної у нафтозабрудненому ґрунті (стадії сім'ядольних листків) інгібувався білковий синтез: значно менше синтезувалося білку з Mr 56 кД, який відповідає великим субодиницям рибулозодифосфаткарбоксилази. Водночас, збільшувалася кількість захисних білків: білків з Mr 120, 110, 75 і 50 кД у листках та білків з Mr 90, 50, 39 та 37 кД – у коренях рослин (Величко, 2014). Попри інгібування під дією умов нафтозабрудненого ґрунту білкового синтезу й активації синтезу захисних білків на стадії сім'ядольних листків у рослинах конюшини лучної стрімко зростала кількість низькомолекулярних нітрогеновмісних сполук, зокрема – амідів та амінокислот, а особливо – проліну (Довгаюк-Семенюк, Величко, Терек, 2014). Встановлене нагромадження проліну було, імовірно, результатом його синтезу, оскільки виявлено зростання у рослинах конюшини лучної на цій стадії росту за дії умов нафтозабрудненого ґрунту глутамінсинтезної активності, адже глутамінсинтеза є основним ферментом глутаматсинтезного шляху асиміляції амонію, у результаті діяльності якого синтезується глутамат – субстрат для синтезу проліну.

Не з'ясованою залишалася роль у регуляції обміну білків під дією умов нафтозабрудненого ґрунту процесів протеолізу. Загалом, характер змін активності протеїназ, пептидгідролаз та інгібіторів протеїназ, що регулюють внутрішньоклітинний протеоліз при адаптації рослин до дії несприятливих чинників, на сьогодні є вивченим недостатньо (Макаренко, 1993; 1994).

Для досліджень використовували дерново-підзолистий суглинковий ґрунт з околиць міста Борислава Львівської обл., забруднений сирію нафтою у кількості 5 %. Контролем вважали ґрунт, у який нафту не вносили.

Як показали проведені експерименти, протеазна активність у нормі була вищою у листках конюшини лучної порівняно з коренями рослин (у 6 разів). У коренях і листках конюшини лучної із нафтозабрудненого ґрунту протеазна активність була нижчою (у листках – у 1,7 рази, а у коренях – в 1,6 рази). Причинами встановленого зниження протеазної активності у рослинах конюшини лучної може бути як інгібування синтетичних процесів й відповідне зменшення кількості білків, так і обмеженість енергетичних ресурсів унаслідок інгібування під дією умов нафтозабрудненого ґрунту фотосинтетичних процесів.

Garg A., Kirchler T., Fillinger S., Chaban C.

**INACTIVATION OF ARABIDOPSIS BZIP FACTORS BY SITE-DIRECTED
MUTAGENESIS IN THE DNA-BINDING DOMAIN.**

Eberhard Karls University of Tuebingen, ZMBP
Auf der Morgenstelle 32, Tuebingen, 72076, Germany
e-mail: christina.chaban@zmbp.uni-tuebingen.de

Basic region leucine zipper (bZIP) transcription factors regulate diverse processes in eukaryotic cells. In plants they are involved in abiotic stress signaling, energy metabolism, seed germination, pathogen defense, seedling and plant development and senescence (Jakoby et al., 2002). The basic region of the bZIP factors contains a number of basic amino acids and is responsible for both nuclear localization and DNA binding. The so-called zipper domain has the amphipathic alpha-helical structure enabling hydrophobic interaction between such helices and hence dimerization.

In Arabidopsis there are 74 members subdivided in ten groups based on structural homology (Jakoby et al., 2002). The heterodimerization network of C-/S1-group members controls the expression of key metabolic enzymes, as well as the endosperm-specific genes (Alonso et al., 2009) and play important role in the metabolic reprogramming under energy starvation (Weltmeir et al., 2009). However, a certain level of promiscuity in the dimerization between C- and S1-group members makes the clarification of specific roles and mechanisms of action of individual bZIPs especially challenging.

In order to overcome the problem of functional redundancy and enable the inactivation of a signaling pathway dependent on a specific bZIP factor, we aimed at developing a new approach based on the manipulation of the DNA-binding activity of bZIP factors. The molecular biology methods such as PCR, cloning, mutagenesis, bacteria transformation have been used in order to generate different versions of bZIP factors and produce recombinant proteins. For the protein functional analysis, the in vitro DNA binding assays, in vivo protein interaction studies, as well as gene reporter assays have been employed.

In contrast to animals and fungi, a high level of Cys, Ser or Tyr conservation was found at positions 15 and 19 in the DNA-binding domain (DBD) of plant bZIP factors, which are in the direct contact with the DNA backbone (Kirchler et al., 2010; Miller et al., 2003). Since these residues can be potentially phosphorylated, which would lead to the introduction of a negative charge and theoretically reduce their affinity to the negatively charged DNA backbone, we substituted these conserved Ser residues in the representatives of C/S1 heterodimerization network either to phosphorylation-mimicking Asp or unphosphorylatable Ala residues. The Ser-to-Asp substitution in the DBD of bZIP53 indeed disrupted its binding to the cognate DNA sequence, whereas Ser-to-Ala substitution made no effect. Further on, the introduction of a negative charge at the site of contact with DNA backbone completely inhibited its transactivation capacity. We also show that heterodimerization of bZIP53 with bZIP10 or bZIP25 remains mainly unaltered for protein versions carrying either Ser-to-Ala or Ser-to-Asp substitutions. Likewise, the nuclear localization signal, which overlaps with DBD, is maintained functional in both protein versions.

Thus, mimicking Ser phosphorylation through Asp substitution in the DBD seems to be sufficient to inactivate bZIP factors both as homo- and as heterodimers. Since the dimerization properties of mutated proteins remain unchanged, this would open a great possibility of using such bZIP versions for the generation of specific dominant negative

mutants and further help to decipher signaling cascades operating in the bZIP dimerization networks with high level of functional redundancy.

This work was supported by Marie Curie Actions FP7- People-2010-ITN (MERIT) to AG and CC.

В. Федак¹, О. Мамчур²

НАГРОМАДЖЕННЯ НЕЗАМІННИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ЗЕРНІ ЖИТА ОЗИМОГО ЗА ОБРОБКИ МІКРОДОБРИВОМ ТА РЕГУЛЯТОРОМ РОСТУ

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону
вул. Грушевського, 5, с. Оброшино, Пустомитівський р-н, Львівська обл., 81115

²Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005
e-mail: 8202571@gmail.com

V. Fedak, O. Mamchur ACCUMULATION OF ESSENTIAL FATTY ACIDS IN WINTER RYE GRAIN BY GROWTH REGULATOR AND MICROFERTILIZER. The positive influence of microfertilizer Yarylo zernovyі and growth stimulator of agrostimulin on accumulation of essential fatty acids in winter rye grain was established.

Одним із пріоритетних завдань сучасного рослинництва є дослідження комплексу взаємовідносин між змінами навколишнього середовища та динамікою метаболізму рослини, що є визначальним як для виживання її в природних умовах, так і для отримання високих врожаїв.

Для вдосконалення технологічних прийомів вирощування рослин, зокрема озимого жита, та для одержання високих врожаїв, важливим залишається з'ясування фізіолого-біохімічних особливостей формування їх продуктивних ознак. Тому вивчення комплексу чинників, що визначають продуктивність жита озимого, зокрема, застосування мікродобрив та регуляторів росту, як елементів технологій вирощування, є актуальним.

Метою роботи було встановити вплив мікродобрив і стимулятора росту на нагромадження незамінних жирних кислот у зерні жита озимого.

Дослідження проводились у 5-ти пільній сівозміні на сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті з відповідно запланованими аналізами рослин і зерна на конкретні цілі. Робота виконувалась із використанням методичних підходів, що застосовуються для польових і лабораторних досліджень. Сорт – Інтенсивне 95 (ННЦ «ІЗ НААН»)

Схема досліду включає в собі 3 варіанти:

Контрольний (без застосування мікродобрив і регулятора росту)

З обробкою мікродобривом Ярило Зерновий у фазі кущення, повторно – у фазу колосіння

З обробкою регулятором росту Агrostимулін у фазі кущення, повторно – у фазу колосіння.

Нами встановлено, що при обробці посівів мікродобривом Ярило зерновий у зерні озимого жита у фазі молочної та повної стиглості зростає вміст незамінних жирних кислот, зокрема вміст лінолевої та ліноленової кислот у фазу молочної стиглості зростає відповідно із 5,17 і 7,62 до 5,79 і 8,24 мг/г сирової ваги відповідно при обробці мікродобривом, та до 5,23 і 7,79 мг/г сирової ваги при обробці стимулятором росту. У фазу повної стиглості їх вміст зростає із 8,55 і 1,89 до 9,32 і 2,11 24 мг/г сирової ваги при обробці мікродобривом та до 8,95 і 2,02 24 мг/г сирової ваги при

обробці регулятором росту. Зростання вмісту незамінних жирних кислот у відповідні фази росту вказує на інтенсифікацію синтетичних процесів у клітинах зерна жита озимого.

Зниження вмісту ліноленової кислоти у фазу повної стиглості порівняно із фазою молочної стиглості пов'язано із активністю десатураз, які сприяють утворенню менш насичених жирних кислот, та депонуванням їх у зерні.

Отже, при обробці рослин жита озимого мікродобривом і регулятором росту рослин у його зерні зростає вміст лінолевої і ліноленової жирних кислот у фазі молочної та повної стиглості, однак у фазу повної стиглості по відношенню до фази молочної стиглості зростає вміст менш насиченої жирної кислоти, що пов'язано із депонуванням їх у зерні жита озимого.

Takács G., Gergely I., Ördög V.

EFFECT OF MICROALGAE LEAF TREATMENTS ON «BŐSÉG» WINTER WHEAT VARIETY WATER BALANCE

Széchenyi István University

Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Plant Science

Vár 2., Mosonmagyaróvár, 9200, Hungary

e-mail: takacs.georgina@sze.hu

There are increasing evidences that the effects of environmental stress in plants can be decreased with microalgae treatments. The main objective of the present work was to evaluate the water status of a microalgae-treated winter wheat variety.

The wheat variety cv. „Bőség” was treated with the cyanobacterium MACC-612 *Nostoc entrophytum* as well as the MACC-430 *Tetracystis* sp. and MACC-755 *Chlorella vulgaris* green algae, which were obtained from the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC). The experiment included 60 plots of 10 m² (0,96x10m) size, 7 treatments in 4 replications. The plants were treated at the tillering (12. March. 2016 and 01. April.2017), at the ear emergence (06. May. 2016 and 13. May 2017) and at the beginning of flowering (21. May 2016 and 20. May 2017), with microalgae in dosages of 40 g/ha (0,01% suspension), 120 g/ha (0.03% suspension) or 400 g/ha (0.1% suspension). The proline concentration and the relative water content (RWC%) of the leaves was measured once a week. ZIM-probe (YARA ZIM Plant Technology GmbH, Hennigsdorf) was used to monitor the water status of wheat continuously. The patch-pressure (Pp) values are in inverse correlation with leaf turgor pressure. All measurements were carried out between 25 April and 31 May 2016 and 2017.

There are some similar results measured in both experimental years: (1) the proline was significantly higher ($P = 5\%$) in all microalgae treated plants; (2) the highest proline concentrations (7.1-10.65 $\mu\text{mol/g}$) were measured in plants treated with 400 g/ha (0.1%) MACC-612; (3) this treatment showed the lowest average Pp values (28.4 and 31.7 kPa) compared to the control (56.8 and 51.1 kPa) and; (4) treatments with MACC-755 increased significantly the RWC% of leaves (74.76-89.16%) compared to the control (66.98-87.18%).

According to the results, microalgae treatments significantly increased the proline concentration in the leaves even under “ideal” water supply. High proline concentration is expected to cause a more negative Pp values and higher RWC% of the leaves. However, this increase was accompanied by increased Pp or RWC% values only in some treatments.

Acknowledgements:

The work is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

Грицак Л.Р., Дробик Н.М.

ПОЛІВАРІАНТНІСТЬ ОНТОГЕНЕЗУ *GENTIANA ACAULIS* L.

У ВИСОКОГІР'І ЧОРНОГІРСЬКОГО МАСИВУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна
e-mail: hrytsak1972@gmail.com

Hrytsak L.R., Drobyk N.M. MULTI-DIVERSITY OF ONTOGENESIS OF *GENTIANA ACAULIS* L. IN THE HIGHLANDS OF MONTENEGRIN MASS OF THE CARPATHIAN MOUNTAINS IN UKRAINE. The article deals with multi-diversity of ontogenesis of *Gentiana Acaulis* depending on the altitude and density of sod-humus soil. It has been stated that on the peripheral area of high range and with an extensive sod-humus soil plants increase the duration of generative period and there may be fallout from the mainstream of ontogenesis of age stages g1 or g2.

Рідкісний вид *Gentiana acaulis* L. у високогір'ї Українських Карпат формує метапопуляційну структуру. Черногірська метапопуляція *G. acaulis* складається лише з однієї великої (г. Туркул, S = 2,0 га) та двох малих (г. Ребра, г. Говерла, S = 0,3 га) субпопуляцій, які генетично пов'язані між собою поодинокими особинами, що ростуть уздовж усього гірського хребта. Дослідження поліваріантності онтогенезу особин цих субпопуляцій, на наш погляд, дозволить з'ясувати диференціальні ознаки стратегії виду і перспективи щодо флуктуаційного відмирання та реколонізації його субпопуляцій.

Онтогенетичні дослідження (у 2002 р., 2010 р. та 2015 р.) проводили з використанням загальноприйнятих методик (Ценопопуляція растений, 1976; Работнов, 1950; Уранов, 1973). Досліджені черногірські субпопуляції *G. acaulis* ростуть на схилах південної та південно-східної експозиції в межах висот 1750–1850 м н.р.м і піддаються рекреаційному навантаженню, що відображається як на фітоценотичному оточенні, ступені задернування ґрунту, так і на життєвому циклі рослин. Встановлено, що загальна тривалість індивідуального розвитку рослин *G. acaulis* з г. Туркул становила 17–20 років, а з г. Ребра – 15–17 років. З'ясовано, що в обох субпопуляціях прегенеративний період тривав 6–7 років. Нами виявлено відмінності щодо протікання генеративного періоду *G. acaulis*. Так, рослини з г. Ребра на g1 стадії знаходилися 3–4 роки, у той час, як у більшості рослин з г. Туркул ця стадія тривала 6–7 років. Змінювалася і тривалість проходження g2 стадії: у реберській частковій популяції вона становила 3–4 роки, а у туркульській – 2–3 роки. На стадії старих генеративних особин рослини обох субпопуляцій знаходилися приблизно 1–2 роки. Такі відмінності життєвого циклу рослин з г. Туркул, порівняно з онтогенезом особин з г. Ребра, ймовірно, є компенсаторною реакцією, зумовленою адаптацією до екстремальних умов росту на межі висотного ареалу (г. Туркул). На користь цього припущення свідчить відсутність у туркульській популяції особин сенильної групи, а також випадання, в окремих випадках, з магістрального шляху онтогенезу вікових станів (g1 або g2). Аналіз поліваріантності онтогенезу *G. acaulis*, показав,

що його особини за росту на оптимальних гіпсометричних рівнях в умовах нещільного задернування ґрунту (г. Ребра та г. Говерла) здатні до вегетативного розмноження, починаючи з іматурної стадії і завершуючи етапом старих генеративних рослин. За збільшення висоти над рівнем моря та щільного задернування ґрунту (г. Туркул) вегетативне розмноження рослин відбувається з віргінільного етапу до стадії середньогенеративних особин.

Динаміка диференціальних та інтегральних ознак субпопуляцій *G. asaulis* упродовж 2002-2015 рр. свідчить про зменшення щільності особин у часткових популяціях, зростання ролі вегетативного розмноження, зміну вікового спектра (г. Ребра) з повночленного на неповночлений, зниження індексу відновлення, зміни віталітетної структури з процвітаючої на рівноважну (г. Туркул), що, загалом, позначається на стратегії чорногірської метапопуляції виду.

Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Притуляк Р. М.
ФУНКЦІОНАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ СОЇ
ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ І ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1 м. Умань, 20305, Україна
e-mail: y-ivasyuk@mail.ru

Karpenko V.P., Ivasiuk Yu.I., Prytulyak R.M. FUNCTIONAL ACTIVITY OF THE LEAF APPARATUS OF SOYBEAN UNDER THE USE OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL PREPARATIONS. It was investigated that use of biological and chemical preparations in soybean crops significantly effects the formation and functioning of the leaf apparatus of plants.

Uman National University of Horticulture, Cherkasy region, Uman, Instytutaska Street, 1, 20305.

Активність фізіологічних процесів у рослинах і їхня продуктивність залежать від роботи фотоактивної асиміляційної поверхні, на функціональну активність якої можна впливати дією біологічних і хімічних препаратів (мікробного препарату “Ризобофіт”, регулятора росту рослин “Регоплант” та гербіциду “Фабіан”).

У зв’язку з цим у посівах сої сорту Романтика у 2013–2015 рр. в умовах дослідного поля Уманського НУС досліджували площу листової поверхні (з використанням висічок); вміст у листках хлорофілів (спектрофотометрично) анатомічну будову листового апарату та стебел (з використанням системного мікроскопа LEICA – 295 за збільшення 20x і 40x з фіксованою цифровою камерою LEICA ICC HD, яка встановлюється по ходу променя 50 % (Грицаєнко та ін., 2003)) і коефіцієнт морфоструктури (за методикою, запропонованою В. П. Карпенком (2008)).

Гербіцид “Фабіан” WG вносили після схожості насіння у 90, 100 та 110 г/га. Регулятор росту рослин Регоплант використовували у кількостях 250 мл/т (для обробки насіння перед сівбою) та 50 мл/га (для внесення після схожості насіння). Ризобофіт (бактеріальна суспензія для інокуляції насіння сої *Bradyrhizobium japonicum* штаму М8 титр 3×10^9 життєздатних бактерій на г препарату) використовували для обробки насіння перед сівбою у кількості 100 мл/гектарну норму насіння.

Встановлено, що за поєднання дії препаратів “Ризобофіт” (100 мл) з Регоплантом (250 мл/т), використаних для передпосівної обробки насіння та “Фабіану” (90 г/га) з “Регоплантом” (50 мл/га) внесених після схожості насіння, відбувається формування оптимального за морфоструктурою листового апарату рослин сої, що

відповідає мезоморфному типу листків, характерних для найбільш продуктивних посівів. При цьому створюється оптимальна за площею листової поверхні посівів, яка перевищує контрольну на 53 %. Це ж поєднання препаратів забезпечує зростання вмісту в листках сої суми хлорофілів *a* і *b* на 17 %, зростання кількості судинно-волокнистих пучків у стеблах на 44 %, кількості судин у пучках – на 56 %, що може слугувати покращенню умов водозабезпечення і мінерального живлення.

Kiriziy D., Stasik O.

ONTOGENETIC DYNAMICS OF GAS EXCHANGE IN THE WHEAT TOP LEAVES

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: kiriziy@gmail.com

Wheat is one of the leading food crops in the world and the first in its importance in Ukraine. Today the undisputed fact is established that high productivity of modern plant varieties is provided by intensive activity of their photosynthetic apparatus. Maintaining the proper level of plant organism supply with assimilates for maximizing the genetic potential of his productivity is an essential requisition for optimizing the production process at all stages of ontogeny. However, most studies of relationships between the rate of assimilation activity and productivity of wheat were held on a flag leaf. Regarding penultimate leaf that precedes in appearance of flag leaf, the dynamics of its assimilation activity explored insufficiently. This leaf is fully unfolded during the stem elongation even before the spike appearance, while growth of vegetative organs is the most rapid. This process should be accompanied by increasing demand for assimilates in a source-sink system of plant.

The aim of this study was a comparative investigation of penultimate and flag leaves photosynthetic rate in winter wheat varieties of different grain productivity to determine their role in the production process.

In pot experiment the ontogenetic dynamics of gas exchange rate of penultimate and flag leaves in eight winter wheat varieties originated from Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine were studied. Leaf gas exchange was registered under controlled conditions ($1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPF, 25°C) at the facility, mounted with the infrared gas analyzer. Nitrogen content in dry matter of leaves was determined by Kjeldahl. At the end of the growing season, the elements of grain productivity structure were analyzed.

It was revealed that the maximum net assimilation rate of penultimate leaf (GS 37) was higher than that of flag (GS 47-51), but during the grain development (GS 71-87) net assimilation rate of penultimate leaf reduced dramatically and was lower than in flag leaf. The flag leaf net assimilation rate during flowering and after this was the highest in plants of Astarta variety and the lowest in plants Kalancha variety (except flowering stage). At the stage of wax ripeness the lowest rate of photosynthesis was in plants of Natalka, Kalancha, and Khurtovyna varieties, and the largest — in Astarta, Vinnychan-ka, and Prydniprovskaya varieties.

The linear correlation was found between nitrogen content in flag leaf and net assimilation rate during the period earing–wax ripeness of grain. By approximating of trend line it was determined the lower physiological limit of nitrogen content in the leaf for photosynthetic CO_2 assimilation, which is about 0.7 % of dry weigh.

It is shown that the rate of flag leaf transpiration during the period of grain filling was more stable than the rate of photosynthesis. This accounts for less stomata apparatus dependence on nitrogen content in the leaf that gradually decreased due to this element remobilization to grain.

The correlation coefficients for all varieties between CO₂ assimilation of whole leaf and grain productivity, as measured by weight and number of grains, accounted for penultimate leaf respectively 0.322 and 0.488 (GS 37), and for flag leaf — 0.655 and 0.826 (GS 61-65).

Thus wheat flag leaf plays a leading role in supplying of ear with assimilates and formation of grain productivity. Its assimilation activity is particularly important in a period of intense growth of grain. Assimilation activity of penultimate leaf is important during the period of stem elongation and ear emerging, when vegetative growth processes are highly intensive, up to unfolding of flag leaf.

Kolesnikov M., Paschenko U.

THE REACTION OF PEA'S PLANTS PRO-ANTIOXIDANT SYSTEM ON BIOSTIMULANTS STIMPO AND REGOPLANT TREATMENT

Tavria state agrotechnological university
18 B.Khmelnytsky Ave, Melitopol, 72310, Ukraine
e-mail: maksym.kolesnikov@tsatu.edu.ua

Peas (*Pisum sativum* L.) are one of the main leguminous plants grown in Ukraine. The sown square of peas is 0,3 mln. ha and 25% of them is in stepp. Peas are very light-, water- and soil-demanding culture, that's why not realize its genetic productivity potential under adverse environmental conditions, owing to photosynthetic and photophosphorylation processes malfunctioning, changing in water state and development of oxidative defence. The usage of growth regulators normalize the metabolism and increase the crop production. The antioxidant system is very important for plant adaptation, and biostymulants Stimpo and Regoplant increase the plants stress resistance. The aim of presented work was to determine the impact of bioregulators Stimpo and Regoplant on the peroxidation processes, changes of antioxidant enzymes activity, proline content during peas onthogenesis under the conditions of South Steppe of Ukraine.

The seeds of peas Oplot variety (F1) sown with the amount 110 germinating seeds/m². Seeds of experimental variant were treated with Stimpo (25 ml/t) and Regoplant (250 ml/t), prepared on Liposam solution (5ml/l). Folia treatment with biostymulants was carried out in recommended concentrations at inflorescence emergence stage (BBCH 51-59). The plant sampling was carried out at 2-3 and 5-6 leaves development stages, inflorescence emergence, flowering, development of fruit. It was determined the content of thiobarbiturate-active products (TBAAP) in the leaves with the use of mmolar malonic dialdehyde adsorption coefficient, proline content in reaction with ninhydrin reagent, catalase activity (CAT) evaluated according to hydrogen peroxide content in reaction with ammonium molybdate, peroxidative activity (POx) estimated in reaction of guaiacol oxidation.

Biostymulants Stimpo and Regoplant produced by State Enterprise ISTC "Agrobiotech" are composite polyfunctional preparations, products of fungi-micromycetes *Cylindrocarpon obtusiculium* 680 biotechnological cultivation from root system of ginseng. Analogues of phytohormones, amino acids, fatty acids, oligosaccharides, microelements, and bioprotective compounds) and Aversectin.

During peas ontogenesis we noticed the gradual of peroxidation processes increasing in leaves tissues. The seeds and plants treatment led to decreasing of TBAAP in leaves by 5,4-26,8% while vegetation. It is shown the intensification of peroxidation processes in peas at development of fruit stages which were treated by biostimulants.

The intensification of proline synthesis hold while stress reaction development, but its accumulation is an adaptive reaction of plant organism. Slowly raise of proline content in leaves during vegetative phase changed by exponential increasing during generative stage. Under Stimpo and Regoplant influence the proline content stayed lower then control index from 6,2% to 40,8% during all researched stages.

The high CAT activity noticed at the start period of peas vegetation, in further ontogenesis, the rapid decreasing of CAT activity observed. The effect of biostimulants varied during peas ontogenesis, from CAT activity stimulation at vegetative stage to a minor inhibition at fruit development stages. The diminution of CAT activity in leaves of peas under influence of biostimulants at physiologically tense development period is a mirror reflection of TBAAP and proline content changes. The ontogenetic changes of POx activity are similar to CAT activity changes in leaves. Greatest rise of POx activity under Stimpo and Regoplant affects by 34,6% and 22,1% respectively, fixed at the beginning stage of peas ontogenesis. It's noticed the reduction of stimulated affect of preparations on POx activity at physiologically tense development period which caused by flowering and peas fruit forming.

Hereby, under the condition of its presowing and folia usage, Stimpo and Regoplant improved the adaptive state of peas plants due to TBAAP and proline content decreasing, CAT and POx activity increasing during vegetation growth.

Козеко Л.

РЕГУЛЯЦІЯ СТІЙКОСТІ І ПЛАСТИЧНОСТІ РОЗВИТКУ РОСЛИН ШАПЕРОНАМИ HSP90

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна
e-mail: liudmyla.kozeko@gmail.com

Kozeko L. REGULATION OF STABILITY AND PLASTICITY OF PLANT DEVELOPMENT BY CHAPERONS HSP90. Involvement of HSP90 into stabilization of plant growth and morphogenesis as well as regulation of HSP synthesis and cross-tolerance was investigated. A hypothetic molecular mechanism that interfaces the different HSP90-dependent processes will be presented.

Рослинам як багатоклітинним організмам притаманне динамічне поєднання стійкості та пластичності розвитку. Пластичність реалізується через зміни програми експресії генотипу під впливом зовнішніх стимулів і здатність формувати різні фенотипи у рамках норми реакції (Bradshaw, 1965; Кордюм і др., 2003). Стійкість забезпечується каналізацією обраної траєкторії розвитку при внутрішніх стохастичних процесах, незначних варіаціях факторів середовища та генетичному поліморфізмі (Waddington, 1942), а також підтримкою життєздатності організму при впливі екстремальних зовнішніх чинників. Розглядається участь в цих процесах шаперонів HSP90, від яких залежить активність значного ряду регуляторних білків. Метою доповіді є представлення гіпотетичного молекулярного механізму

участі клітинного пулу HSP90 у підтримці білкового гомеостазу за нормальних і стресових умов, регуляції та стабілізації росту і розвитку рослин. Функціонування шаперонів досліджено в експериментах з *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. з використанням специфічних інгібіторів і мутанту. Для аналізу ролі HSP90 в стабілізації росту і морфогенезу проти стохастичних процесів використовували екотипи Col і Ler і мутант hsp90-1. Дослідження участі шаперонів у прихованні генетичних змін проводили на генетично поліморфному матеріалі різного походження (насіння з рослин природних популяцій; насіння екотипів, опромінене УФ-В і гамма-радіацією). Феномний аналіз проростків показав, що зниження функціональної активності HSP90 призводить до посилення гетерогенності за темпами росту і появі проростків з різноманітними морфологічними відхиленнями. В поліморфному матеріалі цей ефект був більш вираженим, крім того зменшення частки проростків зі значними морфологічними аномаліями корелювало зі збільшенням частки непророслої насіння. Такі результати свідчать про участь HSP90 в каналізації процесів росту і нормального формотворення шляхом стабілізації білків-клієнтів. Крім того, досліджено вплив інгібування HSP90 на синтез HSP (Вестерн-блот-аналіз HSP90 і HSP70) та стійкість проростків до високої температури і гамма-радіації. Отримані дані підтверджують регуляцію шаперонами HSP90 синтезу HSP як складової стресової реакції і крос-толерантності. Особливості функціонування HSP90 дають можливість розглядати взаємозв'язок залежних від них процесів.

N. Ya. Levchyk, N. V. Skrypchenko, A. V. Liybinska,
O. P. Yunosheva, O. I. Dziuba, D. B. Rakhmetov
IMPACT OF ESSENTIAL OIL OF VITEX AGNUS-CASTUS L.
ON IN VITRO RHIZOGENY

M. M. Gryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine
Timiryazevska str. 1, Kyiv, 01014, Ukraine
Kyiv, Ukraine, e-mail: levchyk.n@ukr.net

Biotechnological usage of plant tissue cultures in pharmacognosy is based on the ability of cells to synthesize various substances in vitro: glycosides, phenolic compounds, cardiac steroids, saponins, lignins, flavonoids, terpenoids, alkaloids, etc. Implementation of cell cultures prevent from extinction thousands of rare plant species capable to synthesize useful substances. It is known that formation of morphological structures (sprouts, roots, embrioids) in callus is accompanied by increasing generation of bioactive substances in the culture.

Increased production can be achieved by further studies of selection of specialized cell populations and optimization of culture conditions. Thus, there is a search for natural volatiles with antifungal and antibacterial properties in order to use them in plant sterilization in vitro.

The objects of study were plants of *V. agnus-castus*, introduced in M. Gryshko National Botanical Garden (NBG) of NAS of Ukraine. Plant species of the genus *Vitex* L. belong to prospective plants with essential oils, due to their valuable medicinal, nutritive, aromatic, honey, technical and essential oils decorative properties that qualify them for use in various industries such as pharmaceutical, cosmetology and food (DOGAN Y. 2011, DONNA E. Webster. 2008; HOBERG E. 1999, STOJKOVIC D. 2011, VISHWANATHAN A.S. 2010).

The study aimed to determine qualitative and quantitative contents of essential oil of *V. agnus-castus*, introduced in right-bank forest-steppe zone of Ukraine, and its allelopathic and antifungal activity. The influence of essential oil on regenerative abilities in vitro was studied on the *A. deliciosa* specimens grown in the NBG collection of vine fruit plants. The vegetative reproduction of these plants by traditional breeding methods is difficult and of low efficiency. According to previous studies, shoots of *A. deliciosa* exhibit low coefficient of phytohormone balance and low regeneration abilities, with the maximum percent of rooting explants no more than 10-20 % (SKRYPCHENKO et al., 1999).

It is known that quantitative content of essential oil of Vitex plants is species-specific and changes according to vegetation phase, reaching maximum (0.51%-0.65 %) at the height of plant metabolic processes (flowering, fructification phases) and the end of vegetation.

Qualitative analysis of essential oil of *V. agnus-castus* shows that its main components are 1,8-cineole, sabinene, limonene and the α -pinin. Though the percentage ratio of the components does somewhat change in the course of vegetation, the major components per species remain constant regardless of the plantation's location (LEVCHYK, 2013).

According to our studies, essential oil of *V. agnus-castus* has potent fungicidal and fungistatic influence on test cultures of *Aspergillus niger* van Tiegh, *Alternaria alternata* (Fr.) Keisser, *Fusarium culmorum* (Sm.) Sacc. The homeostasis of fungal cells was disturbed, resulting in full inhibition or partial suspension of mycelium growth, lack of sporogony, and changes in pigment generation. In addition differ in resistance to toxic influence of *V. agnus-castus* essential oil. The most resistant to this influence is the culture of *Alternaria alternata*.

The level of antifungal activity of volatile oil changed in accordance with the vegetation phase, highest during flowering, fruiting and at the end of vegetation, relating to the changes in qualitative composition and quantitative contents of essential oil over the course of plant vegetation. The oil activity persisted for ten days, and the aftereffects continued for two months. It was evidenced by the changed color of mycelium of fungal culture from cherry-pink to beige.

Application of essential oil suspends the mycelium growth most effectively if the oil was produced by flowering or fruiting plants. Suspension of sporogony of *Aspergillus niger* culture due to influence of essential oil of *V. agnus-castus* is observed on all of the plant's vegetation phases and is directly related to the oil dosage. At the end of plant vegetation, fungal sporogony is shown to be suspended, the GSZ becoming unnoticeable. Suspension of sporogony and culture growth of *Aspergillus niger* due to influence of the volatile oil of Vitex plants continued for two months, that of the *Alternaria alternata* culture – for ten days.

In order to implement the observed antifungal properties of *V. agnus-castus* volatile oil, it was used for sterilization of *A. deliciosa* explants that were cultured in vitro. The in vitro graftage and direct regeneration were ineffective for these plants, due to the dense pubescence of their leaves and stems, whereas the approach of culturing sterile plants through regeneration showed promise.

It should be noted that formation of vast amounts of callus is necessary to rooting of *A. deliciosa* plants in case of micropropagation.

As a result of three months of observations, it was found that the control plants developed into fully functional specimens, plants of test №1 (1 μ L) formed callus two times of the control amount, but no roots, morphometric parameters of plants of test №2 (5 μ L) remained unchanged, and plants of test №3 (10 μ L) died.

Hence, according to our results, the essential oil of plants of *V. agnus-castus* species has high allelopathic activity (both inhibitory and stimulating), the levels of which depend on the qualitative composition of the essential oil, and concentration of volatile components per volume of medium. The essential oil of *V. agnus-castus* showed the most inhibitory activity on plants of *A. deliciosa* when added at volumes of 5 and 10 μL . Too high or too low concentrations of the oil in the medium are limiting factors that inhibit or stimulate the new formations;

It was shown that the essential oil of *V. agnus-castus* can be implemented in vitro in order to produce callus as a source of biologically active substances, and for bolstering the effectiveness of biotechnological methods of cultivation of *A. deliciosa*.

^{1,2}Лупак О., ²Клепач Г., ³Антоняк Г.

ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ У РОСЛИНАХ *CALENDULA OFFICINALIS* L. В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

¹Львівський національний аграрний університет
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівська область, 30831, Україна

²Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
вул. Т. Шевченка, 23, м. Дрогобич, Львівська область, 82100, Україна

³Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Саксаганського, 1, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: oksana_lupak@ukr.net

Lupak O., Klepach H., Antonyak H. THE EFFECT OF BIOSTIMULANTS ON THE ACTIVITY OF ANTIOXIDANT SYSTEM ENZYMES OF *CALENDULA OFFICINALIS* L. PLANTS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE. The aim of this work was studying the enzymes activity of antioxidant system of *Calendula officinalis* L. of the variety «Polova krasunia», cultivated under conditions of the Western Forest-steppe zone of Ukraine. It is determined, that plants of *Calendula officinalis*, grown under the influence of biostimulants are characterized by higher productivity and well enzymatic activity of antioxidant protection comparing with control. The best results were obtained in the variant with applying biostimulant «Vermibiomag».

Завдяки широкому спектру фармакологічних властивостей *Calendula officinalis* L. є цінною сировиною для офіційної та народної медицини. Природні антиоксиданти, каротиноїди, флавоноїди та інші БАП лікарської рослинної сировини, зумовлюють протизапальну, антисептичну, спазмолітичну, ранозагоювальну, седативну, сечогінну, жовчогінну дію рослини [Шелудько, 2013]. Їхній вміст у квітках *C. officinalis* значно залежить від ґрунтового-кліматичних умов та генетичних особливостей сорту. Для підвищення толерантності лікарських рослин до стресових чинників різного походження за їх вирощування у польових умовах рекомендують вносити біостимулятори росту [Терек, 2011; Лупак, 2016]. За стресових умов рослини здатні до надсинтезу ензимів, а також деяких метаболітів антиоксидантної системи, що дає змогу клітинам уникнути токсичної дії вільних радикалів [Косаківська, 2003; Майор, 2011].

Мета роботи – дослідити активність ензимів антиоксидантного захисту рослин *C. officinalis* сорту «Польова красуня» за вирощування в умовах Західного Лісо-степу України із застосуванням біостимуляторів росту. Дослідження здійснювали

упродовж 2015 – 2016 рр. у польових умовах навчального науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету за дворазового внесення біостимуляторів «Вермибіомаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» у розрахунку 5 л/га. Для оцінки впливу біостимуляторів визначали урожайність рослин та активність деяких ензимів антиоксидантної системи – супероксиддисмутази, пероксидази, каталази й поліфенолоксидази у квітках *S. officinalis*, які задіяні в одному із механізмів адаптації рослин до стресових умов.

Нами встановлено, що найвища урожайність є у рослин *S. officinalis*, вирощених за внесення «Вермибіомагу» (11,9±0,6 ц/га), а найнижчою – 8,7±0,4 ц/га – у контрольному варіанті (не містив стимуляторів росту). З'ясовано, що у екстрактах квіток *S. officinalis*, вирощених за внесення «Вермибіомагу» спостерігається вища у 5,9 разів активність супероксиддисмутази порівняно з контролем ($p \leq 0,05$) та у 1,76 і 1,9 рази порівняно з рослинами, вирощеними за внесення «Вермийодісу» і «Вермистиму», відповідно. Активність поліфенолоксидази є також достовірно вищою у рослин, вирощених за внесення біостимуляторів порівняно з контролем у 5,89 – 7,14 разів. Каталаза й пероксидаза виявляються у слідових кількостях у всіх варіантах досліду.

Отже, рослини *S. officinalis* сорту «Польова красуня», вирощені за внесення біостимуляторів, особливо «Вермибіомагу» характеризуються вищою урожайністю та вищою активністю деяких ензимів антиоксидантного захисту, що сприяє покращенню їх адаптаційного потенціалу у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Лишак М.І., Скибіцька М.І.

РЕЗУЛЬТАТИ ІНТРОДУКЦІЇ СУБТРОПІЧНИХ РОСЛИН У ЗАХИЩЕНОМУ ҐРУНТІ БОТАНІЧНОГО САДУ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМ .І.ФРАНКА

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Черемшини, 44, м. Львів, 79014, Україна
e-mail: botsad@franko.lviv.ua

Lyshak M., Skybitska M. RESULTS OF SUBTROPICAL PLANTS INTRODUCTION INTO PROTECTED CULTIVATION AT BOTANIC GARDEN OF IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV. The present state of the subtropical plants collection in protected cultivation at the Botanical Garden of Ivan Franko National University of Lviv is presented. The taxonomic composition of the collection, principles and possibilities of its practical use are considered.

У Ботанічному саду Львівського національного університету імені Івана Франка за 160 років його існування, завдяки зусиллям багатьох поколінь ботаніків і садівників, створена унікальна колекція тропічних і субтропічних рослин, яка налічує 1630 таксонів із 474 родів і 135 родин. У місцях природного зростання значна кількість цих рослин перебуває під загрозою зникнення. Тому важливою формою освоєння рослинних ресурсів світової флори є інтродукція тропічних та субтропічних рослин Ботанічними садами помірної зони (Стратегія..., 1994). Метою досліджень було проведення аналізу результатів інтродукції субтропічних рослин у захищеному ґрунті Ботанічного саду. У роботі з колекційними фондами

використовували метод родових комплексів (Русанов, 1971) та інші експериментальні методи. За результатами проведеного аналізу виявлено: найбільш широко у колекції субтропічних рослин представлений відділ Magnoliophyta який складає 89 % їх від загальної кількості. Він нараховує 212 видів та 152 внутрішньовидових таксони, що належать до 144 родів і 72 родин. До класу Magnoliopsida відносяться 133 види, що належать до 95 родів і 53 родин. Відділ Pinophyta представлено 3 класами, 8 родинами, 19 видами, 2 різновидами. Відділ Polypodiophyta нараховує 10 таксонів (8 видів, 2 різновиди), що належать до 4 родів і 4 родин, які становлять 0,3 % від загальної кількості видів колекції. Значне місце у колекції займають 30 таксонів субтропічних рослин із 13 родин, які належать до категорії рідкісних і таких, що зникають у природі (Лишак, Луцшин, Скибіцька, 2015). Одними з перших у захищений ґрунт були інтродуковані агатис Броуна (*Agathis brownie* (Lem.) L.H. Bailey), араукарія Бідвілла (*Araucaria bidwillii* Hook.), фінік канарський (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud.) та інші, які складають основу сучасної колекції оранжерейних рослин. Вік окремих особин становить 100-150 років, а висота сягає понад 15-24м. Серед субтропічних рослин зберігаються також рослини, які занесені до Червоної книги України: *Adiantum capillus-veneris* L. та *Ruscus hypoglossum* L. Колекція широко представлена групами економічно цінних видів рослин: лікарських, декоративних, харчових, ароматичних, плодових, пряних та інших. Особливу групу складають лікарські рослини. За нашими підрахунками та літературними даними, в колекції налічується понад 95 видів рослин з лікувальними властивостями із 68 родів і 28 родин (Скибіцька, Лишак, 2014).

Результатом багаторічної інтродукційної роботи стало занесення колекції тропічних та субтропічних рослин Ботанічного саду до Державного реєстру наукових об'єктів (2002 р.), що становлять національне надбання України.

Макогоненко С. Ю., Баранов В.І.

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ СТИМПО, РЕГОПЛАНТУ, ТРЕПТОЛЕМУ ТА ГК НА ПОГЛИНАННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ ПРОРОСТКАМИ СОНЯШНИКА ТА РІПАКУ.

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: mcssofia@ukr.net

S. Makogonenko, V. Baranov PLANTS GROWTH REGULATOR EFFECT STIMPO, REGOPLANT, TREPTOLEM, GA ON MACRONUTRIENT UPTAKE BY SUNFLOWER AND RAPE SEEDLING. Sunflower and rape plants are used for rehabilitation of contaminated soils, but their growth are limited by the quantity of K, Ca, P and Na. Increasing absorption of K, Ca and P and decreasing of Na by sunflower plants under the influence of regulators Stimpо, Regoplant, GA and treptolem was observed. Increasing of K with decreasing of Na' absorption with decreasing of Ca' content under the influence of GA and P under the effect of GA and treptolem was found under the application of regulators on rape plants. The obtained results indicate a positive effect of Stimpо and Regoplant on the resistance of plants to stress.

Проблема покращення рекультивациі забруднених ґрунтів з метою знешкодження їх шкідливого впливу на життєдіяльність людей на сьогодні є досить актуальною. Львівсько-Волинський вугільний басейн являє собою техногенно перевантаженим та екологічно небезпечним районом України. На його території зсипають

пусту породу, що утворюється після збагачування вугілля. Ці породи характеризуються високим вмістом сульфуру, постійним переходом сульфідів у сульфати, високим вмістом важких металів та їх сполук і тому потребують рекультивації за участі стійких видів рослин. Рослини соняшнику та ріпаку зокрема належать до таких видів. Проте їх ріст лімітується процесами пристосування до даних умов, на які впливають макроелементи, такі як К, Na, Ca, та P, а також використанням регуляторів росту, які здатні підвищувати стійкість рослин. Тому метою нашої роботи було дослідити вплив регуляторів росту Стимпо, Регопланту, Трептолему (виробництво Агробіотех, Україна) та гіберелової кислоти (Китай) на процес поглинання цих елементів проростками соняшника та ріпаку для визначення можливості використання їх в умовах породних відвалів.

На початку роботи були визначені оптимальні для росту проростків концентрації регуляторів росту, а саме для соняшнику: стиму у концентрації 0,5 мл/л, регоплант 0,1 мл/л тоді як для ріпаку – стиму 0,1 мл/л, регоплант 0,25 мл/л з якими і проводили подальші дослідження. Гіберелову кислоту використовували у концентрації 10 мг/л, трептолем – 1 мл/л. Контролем слугувало замочування у дистильованій воді. На другому етапі роботи був проведений аналіз поглинання Na, K, Ca та P при рості проростків соняшнику та ріпаку у поживному середовищі, яке готували на основі розчину Гельрігеля та Прянішнікова. Вміст макроелементів визначали у поживному розчині на полум'яному фотометрі марки ПФМ – ЗОМЗ на початку досліду та після 2-х діб вирощування. За різницею між їх вмістом у початковому розчині та розчині після росту рослин визначали вміст поглинутого елемента. Вмісту розраховували порівнюючи із стандартами елементів, після чого проводили статистичну обробку результатів. Дослідження вмісту фосфору в проростках визначали спектрофотометричним методом Лоурі-Лопеса з екстракцією ацетатним буфером рН 4.0 (Чернавина, 1978).

За дії регуляторів росту Стимпо, Регопланту, ГК та трептолему було виявлено зростання макроелементів К, Ca і P та зменшення поглинання Na у проростків соняшника, тоді як у проростків ріпаку збільшувався вміст К та зменшувався вміст Na, а також спостерігалось зменшення вмісту Ca за дії ГК та P за дії ГК і трептолему. Отримані дані свідчать про позитивний вплив Стимпо і Регопланту на поглинання макроелементів, що сприяє посиленню стійкості у рослин за умов стресу.

Мацюк О.

МОРФОГЕНЕЗ ЖІНОЧОЇ КВІТКИ JUGLANS REGIA L.

В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна
e-mail: ksijnja_13@ukr.net

Matsuk O. MORPHOGENESIS OF FEMALE FLOWER OF JUGLANS REGIA L. IN CONDITIONS OF WESTERN PODILLIA. Investigated morphogenesis of female generative sphere *Juglans regia* L. in conditions of Western Podillia, clarified successive stages foundation and development of pistillate flowers. In addition, was found dependence of these processes from the weather (temperature and humidity).

Дослідження різних аспектів морфогенезу та органогенезу генеративних органів є одним із важливих напрямів сучасної ботанічної науки. Дані досліджень

мають вагоме значення для вирішення багатьох питань філогенії та систематики рослин, прикладних завдань генетико-селекційних і гібридизаційних робіт, інтродукції та акліматизації рослин.

Об'єктом дослідження взяли горіх грецький (*Juglans regia* L.). Для дослідження морфогенезу жіночих репродуктивних органів нами було відібрано протерандричні і протерогінічні особини горіха грецького, які зростають на території плодового саду агробіологічної лабораторії ТНПУ ім. Володимирова. Гнатюка.

Для вирішення поставленої мети проводили дослідження в природних і лабораторних умовах. Матеріал був зібраний під час польових досліджень у горіха грецького на вказаній території. Лабораторні дослідження виконані в науково-дослідній лабораторії цитоембріології кафедри ботаніки та зоології. Для з'ясування питання щодо закладання зачатків жіночих квіток використовували метеорологічні дані <http://rp5.ua/archive.php>.

Встановлено, що морфогенез генеративних органів деревних рослин тісно пов'язаний із наростанням суми активних і ефективних температур.

У *J. regia* закладання жіночої генеративної сфери порівняно з чоловічою, відбувається значно пізніше. Період розвитку маточкових квіток набагато коротший, ніж тичинкових, а період їх закладання тісно пов'язаний із закінченням росту пагонів, тобто закладанням верхівкової бруньки.

На початку липня конус наростання верхівкових бруньок сильно витягується і на ньому з'являються опуклості, що мають бічне розташування по відношенню до конуса наростання. Ці меристематичні опуклості являють собою зачаткові покривні листки, в пазухах яких одночасно закладаються квіткові зачатки. У цей же період на периферії базального утвору спостерігаються інтенсивні поділи клітин, унаслідок чого центр його стає ввігнутим, а краї підняті, що робить куполоподібну структуру з виїмкою в апікальній її частині (середньодобова температура $+20,3^{\circ}\text{C}\pm 0,4$; вологість повітря $-77,12\%\pm 2,0$).

Зачатки маточкової квітки переходять у зиму на ранніх етапах органогенезу, коли утворилася виїмка в апікальній частині квіткового зачатка водночас із закладанням в базальній частині меристематичних горбочків — зачатків оцвітини. Весною з настанням позитивних температур ($+12-16^{\circ}\text{C}$, 75,6%) починається диференціація меристематичних горбочків — зачатків оцвітини і плодолистків. Сформована жіноча квітка *J. regia* має одногнізду нижню зав'язь, утворену двома плодолистками і один насінний зачаток.

В процесі дослідження жіночої генеративної сфери були з'ясовані послідовні етапи закладання та розвитку маточкових квіток. Окрім того, встановлена залежність цих процесів від погодних умов (температурного режиму та вологості повітря).

Musienko N.N.¹, Pyurko V.E.²

**MORPHOLOGICAL AND HISTOLOGICAL BIODIVERSITY LEAVES
IN PLANTS-HALOPHYTES OF NORTHWEST AZOV**

¹Kiev National University of Taras Shevchenko
ave. Glushkov 2 (k.12), Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: n_musienko@ukr.net

²Melitopol State Pedagogical University named by Bogdan Khmelnytsky
st. Hetman, 20, Melitopol, Zaporizhia region, 72312, Ukraine
e-mail: Vlad_ak75@mail.ru

Formation of morphological and histological biodiversity northwestern Azov, located in the steppe zone, due to regional climatic conditions and environmental performance (humidification, acidity, trophy, content in the soil of excess salts intense evaporation of water). The content of salts in the soil determines the body's vital processes at all levels of its organization and is an exogenous factor for plant protection.

Biodiversity is a great value because it has ecological, genetic, social, economic, scientific, cultural, recreational and aesthetic value and is the basis of evolution and life support systems of the biosphere, and meet the needs of a growing population, so the conservation of natural biodiversity is an urgent problem today, because it is saving the future of humanity.

Research aim was to study morphological and histological biodiversity of plant leaves in northwestern Azov (for example, *Halimione verrucifera* L., *Taraxacum bessarabicum* and *Limonium meyeri* (Boiss.) O. Kuntze). The goal involves the problem is the structural elucidation of the structure of the leaf *H. verrucifera* L., *T. bessarabicum*, *L. meyeri* (Boiss.) O. Kuntze and a study to determine which environmental groups and life forms are these plants.

Our research showed that the *Halimione verrucifera* L. leaf is amphystomatycal, has atryplekoyidnical type krantz-anatomy, stomata complexes are anomotsytnical type. *Halimione verrucifera* L. refers to xerohalophytes, is in the subdominant halophytic phytocenoses northwestern Azov. We have shown that plants *Taraxacum bessarabicum* - amphystomatycal type sheet, mezohalophyte type krantz-anatomy, stomata type complexes - anomotsytnical. For quantitative anatomical features of leaf *Taraxacum bessarabicum* can be attributed to mezohalophyte, hemicryptophytes.

As a result of it was found that leaves *Limonium meyeri* (Boiss.) O. Kuntze have kranz-anatomy, characterized xeromorphynical structure of unicellular trychomes, because this plant evhalophyte - xerophytes, terophyte.

Our studies have shown that salinity causes resizing the main epidermal cells and stomata complex violates their arrangement on both surfaces of the leaves. So as poly-functional information epidermis tissue structural changes which reflect the progress of adaptation processes in the leaves, can be a indicator of the impact of salt on plants in general. Salinization leads to changes in the ratio of photosynthetic tissue and can act as a marker of the state of soil salinity: in krynohalophyte shaped leaves xerosukulentnical structure in mesophytic-xeromorphynical and in evhalophyte - there xerophytic structure.

Salinization causes structural changes in vegetative organs which may act as a marker of the impact of excess salt on plants. Our studies have shown that the global arid climate and increased salinity in the soil causes morphological and histological biodiversity of halophytes northwestern Azov.

**Михальська Л.М.¹, Похилько С.Ю.^{2,3}, Швартау В.В.¹, Дуган О.М.³, Моргун Б.В.¹⁻³
ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІЛКА В ГІБРИДНИХ ЛІНІЯХ ПШЕНИЦІ – НОСІЯХ ГЕНА
GPC-B1 ВІД TRITICUM TURGIDUM SSP. DICOCCOIDES**

¹Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,
Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 31/17

²Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
Україна, 03143, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 148, molgen@icbge.org.ua

³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», Україна, 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37

Mykhalska L., Pokhylo S., Schwartau V., Dugan O., Morgun B. STUDY OF PROTEIN CONTENT IN HYBRID WHEAT LINES CONTAINING GPC-B1 GENE FROM TRITICUM TURGIDUM SSP. DICOCCOIDES. Grain protein content is one of the critical indicators of wheat quality. Does the gene Gpc-B1 from *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* have a positive impact on protein elevation in common wheat (*Triticum aestivum*)? The measurement of total nitrogen was carried out with the Kjeldahl method on Berh Labor-Technik Steam Distiller S4. 44 winter bread wheat hybrid lines of generation F5 carrying Gpc-B1 of wild tetraploid (emmer) wheat (*T. turgidum* L. var. *dicoccoides*) were analyzed. The results show the substituted gene Gpc-B1 increases total protein content by 14% within a new genetic environment of commercial bread wheat.

Збільшення виробництва зерна пшениці та поліпшення її якості є основними завданнями рослинництва України. Цінність продовольчого зерна визначається по протеїну. Відповідно до ДСТУ №3768-2010 пшениця 1 класу повинна містити білка в зерні не менше 14%, а 2 класу – не менше 12,5%. Проте в останні десятиріччя, на протигагу зростанню врожайності, якість зерна погіршується, включаючи показник вмісту білка. Тому, нами були досліджені гібридні лінії покоління F5 носії гена Gpc-B1 дикої тетраплоїдної полби *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. Він кодує фактор транскрипції, який під час фізіологічного старіння вегетативних частин рослини стимулює ремобілізацію нітрогену, феруму, цинку у зернівки, які наливаються. Шляхом численних схрещувань даний ген був перенесений у вітчизняний районований сорт м'якої озимої пшениці Куяльник.

Отримані 44 гібридні лінії носії гена Gpc-B1 від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*, вихідний материнський сорт Куяльник і батьківська лінія Glupro, надана Jorge Dubcovsky (UC Davis) були проаналізовані. Вимірювання вмісту загального нітрогену проводили арбітражним методом К'ельдаля на лінії інфрачервоної дігестії та Steam Distiller S4 (Berh Labor-Technik, Німеччина). Показники вмісту нітрогену переховували на вміст загального білка.

Встановлено, що з 44 ліній 12-ть мали вміст білка вище 14%, 30-ть вище 12,5% і 2-і вище 12%. Максимальний вміст білка виявлено у лінії №10 – 16,18%, мінімальний у лінії №17 – 12,14%, а в середньому спостерігався приріст на 14%, відносно материнського сорту. При цьому вміст білка у материнського сорту Куяльник становив 11,85%, а у батьківської лінії Glupro – 15,84%. Хоча лінія Glupro і характеризується високим вмістом білка, проте на протигагу сорту Куяльник не вирізняється за екстер'єром, є маловрожайною і низькорослою.

Отримані результати свідчать, що переміщений ген Gpc-B1 дикої полби в нове генетичне оточення сучасного високопродуктивного сорту пшениці м'якої, позитивно впливає на рівень вмісту білка в зерні. Всі гібридні лінії мали підвищений

вміст білка у порівнянні з материнським сортом в середньому на 14%. Проведені дослідження мають важливе значення заохочуючи до наступних селекційних робіт по створенню нових високобілкових високопродуктивних сортів пшениці м'якої.

Póthe P., Gergely I., Ördög V.

EFFECT OF MICROALGAE LEAF TREATMENTS ON SUNFLOWER GROWTH, PRODUCTION AND FATTY ACID COMPOSITION

Széchenyi István University

Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Plant Sciences

Vár 2., Mosonmagyaróvár, 9200, Hungary

e-mail: pothe.peter@sze.hu

Nowadays, algae products have increasing importance in plant production, as they can increase yield and drought tolerance of field crops. Additionally, some microalgae show crop protecting activity against fungal plant pathogens and contribute to the reduced use of chemical pesticides in the agriculture. There are increasing evidences that the effects of environmental stress can be reduced in plants treated with microalgae. The aim of the present research was to determine the optimum spraying time and microalgae concentration for sunflower to obtain a higher yield.

The experiments were carried out in the Mosonmagyaróvár Faculty Farm in 2014. The soil type was multi-layered humic, river-terrace soil. The upper 30 cm soil layer had the following characteristics: humus content=3,09%, $K_a = 45$, $pH_{H_2O} = 8.09$, $pH_{KCl} = 7.40$. The sowing date was on 3rd April 2014. The plot size was 27 m² (4,5×6m) with 6 rows of plants. The middle 4 plant rows were used for collecting samples. The 7 treatments (including control) in 4 replications were arranged in a randomized block design. The experiment included 28 plots. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) cv. "Nk Neoma" was treated with the MACC-612 *Nostoc entophyllum* cyanobacterium and the MACC-430 *Tetracystis* sp. green microalga, which originated from the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC). The first treatment was applied at the 4-6 leaf stage and the second treatment at the rosette growth stage of sunflower. Plots were treated with freeze-dried biomass of the MACC-612 and MACC-430 in a dosage of 400 and 700 g/ha (in a concentration of 0.1%). Spray volumes were 400 and 700 L/ha in the first and second treatment, respectively. During the experiments the following parameters were recorded: plant height, diameter of head, plate weight, thousand achene weight, yield (kg/ha), oil content, oil yield (kg/ha) and fatty acid composition. The effect of the microalgae treatments were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and correlation analysis. Laboratory measurements were carried out in the Institute of Plant Biology, Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of West Hungary, Mosonmagyaróvár.

Diameter of head, plate size, achene weight, oil content, oil yield and various components of fatty acid composition were significantly different in plots treated with microalgae compared to the control. Plants treated with the strains MACC-612 *Nostoc entophyllum* and MACC-430 *Tetracystis* sp. had 13% and 11% yield increase compared to the control (3719 kg/ha), respectively. The yield surplus can be explained with the significantly larger diameter of head and plate weight of treated plants. Larger plate diameters resulted in bigger achene weight, which indicated a positive correlation between the two parameters. The results proved the benefit of microalgae plant treatments. Suspensions of the cyanobacterium (4192 kg/ha) and the microalga strain (4116 kg/ha) positively affected the yield of sunflower.

Acknowledgements: The work is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

Прикладівська Т.

ОНТОГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДЕКОРАТИВНОСТІ

PARROTIA PERSICA В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ

Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України
вул. Генерала Чупринки, 105, Львів, 79057, Україна
e-mail: prikkladivska_tet@i.ua

Prıkladivska T. ONTOGENETIC ASPECTS OF PARROTIA PERSICA ORNAMENTAL FOLIAGE AT UKRANION ROZTOCHA REGION. The young plant of *Parrotia persica* was observed at Arboretum of National Forestry University of Ukraine. The shrub keeps autumn color from middle of September to the end of November. The rose-purple young leaves decorate the plant in June – October. The summary period with superb color continues during 150-160 days.

Рід *Parrotia* С.А. Мей. належить до родини Hamamelidaceae Lindl. Він нараховує всього два види: *Parrotia persica* (DC.) С.А.Мей. та *Parrotia subaequalis* (Н.Т.Чанг) Р.М.НАО & Н.Т.Вей і отримав назву на честь німецького натураліста та мандрівника Йогана Якуба Фрідріха Вільгельма Паррота – J.J.F.W.Parrot (Andrews, 2007).

Вид *Parrotia persica* – парроція перська або залізне дерево, що природно зростає у Північній Персії, це розлогий кущ або невеличке деревце, яке на даний час ще доволі рідко зустрічається в дендрологічних колекціях Східної Європи. Високі декоративні властивості цього виду (сріблясто-сіра кора, що відшаровується як у платана і осінні листя яскравого жовто-шарлахового забарвлення) в поєднанні з достатньою для наших умов морозостійкістю (Біалобок, 1955; Rehder, 1949) слід розглядати як вагомую передумову для його більш поглибленого вивчення та подальшого впровадження в садах і парках України.

Саджанець *P. persica*, який зростає на території Арборетуму Ботанічного саду НЛТУ України в с. Страдч Яворівського р-ну, було придбано у серпні 2007 року на Міжнародній виставці рослин у Варшаві (Польща). Станом на квітень 2017 р. рослина перебуває у віргінільній фазі онтогенезу, її вік становить 15 років, висота куща 2,4м, ширина крони 2,6м.

Порівняння вегетації *P. persica* в умовах Розточчя з даними для Києва (Харкевич, 1966) показує, що вегетаційний період нашої рослини триваліший. Так, початок розпускання бруньок і розвитку листя відбувається в квітні, на 7-10 днів швидше, а масовий листопад на два тижні пізніше або взагалі не спостерігається, так як більша частина листя залишається на рослині до весни наступного року. Таке явище фенологічного атавізму, тобто тенденції до вічнозелених видів, часто спостерігається у молодих рослин третинного походження.

Оскільки основним декоративним акцентом у *P. persica* є осінній колір листя, а також яскраве забарвлення молодих листків на приростах поточного року (Nicholson, 1989), для визначення декоративного ефекту фіксували саме тривалість фенофаз із змінами забарвлення листових пластинок. Осіння зміна кольору листя у *P. persica* починається в середині вересня та триває до часткового його опадання в кінці листопада і осінній колір прикрашає рослину понад 60-ти днів. Листя на приростах поточного року починає формуватись у другій декаді травня, набуває

рожево-червоного кольору на початку червня і зберігає його до кінця жовтня. Пік інтенсивності такого забарвлення припадає на кінець червня – середину серпня.

Таким чином, сумарна тривалість періодів з яскравим забарвленням листя у *P. persica* становить 150-160 днів, що значно більше ніж у багатьох видів з ефектною осінньою палітрою, таких як *Acer palmatum*, *Euonymus alatus*, *Fothergilla major*, *Rhus typhina* та ін.

Підсумовуючи вище наведене, можна зробити висновок, що *Parrotia persica* є перспективною декоративною рослиною для садово-паркового будівництва західних регіонів України, а основними вагомими причинами її обмеженого використання слід вважати недостатню популяризацію, складнощі з отриманням матеріалу для розмноження та його вирощуванням і, як наслідок цього, відсутність саджанців власного виробництва. Останнє може бути прийняте як першочергове завдання для наступних досліджень даного виду.

**Карпенко В. П., Прутуляк Р. М., Даценко А. А.
ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ
ДИХАННЯ РОСЛИН ГРЕЧКИ**

Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1 м. Умань, 20305 Україна
e-mail: adatsienko86@mail.ru

Karpenko V.P., Prytulyak R.M., Datsenko A.A. THE INFLUENCE OF BIOLOGICALS ON RESPIRATIONS INTENSITY OF BUCKWHEAT. The research results regarding respiration intensity of buckwheat by 27 % under the use of biological Diazobakteryn and plant growth regulators Radostym were established.

Uman National University of Horticulture, Cherkasy region., Uman, Instytutaska Street, 1, 20305

Загальновідомо, що усі основні фізіолого-біохімічні перетворення в рослинному організмі, у тому числі дихання, залежать від низки зовнішніх і внутрішніх чинників.

У зв'язку з цим у посівах гречки сорту Елена в 2010–2012 рр. в умовах дослідного поля Уманського НУС було проведено дослідження інтенсивності дихання рослин модифікованим методом (Грицаєнко, Карпенко, Даценко, 2016) за обробки насіння гречки перед сівбою мікробіологічним препаратом Діазобактерин (штами бактерій *Azospirillum brasilense* 18 – 21410) у нормах 150, 175 і 200 мл окремо та сумісно з регулятором росту рослин Радостим (Емістим С – 0,3 г/л, калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1,0 мг/л та мікроелементи) у нормі 250 мл/т. На фоні застосування вищеназваних препаратів посіви гречки у фазі першої пари справжніх листків обприскували Радостимом у нормі 50 мл/га.

Встановлено, що у середньому (за 2010–2012 рр.) досліджень передпосівна інокуляція насіння Діазобактерином у нормах 150–200 мл на гектарну норму насіння сприяла зростанню інтенсивності дихання рослин гречки на 3–7%. Застосування Радостиму на фоні обробки насіння Діазобактерином у нормах 150–200 мл підвищувало інтенсивність дихання рослин до 0,80–0,83 мг виділеного CO₂/г сирової маси за 1 годину, що перевищувало контроль на 8–12%. Найбільше підвищення показників інтенсивності дихання рослин гречки на 27 % було відмічено за дії Діа-

зобактерину у нормі 200 мл у суміші з Радостимом у нормі 250 мл/т після обробки насіння та наступного обприскування посівів Радостимом у нормі 50 мл/га.

Таким чином, найбільш інтенсивний перебіг дихання у рослинах гречки простежується за комплексного використання у посівах препаратів: Діазобактерин (обробка насіння) + Радостим (обробка насіння) + Радостим (обробка посівів). Це є свідченням того, що дихання є головною ланкою обміну речовин, а підвищення його інтенсивності у рослинах гречки за дії МБП і РРР відображає загальноновизнаний взаємозв'язок: фотосинтез → асиміляти → дихання → ріст та підтверджує важливість участі в ростових процесах двох головних циклів – фотосинтезу й дихання.

Пида С., Гурська О., Тригуба О.

ОСОБЛИВОСТІ АЛЕЛОПАТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ВИДІВ РОДУ PYRETHRUM ZINN.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна
e-mail: spyda@ukr.net

Pyda S., Gurs'ka O., Tryhuba O. FEATURES OF ALLELOPATHIC ACTIVITY OF SPECIES OF THE GENUS PYRETHRUM ZINN. The thesis focuses on the allelopathic activity of vegetative and generative organs, vegetable remains and rhizosphere soil of species *Pyrethrum parthenium* (L.) Smith. and *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch. The research defines the contribution of some groups of biologically active compounds in the formation of allelopathic effects and aftereffects of plant exudations.

Важливим завданням сучасної біології є дослідження механізмів взаємодії між різними живими організмами, які відбуваються на усіх рівнях організації живого та забезпечують взаємозв'язок і взаєморегуляцію екосистеми. Незважаючи на значну господарську цінність і активну інтродукцію видів роду *Pyrethrum* Zinn. в Україні їх алелопатичний потенціал вивчений фрагментарно.

Метою роботи було з'ясувати алелопатичну активність екзометаболітів видів *P. parthenium* (L.) Smith. (сортів White Gem, Phlora Pleno, Golden Ball, Snowball) та *P. coccineum* (Willd.) Worosch і встановити роль окремих груп біологічно активних речовин (БАР) у формуванні алелопатичної дії рослинних виділень.

Встановлено, що види *P. parthenium* та *P. coccineum* успішно інтродуковані в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу, проходять повний цикл розвитку, формують життєздатне насіння, створюють сприятливий алелопатичний режим і не викликають ґрунтовтоми. За вмістом фітоінгібіторів у водних, спирторозчинних і летких виділеннях органи *P. parthenium* і *P. coccineum* розташовуються наступним чином: насіння>листки>суцвіття>стебла>корені. Пік алелопатичної активності листків припадає на початок вегетації та цвітіння, суцвіть – цвітіння-плодоношення. Піретрум дівочий накопичує найбільше фітоінгібіторів. Найвищу алелопатичну активність виявляють водорозчинні виділення сортів Phlora Pleno і Snowball, спирторозчинні екстракти White Gem, Golden Ball та Phlora Pleno, леткі сполуки Snowball і White Gem. Значний вміст фітоінгібіторів виявлено у водних екстрактах післяжнивних решток Snowball і Golden Ball, спиртових витяжках Golden Ball та Phlora Pleno. Алелопатична активність ризосферного ґрунту піретрумів зростає впродовж вегетації рослин, максимальну - виявлено під час бутонізації-цвітіння.

У фазу плодоношення вміст інгібіторів у ґрунті зменшується, а після припинення вегетації кількість алелопатично активних сполук є мінімальною, що характеризує піретруми як культури відповідно з помірним (*P. parthenium*) і низьким рівнем алелопатичної активності (*P. sossineum*).

Рослини *P. parthenium* і *P. sossineum* акумулюють значні кількості БАР, кількість яких зростає у ряді корені-стебла-насіння-суцвіття-листки. Пік накопичення припадає на початок вегетації (вітаміни), бутонізацію (флавоноїди, таніни), цвітіння (ефірні олії, сумарний вміст фенольних сполук, флавоноїди), плодоношення (органічні кислоти). Високий вміст фенольних сполук, біофлавоноїдів і органічних кислот виявлено також у надземних рештках. Встановлено, що алелопатична активність летких виділень піретрумів обумовлена вмістом ефірних олій. У складі ефірних олій листків, суцвіть і насіння *P. parthenium* переважають монотерпеноїди, зокрема камфора та хризантемілацетат; насіння *P. sossineum* – сесквітерпени, листків і суцвіть – їх кисневмісні похідні. Домінуючими сполуками листків піретруму червоного є спатуленол і камфора, суцвіть – каріофіленоксид і камфора, насіння – β -фарнезен і каріофіленоксид.

Отже, алелопатичний потенціал досліджуваних рослин визначається комплексною дією БАР різної хімічної природи. У складі вегетативних органів піретрумів домінували інгібітори фенольної природи; суцвіть та насіння – терпеноїди та органічні кислоти. Стимулююча дія екзометаболітів коренів спричинена наявністю флавоноїдів і танінів.

**Romanenko K., Babenko L., Shcherbatiuk M.,
Negretsky V., Kosakivska I., Vasheka* O., Romanenko* P.
EFFECTS OF GIBBERELIC ACID AND BENZYLAMINOPURINE
ON MORPHOGENESIS OF POLYSTICHUM ACULEATUM L. GAMETOPHYTE
IN CULTURE IN VITRO**

M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine
2, Tereshchenkivska st., 01601, Kyiv, Ukraine

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Educational and Scientific Centre
“Institute of Biology and Medicine”, 03127, 2, Academician Glushkov avenue, Kyiv, Ukraine
e-mail: k_romanenko@ukr.net

Ferns are an ancient group of plants whose development cycle consists of gametophyte and sporophyte phases that differ in their morphological and biological features and existence requirements. The problem of an effective application of exogenous phytohormones to optimize fern spores germination and gametophytes formation in culture in vitro is little-studied (Babenko et al., 2015). Therefore, the aim of our work was to reveal some possibility of phytohormonal regulation of gametophyte growth and morphogenesis in homosporous ever-green fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. in culture in vitro.

According to the methods (Arnautov, 1987, Hua et al., 2009) spores were sown on Petri plates on Knop liquid growth medium containing gibberellic acid (GA3) and benzylaminopurine (BAP) at concentrations of 10⁻⁵ M, 10⁻⁶ M, 10⁻⁷ M, 10⁻⁸ M. Knop medium without any hormones was used as control. Gametophytes development was studied using binocular microscope MBC-9.

The results of our studies indicated that various concentrations of GA3 and BAP in the growth medium caused the following morphological changes in the gametophyte

development. Exogenous BAP suppressed gametophyte development at the protonema stage due to removal of apical dominance. The degree of impact depended on hormone concentrations. At 10⁻⁵M of BAP, 90% of gametophyte population consisted of protonemas formed of 5-6 cells with side branches, which were produced following the emergence and division of several initial cells that made protonemas branched. At 10⁻⁶M of BAP protonemas were more branched or ampliate near the base with ultimate prominent initial cells. At 10⁻⁷ M and 10⁻⁸ M of BAP there was observed some enlargement of prothallus having an uneven edge, often very branched. In controls, samples had the form of a well developed spatulate prothallus on which wing pads and cleft began to form. Under the influence of exogenous GA3 there were formed abnormal thalluses as a result of cells growth disturbance via extension. Increase of phytohormone concentration enhanced morphological abnormalities and thalluses immaturity. At 10⁻⁵ M of GA3 thalluses acquired an elongated form with an uneven edge, cleft was absent, wings were not formed. At 10⁻⁶ M of GA3 a cordate form was missing; thalluses where elongated, ampliate from upper edge, some of them had a shallow cleft. In an experiment with GA3 of 10⁻⁷ M cleft was present on the top of thallus permanently, some specimens had nonsymmetrical wings. At 10⁻⁸ M of GA3 outwardly gametophytes were similar to controls, but they had predominantly nonsymmetrical wings, often with uneven «ragged» edge; sometimes, cleft was deformed. Formation of reproductive structures was not observed.

Thus, for the first the development of gametophyte of *P. aculeatum* was studied in culture in vitro and effects of exogenous phytohormones on the morphogenesis were analyzed. Exogenous BAP inhibited the development of gametophyte at the protonema stage due to removal of apical dominance. The degree of inhibition depended on BAP concentrations in growth medium. Under the influence of exogenous GA3 there were formed abnormal thalluses, and morphological abnormalities of thalluses as well as degree of their immaturity were directly proportional to phytohormone concentrations.

Шевчук О., Щербина М.

ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

Ботанічний сад Львівського національного університету імені Івана Франка
вул. Черемшини 44, м.Львів, 79014, Україна
e-mail: botsad@franko.lviv.ua

Shevchuk O., Scherbyna M. VEGETATIVE PROPAGATION OF INTRODUCED WOODY PLANTS USING GROWTH STIMULENTS. The article contains characterization of vegetative and seed propagation futures of woody plants introduced into Botanical Gargen of the Ivan Franko National University of Lviv. It is established that the pprocess of rooting of woody plants can be activated wiht the help of growth stimulators.

Вивчення і розроблення ефективних методів вегетативного розмноження малопоширених реліктових рослин є актуальним питанням для примноження інродуцентів в умовах Західної України. Досліджуваними об'єктами були важкоукорінювані деревні рослини: галезія каролінська (*Halesia carolina* L.), магнолія Суланжа (*Magnolia x soulangiana* Soul.-Bod.), тис далекосхідний (*Taxus cuspidata* Siebold et. Zucc.ex Endl.), криптомерія японська (*Cryptomeria japonica* D. Don), секвоядендрон

велетенський – мамонтове дерево (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz), кунінгамія ланцетна (*Cunninghamia lanceolata* Hook.), мікробіота перехреснопарна (*Microbiota decussata* Kom.), ялина канадська 'Конічна' (*Picea glauca* (Moench) Voss 'Conica').

Отримання вкорінених живців стало можливим завдяки застосуванню стимуляторів: чаркору, корневину, емістиму С, ІОК, морфоліду та нітрилу. Чаркор - композиція регуляторів росту природного походження і синтетичних аналогів фітогормонів. Живці досліджуваних об'єктів вносили у розчин чаркору (0,1%), витримували 18-20 годин, змивали водою і переносили в субстрат для укорінення. Найвищий відсоток укорінення (75%) спостерігали у напівздерев'янілих живців *Magnolia x soulangiana*. Корневін - аналог гетероауксину (0,5% індоліл-масляна кислота). Корневіном проводили опудрення зрізів безпосередньо перед посадкою. Ефективними для вкорінення однорічних живців *Taxus cuspidata* виявились: ІОК (5:105 мг/мл) – 62,5%, емістим С (5:104 мг/мл) – 60%, морфолід (5:103 мг/мл), нітрил (5:104 мг/мл) – 38%. Температура у приміщенні, захищеному від прямих променів сонця, становила +20-23°C.

Виявлено позитивний вплив стимуляторів росту на утворення калюсу та укорінення живців рідкісних інтродукованих деревних рослин. Найкращі результати в досліджах з укорінення даних об'єктів в умовах ботанічного саду ЛНУ ім. Ів. Франка спостерігались за дії чаркору.

Sierpień M., Seta-Koselska A., Skorzyńska-Polit E.

PHENYLALANINE AMMONIA-LYASE ACTIVITY IN CALLUS CELLS OF LINUM USITATISSIMUM L. EXPOSED TO SA AND MEJA – A PRELIMINARY STUDY

Department of Plant Physiology and Biotechnology
The John Paul Catholic University of Lublin,
20-708 Lublin, Konstantynow St. 11
e-mail: eskorzyńska@kul.lublin.pl

Jasmonic acid (JA) and salicylic acid (SA) mediating plant signalling pathways produce various secondary metabolites that inhibit pathogen and insect growth and development as well as volatiles that attract natural enemies of insect pests. Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) is one of the most important enzymes engaged in production of secondary metabolites. This enzyme is the first and committed step in the phenylpropanoid pathway and is therefore involved in the biosynthesis of the polyphenol compounds such as flavonoids, phenylpropanoids, lignin, or lignans in plants.

The aim of the experiments was to examine the SA and MeJa action on the PAL activity in callus culture of flax in *in vitro* conditions in order to find a good elicitor of the enzyme activity.

Seeds of *Linum usitatissimum* were sown into sterilized soil and grown in darkness in a breeding chamber at 24°C for one week. After 7 days, the seedlings were cut and sterilized. Hypocotyl segments were cultured in Petri dishes on a modified MS medium (2 mg L⁻¹ nicotinic acid; 2 mg L⁻¹ pyridoxine) supplemented with 3% (w/v) sucrose as a carbon source and solidified with 0.8% agar. SA and MeJa were added into stabilized callus cultures of *Linum usitatissimum* in two concentrations: 50 and 100 μM.

After 3, 7, and 14 days of callus tissue exposure to SA and MeJa, 1 g of the plant material was grounded in extraction buffer 0.1 M TRIS/HCl pH 8.8. The enzyme extract

was centrifuged for 15 min. at 12000xg. The reaction mixture consisted of 0.1M TRIS/HCl buffer (pH 8.8) and 5mM phenylalanine. The samples were incubated for 1 h at 40 °C in the dark. PAL activity was measured spectrophotometrically at 290 nm at a temperature of 40 °C.

After 3 days of callus exposure to 50 μ M SA, the PAL activity increased 2.5 times in comparison with the control, after 7 days the enzyme activity was enhanced more than threefold compared to the control and after 14 days the activity was still high. After 3 days of treatment of callus tissues with 100 μ M SA, PAL activity increased to 130% in comparison to the control, after 7 days the activity of the enzyme increased more than three and half fold and slightly decreased after 14 days but it was still higher than in the control sample.

An increase in PAL activity was observed after 14 days of callus exposition to 50 μ M MeJa. A higher concentration of MeJa (100 μ M) caused an increase in PAL activity after 7 days. In callus tissue of flax SA seems to be a better elicitor of PAL activity than MeJa.

Васюк В.А., Косаківська І.В.

ГІБЕРЕЛІНОПОДІБНІ РЕЧОВИНИ В ОНТОГЕНЕЗІ POLYSTICHUM ACULEATUM (L.) ROTH.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01004, Україна
e-mail: vasyuk@ukr.net

Vasyuk V.A., Kosakivska I.V. GIBBERELLIN-LIKE SUBSTANCES IN ONTOGENESIS OF FERN POLYSTICHUM ACULEATUM (L.) ROTH. For the first time, the pattern of gibberellins accumulation and localization in sporophyte organs of a homosporous evergreen fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth during six phenological phases of development has been studied. The highest content of free GLS in fronds was detected during active metabolic processes (primary growth, spore formation). A sharp increase in GLS and GA3 content in the rhizome during winter vegetation that corresponded to the initiation of new spring fronds has been found.

Головними біологічними функціями гіберелінів вважаються участь у регуляції процесів проростання насіння, координація поділу клітин і їхнього розтягу, детермінування статі, індукція цвітіння квіткових рослин (Gupta, Chakrabarty, 2013; Gantait et al., 2015). Наявність гіберелінів у бактерій, грибів, спорових і насінневих рослин разом з уніфікованістю їхніх основних структурних елементів свідчить про те, що синтез цих сполук відбувся на ранніх етапах еволюції. Папороті привертають особливу увагу дослідників у зв'язку з вивченням еволюційної історії рослинного царства, залишаючись при цьому найбільш дискусійною групою у систематиці і філогенії. Стан вивченості гіберелінів папоротей висвітлено у оглядах (Vandenbussche et al., 2007; Vasyuk, Kosakivska, 2015). Водночас відкритими залишаються питання щодо участі цих гормонів у регуляції процесів росту спорофіту, їхньої взаємодії з іншими класами гормонів під час життєвого циклу судинних спорових рослин. Метою нашої роботи було ідентифікувати вільні та зв'язані форми гіберелінів, дослідити їхню локалізацію та характер акумуляції в органах спорофіту *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. на різних фенологічних фазах розвитку.

Рослини *P. aculeatum* вирощували на дослідних ділянках Ботанічного саду імені академіка Фоміна Київського національного університету. Досліджувались надземна частина (вай) та кореневища на різних фазах розвитку: інтенсивного росту (I); формування сорусів (II), спороношення (III); літньої (IV); осінньої (V) та зимової вегетації (VI). Гібереліни виділяли та ідентифікували: ГПР методом біотесту, ГКЗ – ВЕРХ-МС (Васюк та ін., 2016).

На всіх досліджених фазах розвитку в органах спорофіту *P. aculeatum* виявлено високий вміст ГПР. Найбільший вміст обох форм ГПР зареєстровано у I та II фази. Зміни у співвідношенні між вільними і зв'язаними формами гормону опосередковано засвідчили, що зростання вмісту активних форм відбулось як за рахунок синтезу *de novo*, так й шляхом трансформації зв'язаних форм у вільні. У V та VI фази у ваях спостерігалось суттєве зниження вмісту ГПР. Якісний склад ГПР у кореневищі та ваях був подібним. Виявлений високий вміст зв'язаних форм ГПР у кореневищі *P. aculeatum* вказує на запасуючу функцію цих форм гормону і можливість їх подальшого перетворення в активну форму, задіяну в регуляції росту вай та утворення спор. На стадії зимової вегетації зафіксовано збільшення кількості обох форм ГПР, що вірогідно зумовлено подальшою участю ГПР у регуляції процесів закладання у кореневищі нових весняних вай. Встановлено переважання вільних форм ГКЗ у ваях впродовж I та III фаз. У фазу літньої вегетації зафіксовано різке зростання вмісту зв'язаних форм гормону. У фази формування сорусів та осінньої вегетації вміст вільної та зв'язаної форм ГКЗ знаходився у близьких межах, тоді як у фазу зимової вегетації кількість зв'язаної ГКЗ знову зростає.

Виявлені онтогенетичні коливання рівнів фітогормонів дозволяють стверджувати, що функціональна активність гіберелінів *P. aculeatum* має однакову направленість з такою у рослин інших систематичних груп.

Vedenicheva N., Kosakivska I.

CYTKININS CONTROL OF FERNS DEVELOPMENT

M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine, 2, Tereshchenkivska Str., 01601, Kyiv, Ukraine, e-mail: vedenicheva@ukr.net

Cytokinins are involved in plants growth and development regulation. They stimulate cells division and shoot apical meristems initiation and activity, delay leaves senescence, inhibit roots growth and branching, control sink/source relationships, seeds germination, nutrient uptake, response to stresses etc. Cytokinins are widely distributed throughout the plant kingdom. However, the pathways of their biosynthesis and metabolism in plants of various taxonomic positions differ. Cytokinin functions and signaling have obviously been formed gradually during evolution that is confirmed by the results of sequencing genomes and phylogenetic analysis of various plants (Pils, Heyl, 2009; Frébort et al., 2011, Spíchal, 2012). Among the higher plants the hormonal regulation of vascular cryptogams growth and development is the least studied. Information on the cytokinins role in these organisms is limited by a few reports about their identification or effect on plant growth *in vitro*. The aim of this study was to investigate cytokinins dynamics in organs of 3 species of ferns at different ontogenesis stages.

Plant material for analysis was obtained from ferns (*Salvinia natans* (L.) All., *Polystichum aculeatum* (L.) Roth., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) grown in natural conditions in the O.V. Fomin Botanical Garden (Kyiv). Cytokinins after extraction and purification were identified and quantified using HPLC (Agilent 1200 LC, USA).

In water fern *S. natans* the highest level and widest spectrum of endogenous cytokinins were detected in floating fronds at the beginning of sporophytes development (stage of intensive growth, June). The submerged fronds contained only trans- and cis-zeatin and the level of the first was twice less. As growth rate decreased the cytokinins content dropped (stage of stationary growth, July). Conjugated form of zeatin (zeatin-O-glucoside) appeared in organs at the reproductive stage (August) of fern development, when the growth stopped. A high cytokinins level was determined in sporocarps where spores intensive formation and maturation took place. Cytokinins distribution between floating and submerged fronds testified to these organs functional non-equivalence and a more significant role of floating fronds in phytohormone production.

In the evergreen fern *P. aculeatum* the largest amounts of free active cytokinins were detected in fronds at the early vegetation stage (snail stage, April), when the growth rate was maximal. The transition to the reproduction stage (May) was associated with a high level of trans-zeatin, zeatin riboside and zeatin-O-glucoside in fronds. In the period of winter vegetation (February) a significant concentration of trans-zeatin was maintained both in fronds and rhizomes. Since the *P. aculeatum* plants remain green in winter, it can be assumed that the function of cytokinins in fronds at this time is to maintain a certain level of photosynthetic pigments. These hormones ability to control the chlorophyll accumulation is well known to occur both in flowering (Talla et al., 2016) and cryptogamous plants (Sabovljevic et al., 2010). During maturation of spores (June) when fern growth is paused, the content of active cytokinins decreased significantly, while the level of inactive cytokinins (zeatin-O-glucoside and cis-zeatin) increased.

The level of active cytokinins in fronds and rhizomes of *D. filix-mas* was lower as compare to *P. aculeatum* at the snail stage (April). It increased twice at the stage of reproductive organs (sporangia) formation (May). The accumulation of zeatin-O-glucoside in *D. filix-mas* organs was detected in this period. The level of all cytokinins decreased to minimum values when fern vegetative growth stopped and spores maturation occurred (June).

Thus, cytokinins levels in ferns organs change according to the development stages and that indirectly indicates that these phytohormones are involved in growth and reproductive processes regulation.

Войтенко Л., Косаківська І.

ІНДОЛІЛ-3-ОЦТОВА КИСЛОТА В ОРГАНАХ СПОРОФІТУ

EQUISETUM HYEMALE L. НА РІЗНИХ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗАХ РОЗВИТКУ

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна

e-mail: lesya_voytenko@ukr.net

Voytenko L., Kosakovskaya I. INDOLE-3-ACETIC ACID IN ORGANS OF SPOROPHYTE OF EQUISETUM HYEMALE L. AT DIFFERENT PHENOLOGICAL PHASES OF DEVELOPMENT. For the first time, the dynamics of accumulation and specific features of active and conjugated forms of indole-3-acetic acid (IAA) localization in organs of sporophyte of *Equisetum hyemale* L were analyzed using the HPLC-MS method. It was shown that a specific feature consisted in the dominance of the hormone conjugated form. The obtained results attested to a regulatory role of IAA during the transition from the vegetative to generative phases of sporophyte generation development.

Найбільш поширеним представником ауксинів у квіткових рослин є індоліл-3-оцтова кислота (ІОК). Вона синтезується в апікальній меристемі стебла і молодих листках, транспортується по флоемі та ксилемі, створюючи певний градієнт концентрацій уздовж вертикальної осі рослини, бере участь у локальному і віддаленому сигналінгах (Simm et al., 2016). ІОК контролює ембріо-, органо- та морфогенез, апікальне домінування, судинну диференціацію, полярність органів, розвиток кореневої системи, насіння і плодів, стимулює ріст клітин розтягуванням, бере участь в регуляції клітинного циклу (Enders, Strader, 2015). Характер дії фітогормонів визначається балансом між вільними та кон'югованими формами та їхньою локалізацією в органах і тканинах рослин (Hirose et al., 2008).

Метою нашої роботи було проаналізувати динаміку накопичення та особливості локалізації активної та кон'югованої форм ІОК в органах спорофіту хвоща зимуючого (*Equisetum hyemale* L.) на різних фенологічних фазах розвитку. Досліджували кореневища, вегетативні і репродуктивні пагони I і II-го року вегетації та стробіли, відібрані у період з лютого по листопад 2014-15 рр. Багаторічний вічнозелений *E. hyemale* характеризується наявністю одного типу пагона. Спороношення відбувається 2 рази на рік – навесні та восени. Аналіз ІОК проводили на рідинному хроматографі Agilent 1200 LC з діодно-матричним детектором G 1315 B (США). Цифровий матеріал обробляли статистично за допомогою програм MS Excel 2002 і Origin 6.0. Достовірність різниці оцінювали за критерієм Ст'юдента, використовуючи 5% рівень значущості.

У результаті проведених досліджень встановлено, що у кореневищі на всіх фазах, окрім осіннього спороношення, кількісно переважала кон'югована форма гормону. Максимум накопичення імовільної ІОК виявлено у фазу вимушеного зимового спокою ($126,7 \pm 6,3$ нг/г сирової речовини (с.р.)), мінімум – у фазу весняного спороношення ($33,7 \pm 1,7$ нг/г с.р.). У фазу інтенсивного росту репродуктивних пагонів I-го року розвитку при формуванні та дозріванні на їх верхівці репродуктивних структур (весняно-літній період) вміст ІОК збільшувався переважно за рахунок кон'югованої форми. Осінні стробіли характеризувались більшим рівнем обох форм гормону в порівнянні з весняними, при цьому зафіксовано превалювання імовільної форми. Найнижчий вміст ІОК визначено у вегетуючих пагонах II-го року розвитку, на верхівці яких були відсутні стробіли. У фазу вимушеного зимового спокою у цих пагонах накопичувалась кон'югована ІОК, котра навесні при проростанні, вірогідно, відновлювалась у активну вільну форму. Специфічною особливістю вічнозеленого *E. hyemale* у порівнянні із *E. arvense* (Voytenko, Musatenko, 2014) було переважання кон'югованої форми ІОК в усіх органах спорофіту на всіх досліджених фазах розвитку. Отримані результати опосередковано засвідчили регуляторну роль ІОК при переході від вегетативної до репродуктивної фаз росту та розвитку спорофітного покоління.

Заїка В., Карпин Н.

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ВИДІВ РОДУ *TILIA* L. В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Національний лісотехнічний університет України
вул. Ген. Чупринки, 103, м. Львів, 79057, e-mail: vkzaika@ukr.net

Zaika V., Karpyn N. Morpho-Physiological Peculiarities OF VITAL ACTIVITY OF SPECIES OF GENUS *TILIA* L. IN THE URBAN ENVIRONMENT. We have investigated morphological and anatomical parameters of leaves, dielectric indicators, pigments content of plastids, catalase and peroxidase activity in parenchyma tissue of *T. cordata* and *T. platyphyllos* in the urban conditions.

У зелених насадженнях м. Львова виявлено 12 видів роду *Tilia* L. Серед них найпоширенішими є *T. cordata*, *T. platyphyllos* і *T. Ch europaea*. Використання лип для озеленення населених пунктів зумовлено їх високою стійкістю до синенергетичної дії негативних факторів довкілля. Останніми десятиліттями спостерігаються досить швидкі темпи зміни клімату, які найбільш відчутно проявляються в умовах великих міст. У зв'язку з цим, дослідження реакції деревних видів на погіршення умов середовища в населених пунктах та визначення їх адаптивного потенціалу є вельми актуальним завданням.

Метою нашої роботи є виявлення морфофізіологічної реакції найпоширеніших видів роду *Tilia* (*T. cordata*, *T. platyphyllos*) на умови міського середовища. Дослідження провели в умовах м. Львова. Територію міста розділили на центральну, середню і периферійну. У межах кожної частини липи досліджували в умовах вуличних насаджень, скверів і парків. Контролем слугували липи, які ростуть в дендропарку с. Страдч на відстані 25 км від Львова. Досліджували морфолого-анатомічні показники листків, вміст пластидних пігментів, активність каталази і пероксидази, діелектричні показники (імпеданс і поляризаційна ємність) прикамбіальних тканин лубу.

Унаслідок проведеного дослідження встановлено, що *T. cordata*, *T. platyphyllos* чутливо реагують на умови урбогенного середовища. Виявлено значне зменшення у дерев цих видів довжини, ширини і площі листків в умовах вулиць, скверів і парків міста. Водночас, спостерігається збільшення довжини і ширини проростків та їх густоти, що вказує на ксерофітизацію рослин у населених пунктах. При цьому, адаптивна реакція *T. cordata* на умови міського середовища виявилась значно глибшою, ніж *T. platyphyllos*.

Діелектричні показники дерев видів лип мають чітко виражену сезонну динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності. Так у березні і квітні в *T. cordata* і *T. platyphyllos* вуличних насаджень швидше активізуються процеси життєдіяльності. Це зумовило зниження у них імпедансу та зростання поляризаційної ємності, порівняно з контролем. Протягом червня – серпня у них спостерігається істотне зростання відносно контролю показників імпедансу та зниження поляризаційної ємності. Дерев вулиць середньої і периферійної частин міста характеризуються більш високими показниками життєдіяльності, ніж центральних. В умовах скверів і парків на життєдіяльність дерев видів лип впливають як умови міського середовища, так і конкурентні взаємовідносини між деревними породами.

Дерев видів лип незалежно від умов середовища характеризуються високим вмістом пластидних пігментів. Так, у *T. cordata* вміст зелених пігментів у контр-

олю становить 5,746, у дерев вуличних насаджень – 5,301-6,175, скверів – 5,268-6,570 і парків - 5,302-6,034 мг/г абс. сух. маси. Дерев *T. platyphyllos* найбільший вміст хлорофілів нагромаджують у контролі (8,536 мг/г абс. сух. маси) та у парках (5,560-6,845), а найменший – у вуличних насадженнях (5,506-6,277). Встановлено тенденцію до зниження вмісту хлорофілів у дерев видів лип вуличних насаджень центральної частини міста.

Дослідження каталазної і пероксидазної активності в паренхімних тканинах різних видів лип показало, що вона знизилась у дерев вуличних насаджень порівняно з контролем. У *T. cordata* відмінності між контрольним і дослідними варіантами виявились більшими, ніж у *T. platyphyllos*.

Жук О.І.

РОСТОВІ ПРОЦЕСИ У ПАГОНАХ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна,
e-mail: zhuk_bas@voliacable.com

Zhuk O.I. GROWTH PROCESSES IN WINTER WHEAT SHOOTS. Growth and formation of winter wheat shoots are provided by cell proliferation and extension of apical and intercalary meristems. It is shown that the peak of apical shoots mitotic activity was during the booting phase of plants. It is revealed the dominance of the main shoot over tillers. Intensive growth of tillers took place only after the growth of main shoot. The dimensions of all elements of the main shoot were higher compared to the side ones. Growth of all shoots ended before the milky ripeness phase.

Реалізація потенційної продуктивності озимої м'якої пшениці забезпечується формуванням оптимально пристосованої до конкретних умов вирощування надземної частини рослин.

Нами на прикладі районованих у Лісостеповій зоні України сортів озимої м'якої пшениці селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України Фаворитка, Смуглянка, Подолянка, Придніпровська, Новокиївська, які вирощували в умовах вегетаційних та польових дослідів у Київській області, було вивчено особливості росту та розвитку рослин, структуру їх врожаю.

У всіх досліджених сортів було виявлено домінування головного пагона над пагонами інших порядків та прогресивне зменшення розмірів усіх елементів у бічних пагонах, у тому числі міжвузлів, листків, колосів, колосків у колосі та їх озерності. Встановлено, що швидкість росту та розвитку головного пагона була значно вищою, порівняно з бічними. Прискорення росту бічних пагонів відбувалося лише після його завершення у головному пагоні у фазі наливу зерна, що дозволяло 1-2 бічним пагонам досягти розмірів близьких до тих, які відзначали у головного. Площа поверхні прапорцевого та підпрапорцевого листків головного пагона у всіх сортів були більшими, порівняно з такою у бічних пагонів. Пагони формували по п'ять міжвузлів, розміри яких збільшувались від нижнього до верхнього. Найзначнішим за об'ємом завжди було міжвузля, яке завершувалось колосом і виконувало транспортні та запасні функції у забезпеченні колоса асимілятатами, водою. Ріст пагонів усіх порядків продовжувався до фази формування зернівки і завершувався до фази молочної стиглості зерна. Дослідження проліферативних процесів

у апікальній частині головного пагона пшениці, у якій локалізовані меристеми, дозволило встановити, що мітотична активність клітин протягом періоду від фази кушіння до фази цвітіння змінювалась більш ніж вдвічі. Пік мітотичної активності в меристемі пагона пшениці сортів Фаворитка і Смуглянка виявлено у період формування елементів колоса, яке відбувалось у фазі виходу в трубку. До початку цвітіння поділи клітин в апікальній частині пагона припинялись, однак ріст клітин розтягом продовжувався. Збільшення довжини останнього міжвузля, яке завершується колосом, відбувалось до фази молочної стиглості зерна. Проліферація клітин у зернівках у період їх росту тривала до фази молочної стиглості зерна, найдовше – у клітинах зародку. Таким чином, ріст та формування надземної частини рослин озимої пшениці відбувався шляхом проліферації клітин меристем пагона і їх розтягу протягом онтогенезу та координувався ранжуванням ростових процесів у головному та бічних пагонах.

¹Babenko L.M., ²Moshynets O.V., ³Rogalsky S.P., ¹Shcherbatiuk M.M.,
⁴Suslova O.S., ¹Kosakivska I.V.

EFFECTS OF PRESOWING N-HEXANOYL-L-HOMOSERINE LACTONE PRIMING ON THE FORMATION OF RHIZOSPHERE MICROFLORA AND STRUCTURE OF *TRITICUM AESTIVUM* L. CROP CAPACITY

¹M.G. Kholodny Institute of Botany of NAS of Ukraine
2, Tereschenkivska St., Kyiv, 01661, Ukraine
e-mail: lilia.babenko@gmail.com

²Institute of Molecular Biology and Genetics of National Academy of Sciences of Ukraine 150,
Akademika Zabolotnogo St., 03680 Kyiv, Ukraine

³Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of National Academy of Sciences of
Ukraine 1, Murmanska St., 02660, Kyiv, Ukraine

⁴D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of National Academy of Sciences of
Ukraine 154, Akademika Zabolotnogo St., 03680 Kyiv, Ukraine

Negative anthropogenic impact on the environment pose a challenge for researchers and agriculture to reduce or completely avoid using synthetic growth substances. However, the problem of effective increase of agricultural crops productivity remains to be solved. N-acyl homoserine lactones (AHLs) – signaling compounds and easily diffusing autoinductors – belong to the class of bacterial molecules-mediators involved in a signal transduction between phytosphere bacteria and directly between bacteria and plants. Wheat is one of the major cereal crops that form the basis of diet in many countries and therefore, an increase of its productivity is very urgent. Such an increase must be achieved mostly due to the intensification of agricultural production but not due to an increase of sown areas, which in many regions have reached or even exceeded the limits of environmental safety. Based on these facts, the aim of our study was to estimate effects of winter wheat seeds priming with a short chain AHL N-hexanoyl-L-homoserine lactone (HHL) on the formation of rhizosphere microflora and yield structure.

HHL was synthesized according to the method (Natelson, Natelson, 1989) with some modifications (Babenko et al., 2017). The structure of the HHL synthesized was confirmed by NMR spectroscopy. HHL water solution was used to prime seeds of new *Triticum aestivum* L. genotypes selected in Ukraine: heat proof species Yatran 60 and freeze resistant Volodarka. The analysis of rhizosphere microflora was performed by culturing on artificial nutrient media, calculation was performed by recording colony

forming units (CFU). Yield structure was analyzed according to the standard procedure developed by the Ukraine State Committee on Testing and Preservation of Plant Varieties; crop capacity at the experiment plots was assessed following a complete threshing.

For the first time there was revealed an effect of biomass and crop yield increase as well as influence of medium-molecular HHL on the microflora of winter wheat rhizosphere. The direct (on wheat plants) and indirect (on rhizosphere microflora) priming effects have been revealed. The productive tillering, number and mass of seeds in a spike as well as total plant biomass, overground vegetative mass and weight of 1000 seeds found to be increased. Priming positively affected plants wintering. In particular, as compared to controls seedlings of primed seeds of heat resistant variety Yatran 60 were in spring much thicker. The indirect effects of priming under conditions of real ecosystem showed qualitative and quantitative changes in the composition of ecological groups of rhizosphere microflora. Analysis of two-month old winter wheat plants showed variety-specific changes in the rhizosphere microflora composition caused by seeds priming. However, there was some reduction of nitrogen-fixing bacteria under priming followed a plant yield increasing. The effect of increase in crop biomass and productivity when nitrogen-fixing bacteria decreased requires a deeper investigation. Since the priming of winter wheat seeds shown positive effect on wheat plants HHL might be considered as a promising ecological phytostimulator and phytomodulator.

The authors are grateful to academician V.V. Morgun for consultations on the biological characteristics of winter wheat cultivars and provision of seed for research.

**Бацманова Л.М., Таран Н.Ю., Стороженко В.О., Світлова Н.Б.
РОЛЬ АКВАПОРИНОВИХ КАНАЛІВ У ФОРМУВАННІ СТІЙКОСТІ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВ ПОСУХИ**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна
e-mail: l.batsmanova@gmail.com

Batsmanova L., Taran N., Storozhenko V., Svetlova N. THE ROLE OF AQUAPORIN WATER CHANNELS IN FORMATION OF DROUGHT TOLERANCE OF CEREAL CROPS. The role of aquaporin water channels in formation of drought resistance of wheat under drought and high temperature was investigated. It was established, that disturbance of further stages of plant development was induced by aquaporin inhibitor's short-term action in critical phases of ontogenesis. This disturbance can not be compensated. The treatment of winter wheat plants with donor of NO stabilized their productivity and increased of their crop by 5-10%.

Глобальне потепління клімату супроводжується підвищенням температури і зміною кількості та характеру розподілу опадів. Часті та інтенсивні посухи стали характерними для помірних широт, що підвищує ризики землеробства, зменшує продуктивність головних продовольчих культур. Дослідження фізіологічних процесів у рослин за дефіциту води та високих температур середовища залишається актуальною проблемою у світі та в Україні, що дозволяє розробити методи зменшення негативної дії цих абіотичних чинників. Нещодавно продемонстровано значний внесок аквапоринових каналів у водний транспорт рослин. Однак роль аквапоринів у стійкості пшениці до природної посухи все ще залишається нез'ясованою.

Тому вивчення ключових ендогенних регуляторних систем є актуальною біологічною проблемою, яка важлива для формування знань про посухостійкість рослин взагалі та адаптивні можливості сучасних сортів пшениці зокрема.

Нами проводились дослідження ролі аквапоринових водних каналів у формуванні стійкості рослин пшениці за умов дефіциту води та високотемпературного стресу. В умовах польового дослідження дослідження проводились у системі «ґрунт-рослина» і направлені на з'ясування можливості індукції адаптивних реакцій в рослин пшениці, вівса і ячменя до умов посухи.

Так, на прикладі NO-сигнальної системи клітин листкового апарату пшениці та аквапоринових водних каналів продемонстрована їхня ключова роль у формуванні стійкості рослин за умов дефіциту води в ґрунті та високотемпературного стресу. Показано, що оксид нітрогену за умов природної посухи у рослин ярої та озимої пшениці регулював водний статус шляхом перерозподілу потоків води від листків до атрагуючих центрів, що було найбільш вираженим у посухостійких сортів. Уперше встановлено, що інгібування водного транспорту по аквапоринових каналах до початку дії природної посухи суттєво зменшувало вміст води у прапорцевих листках слабостійких сортів пшениці і найменше – у стійких, що свідчить про специфічність локалізації аквапоринів на мембранах у різних за рівнем посухостійкості сортів.

Встановлено, що наслідком нетривалої дії інгібіторів аквапоринів у критичній фазі онтогенезу є порушення всіх подальших його етапів, яке не може бути компенсоване. Додатковим негативним чинником виступала природна посуха, яка призводила до дефіциту надходження води від коренів і спонукала рослини пшениці до перерозподілу внутрішніх ресурсів води, яке і відбувалось переважно з використанням симпластних шляхів транспорту. Аквапоринові водні канали забезпечують значну частину необхідних ресурсів води у рослин пшениці в природних умовах вирощування. Показано, що інгібування водного транспорту по аквапоринових каналах у критичній фазі онтогенезу пшениці спричиняло зменшення продуктивності на 5-25% і суттєво залежало від специфіки сорту. Аналіз зв'язків між адаптомом та структурно-функціональними особливостями геному, фізіологічним станом організму дозволив ідентифікувати фенотипічні шляхи регуляції геному, зокрема процесів макроморфогенезу. Обробка рослин озимої пшениці донором NO стабілізувала їх продуктивність за умов природної посухи і забезпечувала збільшення врожаю на 5-10%.

L. Sergeeva, L. Bronnikova

SALT RESISTANCE OF WHEAT CELL CULTURES OBTAINED VIA CELL SELECTION WITH BARIUM IONS

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine,
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: zlenko_lora@ukr.net

Global environmental changes, secondary salinity, fresh water deficit become relevant problems. At the same time requirement of plants that challenge abiotic stresses is not satisfied.

Cell selection is the advanced biotechnological method for obtaining plant forms with peculiar properties. This approach permits to select a single cell and provides the investigation of metabolism on cellular level. But as any technology the cell selection

requires permanent improvement. We elaborated the idea about the possibility of using cell selection with heavy metal ions (HMI) for obtaining variants with combined stress resistance. HMI are the most harmful matters because they simultaneously affect several plant tissues. From the other hand the tolerance to HMI and to abiotic stresses may be combined.

Barium (Ba^{2+}) cations exert a peculiar influence on plants. It is known that those ions interfere in K^+ transport. On the other hand, salinity creates the irreversible decrease of K^+ ions. Therefore, taking into account Ba^{2+} / K^+ ion antagonism we used Ba^{2+} cations in the cell selection for the purpose of obtaining wheat salt tolerant variants.

We created selective system with the addition of Ba^{2+} cations at lethal for wild type cell cultures doses. A several wheat Ba-resistant cell lines developed under such stress pressure. During three months (3 passages) calli cultures grew under ion stress pressure. Then calli biomass was divided into three parts. They were cultivated under normal and two stress conditions. Cultural medium with the addition of Ba^{2+} and cultural medium with the addition of sea water salts simulated various (I, II) types of stresses. Ba-resistant wheat cell lines challenged both stresses. During experiment we provided several calli displacements: normal conditions → stress I, or II; stresses → normal conditions. Such selected variants maintained their viability under any cultural condition.

Wheat cell lines with combined resistance are objects of future investigations.

Буньо Л. В., Цвілинюк О. М., Терек О. І.

ЗМІНА МОРФОГЕНЕЗУ ПІДЗЕМНИХ ОРГАНІВ РОСЛИН *CAREX HIRTA* L. ЗА УМОВ РОСТУ НА НАФТОЗАБРУДНЕНИМУ ҐРУНТІ

Ivan Franko National University of Lviv, 4 Hrushevskyy Str., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: bioza@ukr.net

Bunio L.V., Tsvilinjuk O. M., Terek O. I. CHANGES OF MORPHOGENESIS UNDERSOIL SPEAR *CAREX HIRTA* L. PLANTS GROWING ON THE OIL-CONTAMINATED SOIL. Changes of morphogenesis undersoil spear *Carex hirta* L. plants growing on the petropolluted soil has investigated. Acceleration of stages of development of a rhizome, formation truncated internodium, reduction of the period of active growth of plants under the influence of oil pollution has defined. Oil pollution has stimulating influence on development of roots of *C. hirta* plants

Досліджень особливостей морфогенезу рослин взагалі, а осокових в особливості, в залежності від факторів навколишнього середовища дуже мало. Тому у своїх дослідженнях ми не обмежувались виявленням проявів морфогенезу *C. hirta*, а намагались виявити особливості морфогенезу залежно від забрудненості ґрунту нафтою. У зв'язку з широким розширенням робіт по покращенню нафтозабрудненого ґрунту вирішення цієї задачі набуває важливого практичного значення.

Враховуючи ці обставини для виявлення впливу даного техногенного фактора на морфогенез підземних органів *C. hirta*, був поставлений модельний дослід із штучним забрудненням ґрунту. Досліди були закладені на території Бориславського агломерату. Контролем була ділянка з чистим ґрунтом, а дослідною ділянкою служив ґрунт з нафтою (50 г/кг).

Наші дослідження показали, що нафта у ґрунті знижувала новоутворення коренищ у стійких видів рослин *C. hirta*. В забрудненому середовищі спостерігалась

мінімізація розмірів підземних пагонів. Висхідна гілка одновершинної кривої розвитку довжин меживузлів у дослідних рослин була коротшою, ніж низхідна. У контрольних рослин навпаки – висхідна довга, а низхідна коротка. Це свідчить про те, що морфогенез кореневища дослідних рослин був пришвидшеним. Кореневища з чистого ґрунту у перший рік росту галузились до 2-3 порядків, але не міняли свого напрямку росту – з підземного на надземний. Кореневища рослин *C. hirta*, які росли на нафтозабрудненому ґрунті навпаки галузились до 1 порядку, але їх плагітропний ріст продовжувався недовго і скоро міняв свій ріст на ортотропний. Під впливом нафти зменшувалась довжина горизонтальних пагонів, які завершили свій діагеотропний ріст і пагонів, які продовжували рости, за рахунок зменшення довжини меживузлів.

Нафтове забруднення ґрунту стимулювало ріст коренів у довжину, збільшувалась об'єм кореневої системи. У дослідних рослин переважали втягуючі корені, а в контрольних, навпаки, всмоктуючі корені. Утворення додаткових коренів сприяє інтенсивному тривалому куцінню, забезпечує самостійність кожного пагона, створює кращі умови вегетативного відновлення і розмноження рослин.

Таким чином встановлено, що у рослин *C. hirta*, які ростуть на нафтозабрудненому ґрунті відбуваються зміни у морфогенезі підземних органів: збільшується довжина та об'єм кореневої системи, зменшується довжина кореневищ, змінюється кількість вузлів на них, формуються вкорочені меживузля. Це є результируючий ефект скорочення періоду активного росту рослин і пришвидшення елементарних етапів морфогенезу.

Chmeleva S.I., Rybovalova I.A.

THE IMPACT OF SALT STRESS ON THE INITIAL STAGES OF GROWTH OF SEEDS *PISUM SATIVUM* L.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Taurida Academy
4, Vernadsky Ave., Simferopol, Crimea, Ukraine 295007
e-mail: chmeleva-s@mail.ru

At present, the problem of the resistance of cultivated plants to osmotic stress caused by the high content of salts in the soil is topical for the Republic of Crimea, in connection with the increasing anthropogenic impact. Peas (*Pisum sativum* L.) are the main leguminous culture in our country. Due to the fact that the peas are rather demanding for the water regime, its yield largely depends on the conditions of water supply. Low productivity of culture is due mainly to physiological reasons: high sensitivity to moisture deficiency during seed swelling and germination, slow initial growth. The first critical period in the life cycle of plants is the development from sowing to shoots. The further vegetative and reproductive development depends on that process, that ultimately influences the formation of the crop.

The purpose of our work was to study the influence of salts on the processes of pea seeds (*Pisum sativum* L., variety Arpha) swelling

To simulate osmotic stress, 15 ml of a solution with various concentrations of NaCl salts (50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM) were poured into Petri dishes.

The seeds, sampled on average size and pickled in a weak solution of potassium permanganate, were soaked in aqueous solutions of NaCl with various concentrations, laid on a filter paper in cuvettes for germination. For comparison we used seeds soaked

in tap water. The cuvettes were in a TS-80M-2 thermostat. The temperature was maintained at +20° C.

The germination energy and laboratory sprouting were determined according to the requirements of National Standard GOST 12038-84. The degree of swelling was determined according to U. Ruge in the presentation of O.A. Walter et al. [2].

Morphometric parameters were assessed according to standard methods in plant physiology. The statistical processing of the results was carried out using the Student's coefficient.

As a result of studying the influence of salts on the degree of swelling of *Pisum sativum* L. seeds, the Arpha variety, we found that the processes of water supply to pea seeds were slowed down. Swelling rate in variants of 50 mM NaCl as compared with the control was reduced by 5.5%, and at a concentration of 200 mM NaCl – by 12.1%, respectively.

With increasing osmotic stress, the swelling intensity of pea seeds also decreased. If in the control the intensity of swelling reached 150.7%, then at a concentration of 200 mM NaCl this figure reached only 132.7%.

It was found that under the conditions of osmotic stress, the most intensive swelling was noted in the first 4-8 hours of seed soaking; 12 hours after soaking (the second stage of germination – preparation for cell stretching) a lag-period was observed, during which the rate of water absorption, ATP in all studied variants was not changed. In this case, the difference in the decrease in the index between the control and trial variants persisted throughout the experiment.

¹Derkach I., ²Bachmann G., ²Fragner L., ¹Romanyuk N., ²Weckwerth W.

CATIONIC AND METABOLOMIC CHANGES IN BUCKWHEAT

(FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH) PLANTS UNDER THE NaCl INFLUENCE

¹Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskyy St., 4, 79005 Lviv, Ukraine

e-mail: biofr@lnu.edu.ua

²Molecular Systems Biology Department, University of Vienna, Althanstraße 14, 1090 Vienna, Austria

Soil salinity adversely affect the growth and development of many agricultural crops, and most importantly – their productivity. It is known that metabolic imbalances caused by soil salinity include direct ion toxicity, osmotic stress, nutritional deficiency and oxidative stress. Buckwheat as one of important alternative crops with the huge developmental potential is classified as a salt-sensitive glycophyte plant. Revealing of salt tolerance as well a salt sensitivity mechanisms would be useful for development of salt resistant varieties for important cultures and solve the worldwide problem of food security. Therefore the aim of presented work was identify molecular-biochemical changes of buckwheat plants on the cations and polar metabolites levels under NaCl impact.

Plants *F. esculentum* (var. *Ukrainka*) were grown in the greenhouse as a sand culture with addition of ½ Hoagland-Arnone nutrient solution. After ten days (period were biomass accumulated) plants were exposed to the 100 mM of NaCl. The control variant was without NaCl. The plant material was analyzed on the 48th and 72nd hours (salt shock) and on the 7th day (salt stress) of salt influence. Identifying and quantifying polar metabolites was performed using GC- MS method, cationic contend – by ion-exchange chromatography.

Salt treatment caused cation imbalance in plant tissues. After 48 hours of salt exposure the level of sodium ions increased by 7-10 times to approximately the same level in the roots, stems and leaves of experimental plants. These changes were accompanied by decrement of the K^+/Na^+ ratio, especially in the roots and increase the content of NH_4^+ ions in the stems. For the 72th hour the K^+/Na^+ ratio decreased to its minimum level and on the 7th day of salt stress it recovered closely to the control level. Soluble Ca^{2+} content increased on the 72 hour of salt exposure in roots, stems and leaves; for the 7th day it remained high in the roots, and decreased in the rest parts of buckwheat plants. To the 7th day of the experiment the level of sodium ions exceeded control 3-times in roots and 4-times in above ground parts, which confirms the absence of transport barriers on the movement of sodium ions from roots towards shoots of *F. esculentum* and explains a salt sensitivity of this crop.

On the 48th hour of the salt influence the decrease only of free amino acids (AA) levels - alanine, glutamic acid and serine was noticed, whereas the contents of the rest analyzed AA, e.g. asparagine, cysteine, glycine, isoleucine, leucine, methionine, ornithine, proline, tryptophan, tyrosine, valine increased. More than 150% increment to control was revealed for the organic acids such as fumaric acid, 2-Oxoglutaric acid, gluconic acid, oxaloacetate and threonic acid, sharp decrement observed for the succinic acid. Sugars levels changed towards decrement of glucose and galactose.

Increased intermediate amino acid levels indicate a decrease of sink capacity (e.g. protein synthesis) due to the stress. The increase of the „compatible solutes” sucrose, pinitol, threitol, the double amount of the antioxidant ascorbic acid and also the increase of calcium uptake might be seen as evidence of a basic avoidance mechanism at work. Albeit, it seems not enough for *F. esculentum* to cope with such a high salinity, but might prove sufficient at lower salinity levels.

This research was supported by OEAD fund and Rotary Club (Austria) which provided stipend for Ms. Derkach. We thank our colleagues, especially Andreas Schröfl from University of Vienna (Austria) who greatly assisted the research.

Гришко В.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАР'ЄРНИХ МЕХАНІЗМІВ НАДХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДО ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНІВ СІНАНТРОПНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, 50089, Україна.
e-mail: vitgryshko@i.ua

Gryshko V. EVALUATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF BARRIER MECHANISMS OF HEAVY METAL INJECTION TO VEGETATIVE ORGANS OF SINANTHROPIC HERBAL PLANTS. The study of the accumulation of metals in the root tissues of synanthropic plants showed that these species belong to the microconcentrators Zn, Cd, Pb. These species are also macroconcentrators Fe and deconcentrators Cu. High efficiency of the functioning of the barrier mechanisms of entry into the leaves of Zn, Ni, Cu is established for *Achillea submillefolium* L., *Galium mollugo* L., *Elytrigia repens* (L.) Desv. Ex Nevski, *Artemisia absinthium* L., and Pb - in *A. absinthium*. In other cases, the translocation of heavy metals to the terrestrial organs of the synanthropic species was carried out in a substantially barrier-free manner.

Рослини промислових регіонів є зручною моделлю для вивчення перерозподілу важких металів у системі «ґрунт-рослина», яка обумовлюється осіданням газопилових емісій на ґрунти та рослини. Окрім з'ясування фундаментальних питань фізіології рослин вивчення особливостей транслокації металів у екосистемах являє собою важливе завдання охорони навколишнього середовища, що достатньо актуальне для техногенно-трансформованих екотопів Криворіжжя.

Вивчення особливостей транслокації та функціонування бар'єрних механізмів надходження купруму, плюмбуму, феруму, кадмію і нікелю до рослин проводили на моніторингових ділянках з різним рівнем забруднення ґрунтів емісіями ЗАТ «Криворізький суриковий завод», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і в селітебній частині міста (станція «Червона»), Криворізький ботанічний сад НАН України та в степових фітоценозах (пгт. Петрове, Кіровоградської області). Рослинний матеріал деревію звичайного (*Achillea submillefolium* L.), підмаренника м'якого (*Galium mollugo* L.), пирію повзучого (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski) і полину гіркою (*Artemisia absinthium* L.) відбирали після завершення їх цвітіння. Коефіцієнт накопичення елементів (Кн) рослинами розраховували як відношення вмісту елементу в коренях до його вмісту в ґрунті, а коефіцієнт транслокації (фактор транслокації – Фт) розраховували як відношення концентрації елементу в листках до вмісту в коренях.

За результатами вивчення акумуляції металів у тканинах кореневої системи досліджені види рослин відносяться до мікроконцентраторів. Виключення становлять лише ферум і купрум (розраховані значення Кн для яких дозволили віднести рослини до макро- і деконцентраторів відповідно). Разом з цим, характер акумуляції металів залежав від їх концентрації в ґрунті моніторингових ділянок, що свідчить про видо- та металоспецифічність зазначеного процесу. Наприклад, по відношенню до нікелю і феруму всі види є накопичувачами, в той час як до кадмію – індикаторами, а до купруму – виключниками. Також якщо по відношенню до цинку видом «елімінатором» виявились рослини *A. absinthium*, то інші – наближувались до індикаторів, оскільки значення Кн свідчили про поглинання елементу пропорційного його вмісту в едафотобах моніторингових ділянок. Також слід зазначити, що висока ефективність функціонування бар'єрних механізмів на шляху надходження металів до надземної частини рослин встановлена у всіх досліджених видів лише для цинку нікелю і купруму, яка була найвищою у *E. repens* (значення Фт становили 0,3-1,3) і плюмбуму у *A. absinthium* (значення Фт становили 0,5-0,9). В інших випадках транслокація металів здійснювалась здебільшого безбар'єрним шляхом.

Герц А., Герц Н.

ОСОБЛИВОСТІ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ ЛИСТКІВ КРОНИ *MAGNOLIA KOBUS* L.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна
e-mail: herts@chem-bio.com.ua

Herts A., Herts N. FEATURES CHLOROPHYLL FLUORESCENCE OF LEAF THE CANOPY OF *MAGNOLIA KOBUS* L. The purpose of our study was to do the analysis of daily and seasonal dynamics of chlorophyll fluorescence parameters leaves *Magnolia kobus* L. The basic chlorophyll fluorescence parameters of leaf canopy was described. Identified the most sensitive parameters of fluorescence to the light and season.

На сьогодні залишаються актуальними питання дослідження первинних процесів фотосинтезу (ППФ) з метою виявлення шляхів трансформації світлової енергії рослинами, які були сформовані та зростають за різних світлових умов, а також для з'ясування механізмів, котрі дозволяють максимально ефективно використовувати сонячну енергію. Листки деревних рослин, що розташовуються на нижніх ярусах крони, на відміну від листків верхніх ярусів, використовують розсіяні світлові промені. Це обумовлює їх морфологічні та фізіологічні відмінності, зокрема – і в ділянці фотосинтетичної активності.

Метою роботи було дослідити добову та сезонну динаміку флуоресценції хлорофілу *a* в інтактних листках різних ярусів крони *Magnolia kobus* L. Вивчення ППФ здійснювалось за допомогою методу індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) у світлоадаптованих листках *M. kobus* L. Вимірювання флуоресценції хлорофілу *a* проводили за допомогою PAM-флуориметра MultispeQ Beta.

Отримані результати вказують, що листки нижніх ярусів *M. kobus* L. зазнають менше стресових, пікових рівнів світлового навантаження упродовж доби. У зв'язку з цим у них формується фотосинтетичний апарат, який характеризується ефективністю фотохімії на рівні 0,65-0,75. Листки верхніх ярусів крони, що знаходяться під прямими променями сонця, показують дещо іншу динаміку зміни параметрів флуоресценції. У ранкові та вечірні години значення Φ_{PSII} є таким, як і у тінювих листках, а починаючи з 11 год. по 19 год. суттєво знижуються. Найнижчі показники ефективності фотохімії спостерігаються у період 12-17 год. – та становлять 0,25-0,3. Листки верхніх ярусів демонструють суттєво нижчі значення F_0' , F_m' , F_s упродовж літніх місяців та характеризуються низьким вмістом хлорофілу. Лише в осінній період (вересень-жовтень), коли рівень хлорофілу у листках нижніх ярусів суттєво знижується, різниця в значеннях параметрів флуоресценції між ярусами стає несуттєвою.

Отже, у листках верхніх ярусів упродовж літніх місяців, особливо в період між 12-17 год., спостерігається суттєве зниження не лише флуоресцентних показників хлорофілу (F_0' , F_m' , F_s), а і функціональних параметрів, зокрема Φ_{PSII} , R_{Fd} .

Високий рівень нефотохімічного гасіння флуоресценції (ϕNPQ), що спостерігався у листках верхнього ярусу магнолії, зокрема між 11-17 год., є додатковим доказом неспроможності фотосинтетичного апарату рослин справитись з піковими світловими навантаженням у цей період. Як наслідок, спостерігаємо зниження фотосинтетичної ефективності та зростання частки нефотохімічного гасіння у листків верхніх ярусів крони. Щодо сезонних змін, відзначаємо: невисокі значення Φ_{PSII} в поєднанні з відносно високими значеннями ϕNPQ характерні для листків магнолії періоду березня-травня, фотосинтетичний апарат яких ще не повністю сформований; зростання значеннями Φ_{PSII} на фоні зниження ϕNPQ в період з червня по серпень; починаючи з кінця серпня на фоні зниження загального рівня хлорофілів високі значення ϕNPQ .

Горюнова І.І., Ємець А.І.

АКТИНОВІ ФІЛАМЕНТИ РОСЛИННИХ КЛІТИН ЯК ПОТЕНЦІЙНА МІШЕНЬ ДЛЯ ДІЇ ІОНІВ КАДМІЮ ТА МІДІ

Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України»
вул. Осиповського, 2а, 04123, м. Київ-123
e-mail: inna.horiunova.ukr@gmail.com

Horiunova I.I., Yemest A.I. Actin filaments as potential targets for cadmium and copper ions. The abstract presents the results of the study the effects of different concentrations of toxic metals – cadmium and nickel of microfilaments organization the primary roots of *Arabidopsis thaliana* seedlings *in vivo*. For the first time demonstrated that Cd^{2+} and Ni^{2+} disrupt native of actin filaments. However, the most sensitive to Cd^{2+} were microfilaments of epidermal cells and the apical meristem cells for Ni^{2+} . Our results show a direct effect on the metal components of the actin filaments of plant.

За сучасними літературними даними забруднення токсичними металами ґрунтів є однією з поширених проблем сучасного світу. З'ясування особливостей токсичного впливу металів на ріст і морфогенез рослин, а також на механізми, які лежать в основі цих процесів, може слугувати підґрунтям для пошуку ефективних стратегій боротьби з негативними наслідками цих впливів. Ключовим поняттям в реалізації токсичності металів є концентрації, оскільки більшість з них, зокрема, залізо, мідь, та ін. виконують ряд регуляторних функцій у клітинах про- і еукаріот (Jadia and Fulekar, 2009). Проте при перевищенні їх фізіологічних концентрацій вказані елементи здатні викликати цитотоксичні ефекти (Ghosh and Singh, 2005). Оскільки більшість із токсичних металів здатні впливати на ріст і морфогенез у рослин, то ймовірною мішенню для їхнього впливу рослин можуть виступати компоненти цитоскелету рослинної клітини, зокрема мікрофіламенти. В рослинній клітині, мікрофіламенти приймають участь в забезпеченні окремих етапів поділу клітини, в підтримці її постійної форми і рухливості одночасно у процесах внутрішньоклітинного транспорту та руху органел. Останнім часом накопичується все більше даних про дію токсичних металів на цитоскелет рослинних клітин, проте, в більшій мірі вони стосуються впливу на поділ клітин, в якому провідну роль відіграють цитоскелетні структури. Тоді як проблема впливу токсичних металів на прижиттєву організацію мікрофіламентів інтерфазних клітин залишається практично не дослідженою, що й визначає актуальність нашого дослідження. Для дослідження впливу Ni^{2+} і Cd^{2+} на актинові філаменти рослинної клітини нами було використано лінію *A. thaliana* (GFP-MAP4), яка дозволяє прижиттєво візуалізувати мікротрубочки в клітинах коренів проростків цієї лінії. За допомогою лазерного скануючого конфокального мікроскопу LSM 5 PASCAL (Carl Zeiss, Німеччина), було встановлено, що найбільш чутливими до дії кадмію виявились мікрофіламенти клітин перехідної зони та зони клітинних поділів, менш чутливими – актинові філаменти зони розтягу і диференціації. Інші зміни спостерігалися в організації мікрофіламентів під впливом вказаних концентрацій нікеля. Зокрема, нами вперше досліджено прижиттєву організацію мікрофіламентів рослинних клітин в якості потенційної мішені для впливу Ni^{2+} . Найбільш чутливою до дії іонів Ni^{2+} виявились клітини перехідної зони та зони розтягу, менш чутливими – актинові філаменти клітин зони клітинних поділів та зони диференціації. Отже, для Cd^{2+} –найбільш чутливими виявились мікрофіламенти клітин зони клітинних поділів і перехідної зони, для Ni^{2+} - мікрофіламенти

клітин перехідної зони та зони розтягу, Отже, нами вперше встановлено, що поряд з іншими клітинними мішенями дії іонів токсичних металів (Ni^{2+} і Cd^{2+}) в клітинах виступають актинові філаменти.

Huliaieva H.B., Tokovenko I.P., Pasichnyk L.A.

PHOTOSYNTHETIC APPARATUS ACTIVITY OF LEGUMES INFECTED WITH BACTERIOSES AND PHYTOPLASMOSES PATHOGENS

*Institute of Microbiology and Virology NASU, Acad. Zabolotny st. 154, 03143 Kyiv, Ukraine,
e-mail: ab_k@ukr.net, tira@bigmir.net, imv_phyto@ukr.net*

One of important aspect of environmentally friendly land use is minimizing chemical interference in agrobiocenoses. To available of directions in decision this question is as define of optimal variants of cultural plants that is resist to phytopathogens with high level of genetic potential of productivity, such involved evidence-based of crop rotation with addition of agricultures, which able additionally to enrich soil by nutrition elements and biologically active substances. To such cultures belong legumes. Using of their in crop rotation lead to improve structure, fertility and aeration agricultural lands. Legumes have high protein content, nutrients, amino acids and they are nutritional cultures for cattle breeding. In this connection actual to conduct diagnosis of early changes in activity of photosynthetic apparatus of agricultures that reflect the peculiarities of production process of these plants, in particular – legumes under conditions infection more most widespread phytopathogenic microorganisms.

In field conditions, Fodder galega (*Galega orientalis* L.) and Alfalfa (*Medicago* L.) plants were cultivated on experimental plots. Artificial inoculation of plants was carried out using phytopathogenic strains *Acholeplasma laidlawii* var. *granulum* st. 118 and *Pseudomonas syringae* pv. *atofaciens* D13 (closeness suspension in 1×10^9 CFU/ml) in two true leaves phase. The chart of the field experiment: 1 – control (without inoculation); 2 – inoculation with phytoplasma *A. laidlawii* var. *granulum* st. 118; 3 – inoculation with causative agent of bacteriosis *P. syringae* pv. *atofaciens*; 4 – inoculation by both pathogens. Photochemical activity of leafs investigated using method of Chlorophyll a fluorescent induction (CFI) using a portable device «Floratest» on leaves of the upper tiers on 9th and 11th day after infection pathogens under conditions of dark adaptation leaves before the measurement (20 min.). Repeated of experiments – fivefold. The parameters of fluorescence that analyzed: F_0 , F_m , F_v/F_m , K_{pl} and K_i . Pigments contents in leaves determined through 14 days after infection using method of extraction in DMSO with further detection by spectrophotometer. With CFI method use established that after 4 days from the beginning of phytopathogens infection of Fodder galega plants, regardless on increasing of photochemistry efficiency of PS II, noted shortening of electron acceptor pool at blocking of electron transfer to the plastoquinone pool (PQ pool), increasing quantity of Q_B -non-renewable complexes, that not participating in linear electron transport to the PQ pool (parameter K_{pl}). Such changes observed in alfalfa leaves on 8 day. On 14 days observed more noticeable changes (in leaves both cultures) – tendency to content shortening of active chlorophylls, blocking of electron transfer, decreased photochemical efficiency of PS II. It was showing decline of K_i value (of Rubisko activity reflected) in the Fodder galega leaves that indicates on potential inhibition of CO_2 -fixation at Rubisko activity decrease. In the Alfalfa leaves observed increasing of K_i value is likely due to of Rubisko oxygenase activity. The visual observa-

tion was determinate symptoms of leaves and stems lesion on 14 days after infection which were as typical at phytoplasmosis and bacteriosis, like untypical for last. It has been established that content of chlorophyll-*a* decreased in all variants infection of two pathogens (on both cultures), despite the fact that content chlorophyll *b* to decrease only in Alfalfa leaves through 14 days from beginning infection. In Fodder leaves chlorophyll-*b* content decreased only at mixing infection, whereas at phytoplasma's and bacteria's infection its concentration, on the contrary, slightly increased.

The carotenoids content decreased in Alfalfa leaves, which were phytoplasma's infected and increased at bacteria's and mixing infection. In Fodder galega observed another tendency: carotenoids concentration, which is protective pigments, increased at phytoplasma's and bacteria's infection and decreased at mixing infection.

To sum up, Fodder and Alfalfa plants, artificial infected by phytopathogenic microorganisms lead to degradation of pigment-protein complexes at antenna- shortening PSII-LHCII together with reduced of electrons acceptor pool and decreased photochemical efficiency of PSII, that reflect decreasing of photosynthetic potential of leaves.

Isayenkov S.V.

SALT TOLERANCE IMPROVEMENT IN CROPS VIA REGULATION OF Na⁺ AND K⁺ HOMEOSTASIS

Institute of Food Biotechnology and Genomics NAS of Ukraine
Osipovskogo 2a str, Kyiv-123, 04123, Kyiv, Ukraine
e-mail: stan.isayenkov@gmail.com

Soil salinity is a main type of abiotic stresses that leads to considerable crop yield losses, affecting millions of hectares of land around the world. The scale of this problem is expected to increase due to global climate change and expansion of irrigation practices in agriculture. High salinity affects around 6% of the total world's land area. It is estimated that 20% of irrigated areas is affected by high salinity. The negative impact of salt stress on agricultural productivity is significant, because crops exhibit inhibition of growth, reduced tillering and development of reproductive organs. However the creation and development of salt tolerant crops is too slow. There are many reasons affecting speed of this process. The main reason is that salt tolerance of plants relies on tight coordinated regulation of hundreds of genes and depending from them physiological programs. The major target of salinity tolerance research is to improve ability of plants to maintain growth and productivity on saline soils. The modern biotechnology can be very helpful in reaching this target by intensification of gene discovery, gene delivery to crops and genome editing. The negative effects of high salinity are divided into two distinct phases. The first, it is independent from salt tissue accumulation - "osmotic phase". The second is "ionic phase". This type of phase is related to toxic effect of ions, mainly Na⁺ and Cl⁻, during salt accumulation in plant tissues. Both osmotic and ionic effects negatively affect plant metabolism and induce production of ROS that could harm the cellular structures and biosynthetic processes. The ionic imbalance during the second phase leads to deleterious effects. Potassium (K⁺) is one of most important nutrient for plant growth and development. The presence of K⁺ is required for osmotic adjustment, turgor generation, regulation of membrane potential and enzyme activation. Due to similar physicochemical properties between Na⁺ and K⁺, the sodium is a main potassium competitor in key metabolic processes in the cytoplasm. It was suggested that

plant survival under salinity requires high cytosolic K^+/Na^+ ratio. The restriction of Na^+ transport and accumulation in photosynthetic organs and enrichment of plant tissues by K^+ are very promising approaches for plant salt tolerance improvement. Both these processes recruit a range of transporter and their controllers at both plasma membrane and tonoplast. Thus the one of major mechanism of salt tolerance rely on regulation of function of Na^+ and K^+ transporters. The application of most important transporters that facilitate intra- and intercellular Na^+ and K^+ in plants will be discussed. According to the proposed approach, we have cloned several genes encoding key transporters of Na^+ and K^+ comprising NHX (Cation proton exchanger), HKT (High affinity K^+ transporter) and TPK (Two-pore potassium channels) families. By application of transgenic approach for expression or overexpression of these genes, the improvement of salt and in some cases osmotic tolerance was achieved in rice, barley and tobacco plants. The our study demonstrate that the regulation of function and modulation of gene expression of some plant transporters, HKT for Na^+ and NHX and TPK for K^+ homeostasis, are effective approach for salt tolerance crop improvement. The regulation and function of HKTs, NHXs and TPKs and their response to salinity will be discussed in this work. Thus regarding our research direction together with study of other plant scientist, the plant biotechnology needs to introduce correct combination of promising genes into novel crop cultivars. The genes encoding transporters involved in Na^+ and K^+ transport could be very useful for future application and improvement of crop salinity tolerance.

¹Karpets Yu., ^{1,2}Kolupaev Yu., ¹Zhyvolup G., ¹Smorshchok A.

NITRATE-DEPENDENT FORMATION OF NITRIC OXIDE AND ITS PARTICIPATION IN INDUCTION OF HEAT RESISTANCE OF WHEAT SEEDLINGS

¹V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University
p/o Dokuchaevske-2, Kharkiv, Ukraine, 62483
e-mail: plant_biology@ukr.net

²V.N. Karazin Kharkiv National University
Svobody sq., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine

Nitric oxide (NO) is the important participant of signaling in plant cells. It is established that NO is involved in the signal transduction to the genetic apparatus, that is required for developments of plants resistance to adverse factors of various nature, including hyperthermia. The induction of plant resistance to different stress factors by influence of various donors of nitric oxide is shown. In recent years the experimental data about the significant (probably, dominant) contribution of the pathway of nitrates reduction with the participation of nitrate reductase (NR) to nitric oxide synthesis have been obtained. Also there are numerous facts indicating the existence of pathway of NO formation from L-arginine at involving of protein with NO-synthase activity. Possible reciprocal influence of these pathways on the content of nitric oxide remains almost not investigated. Also the contribution of pathway of nitric oxide synthesis with NR participation in the formation of adaptive responses of plants is investigated a little.

The study of influence of sodium nitrate on the activity of NR, endogenous content of nitric oxide (NO) in roots and development of the wheat seedlings resistance to the damaging heating was the purpose of current research. Also the influence of exogenous L-arginine on the nitrate-dependent formation of NO in root cells and development of seedlings resistance to hyperthermia was investigated.

Etiolated seedlings of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) of variety Doskonala, which were grown at the temperature of 22°C on the purified tap water, served as experimental object. Seedlings were incubated during 24 hours on 20 mM of sodium nitrate solution (optimum concentration was chosen in preliminary special experiments). In separate series of experiments the effects of 20 mM of sodium nitrate in combination with 5 mM of L-arginine, 5 mM of sodium tungstate (NR inhibitor) or 100 µM of PTIO (NO scavenger) were investigated. The content of NO and activity of NR were measured in roots of seedlings. After 24 h of incubation with the studied solutions the seedlings were exposed to the damaging heating (10 min at 46°C).

The treatment of seedlings with nitrate caused the transitional increase of NO generation and rise of NR activity with peak on 2-4 h after treatment starts. The resistance of seedlings to the damaging heating increased under the nitrate influence. All indicated effects were removed under the treatment of seedlings with NR inhibitor sodium tungstate. The positive influence of nitrate on the heat resistance of seedlings was leveled by the influence of PTIO. The effect of nitrate on the NR activity, nitric oxide content and resistance of seedlings to heat stress was substantially leveled under the influence of L-arginine, which also possesses an ability to raise the NO content in roots and to induce the development of heat resistance. The conclusion about the significant role of nitrate-dependent formation of NO in the induction of heat resistance of wheat seedlings and about the antagonistic effects of nitrate and L-arginine is made.

Klymenko O. M., Shevchenko G. V.

CADMIUM AFFECTS *ARABIDOPSIS THALIANA* PROTEOME

Institute of Botany NASU, 2, Tereshchenkivska st., Kyiv, 01030, Ukraine
e-mail: li_grey@mail.ru

Because of human activity, cadmium (Cd) has become a widespread non-essential heavy metal, one of the most toxic to all living organisms. It is a dangerous environmental pollutant, with relative high mobility in the soil-plant system and ability to interfere with plant metabolism (Gzyl et al., 2015). Aim of our research is to study adaptation of *Arabidopsis thaliana* seedlings to cadmium (CdCl₂).

For this purpose three lines of *Arabidopsis* (Columbia, Oasis and Chernobyl 7) were grown on S MS containing 0,3 % (w/v) phytogel (Phytogel, Sigma, USA) and 0,5% (w/v) sucrose with and without addition of CdCl₂ salt (100 µM). The whole 10-day-old seedlings with roots and leaves were used for protein extraction, carried by phenol-based protocol. Protein concentration was determined using a protein assay from Bio-Rad (Hercules, CA), based upon the modified procedure of Bradford. Then the 2-D electrophoresis was performed. For the isoelectric focusing (IEF) 50 µg protein of samples was loaded on the IPG strips with pH 5-8 (7 cm, Bio-Rad, Hercules, CA) and placed into an isoelectric focusing (IEF) unit (Protean IEF Cell, Bio-Rad, Hercules, CA) for 16 h. After that strips were placed on the top of an acrylamide SDS-gel. Second dimension separation was carried out using a Protean II xi Cell (Bio-Rad, Hercules, CA) for 2 h (Hajduch et al., 2005). Protein 2-DE gels of each line of *Arabidopsis* were matched individually to the reference gel in biological triplicate using PDQuest software (BioRad, USA). Only 2-DE spot that were presented in both data sets (i.e., control and cadmium treatment), and in each data set, and at least in two biological replicates were included in the analysis (Valedor and Jorin, 2011). In total, 193 2-DE spots for Columbia line, 204

for Chernobyl 7 line and 245 for Oasis line satisfied these thresholds. The volumes of all spots that satisfied these criteria were normalized and the p-value for each 2-DE spot in all lines was calculated in Excel to determine statistically significant difference in protein abundance profiles between control and cadmium treatment groups. Then spots with statistically significant difference were cut from gels and plugs were digested with Trypsin (Promega). Digested proteins spots were subjected to tandem mass spectrometry (MS/MS) based on the MSE method that uses alternate scans at low and high collision energies in order to provide a comprehensive dataset (Klubicova et al., 2012). Mass spectrometry provided the identity for 18 proteins of Columbia line and 21 proteins of Oasis line. Analysis of the proteins has shown their involvement in metabolic and signaling pathways suggesting Cd impact on above processes. There is a difference in protein abundance between control and Chernobyl lines. Currently, we continue to investigate pathways affected directly by Cd with the idea to get to know which of them promote plant adaptation to polluted environment.

The research is supported by IRSES Grant #612587 (FP7, Maria Curie Action).

Кобилецька М., Рибак О., Телегій М.

АКТИВОВАНИ САЛІЦИЛАТОМ ЗМІНИ ІНТЕНСИВНОСТІ ПЕРОКСИДАЦІЇ ЛІПІДІВ У РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ТА КУКУРУДЗИ ЗА УМОВ ПОСУХИ

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: kobyletskam@gmail.com

Kobyletska M., Rybak O., Telegij M. SALICYLATE ACTIVATED CHANGES IN THE INTENSITY OF LIPID PEROXIDATION IN WHEAT AND CORN PLANTS IN DROUGHT CONDITION. The influence of salicylate of wheat *Triticum aestivum* L. and corn *Zea mays* L. plants on intensity of lipid peroxidation in drought condition was studied. Drought increased content of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), the content of these compounds was higher in wheat plants than in corn plants. Salicylic acid caused the decrease of TBARS in drought conditions in both investigated species of plants.

Підвищення стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища – одне з найактуальніших завдань сучасної фітофізіології. Відомо що посуха є поширеним фактором навколишнього середовища, який негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Адаптація рослин до несприятливих чинників, зокрема посухи, пов'язана із змінами обміну речовин і структурними перебудовами рослинної клітини (Labudda, 2013). Стійкість рослин до посухи значною мірою гормональною системою. До гормоноподібних речовин, які впливають на підвищення стійкості рослин до різноманітних стресових чинників належить саліцилова кислота (СК). Оксидативний стрес у рослин може бути спричинений низкою факторів навколишнього середовища, включаючи посуху. Одними з основних клітинних компонентів, які пошкоджуються активними формами кисню, є ліпіди, які змінюються внаслідок перекисного окислення ненасичених жирних кислот у біологічних мембранах. Аналіз вмісту ТБК-активних продуктів є відомим методом оцінки інтенсивності перекисного окислення ліпідів. Зважаючи на це, метою нашої роботи було визначити вміст ТБК-активних продуктів у органах рослин пшениці за умов посухи при попередній обробці насіння СК.

Дослідження проводили на рослинах пшениці *Triticum aestivum* L. сорту Поділька та кукурудзи *Zea mays* L. сорту Жовта зубовидна. Попередньо насіння замочували в розчині саліцилової кислоти (50 мкМ) протягом 3-х год. Рослини вирощували на ґрунтовому субстраті, вологість якого підтримували на рівні 60% повної вологоємності. Модельну посуху створювали припиненням поливу рослин (до 30%) протягом 7 діб. Контролем слугували рослини вирощені з насіння не обробленого СК, які вирощували за оптимального водозабезпечення. Визначали вміст ТБК-активних продуктів у коренях і пагонах рослин за (Мусієнко та ін., 2001). Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах контрольних рослин кукурудзи був у межах 12 - 18 нмоль/г сирової речовини. СК спричинювала незначне зростання цього показника щодо контролю. Посуха індукувала нагромадження ТБК-активних продуктів. Зокрема, у пагонах рослин за дії посухи вміст цих сполук був майже в 4 рази вищим, ніж у контролі. Сумісний вплив посухи і СК спричинював зниження вмісту ТБК-активних продуктів як у коренях, так і в пагонах рослин у порівнянні з рослинами, які піддавались дії посухи, але не оброблялись СК. Проте вміст ТБК-активних продуктів у рослинах цього варіанту був вищим, ніж у контролі. Результати дослідження цих сполук у рослинах пшениці мали схожу тенденцію. Проте вміст ТБК-активних продуктів у органах цих рослин був значно вищим, ніж у рослин кукурудзи. Найвищий їх вміст спостерігався за дії на рослини посухи і в пагонах рослин становив 87,4 нмоль/г сирової речовини. Причиною такого явища може бути менша посухостійкість рослин пшениці щодо рослин кукурудзи. Незважаючи на те, що дія лише СК збільшувала вміст ТБК-активних продуктів у органах рослин, за сумісного впливу СК і посухи значно знижувалась інтенсивність перекисного окислення ліпідів.

Коломієць Ю.В.

ІНДУКЦІЯ САЛІЦИЛОВОЮ КИСЛОТОЮ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ТОМАТІВ ДО БАКТЕРІАЛЬНОГО СТРЕСУ

Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, 03041, Україна
e-mail: julyja@i.ua

Kolomiets J.V. INDUCTION OF SALICYLIC ACID OF THE STABILITY OF TOMATOES PLANTS TO BACTERIAL STRESS. It is shown that salicylic acid has a stimulating effect on the antioxidant activity of plant-regenerants of the tomato varieties Chaika and Malynovi Dzvin in terms of bacterial stress caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. Treatment of plants-regenerants with 0.5–5 mg/l of salicylic acid caused amplification of accumulation of soluble phenols, catechins, and flavonoids in terms of bacterial stress.

Саліцилова кислота (СК) є однією із ключових молекул, яка бере участь в формуванні імунної відповіді і системної індукованої стійкості рослин проти збудників бактеріальних хвороб. Вона накопичується в місцях інфікування рослин, транспортується по флоемі і зосереджується в віддалених неінфікованих листках, в яких, в свою чергу, відбувається експресія захисних генів, що відповідають за структурний та функціональний захист рослин від стресу.

Метою даної роботи було дослідження впливу СК на компоненти антиоксидантної системи у рослин-регенерантів сортів томатів в умовах бактеріального стресу, який спричинений збудником бактеріальної крапчастості *P. syringae* pv. *tomato*.

Об'єктами досліджень слугували культивовані *in vitro* рослини-регенеранти сортів томатів Чайка і Малиновий дзвін з різною стійкістю проти збудників бактеріозів. Рослини-регенеранти томатів культивували на модифікованому живильному середовищі Мурасіге-Скуга, яке доповнене 0,4 мг/л 6-бензиламінопурина, з додаванням саліцилової кислоти в концентрації 0,05; 0,1; 0,25 0,5 та 1 мг/л. В експериментах використовували виділений нами в Дніпропетровській області штам *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28. У досліджах, які моделювали вплив стресового чинника, до основного живильного середовища додавали 4,0 % інактивованих клітин *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 (титром $20 \cdot 10^{10}$ кл/мл) (ІК), які прогрівали при температурі 100 °С протягом 2,5 год.

Розчинні поліфеноли визначали за методом Folin Ciocalteu в модифікації Singleton Rossi, який базується на реакції фенолів з реактивом Фоліна-Чокальтеу. Визначення суми флавоноїдів здійснювали спектрофотометричним методом і одночасно аналізували калібрувальну криву за кверцетином. Вимірювання проводили в присутності хлориду алюмінію і ацетату натрію, які утворюють стабільні комплекси з флавоноїдами. Катехіни вимірювали спектрофотометричним методом за допомогою 9 N H₂SO₄ та 1 % ваніліну з утворенням стабільних комплексів.

Нами показано, що обробка рослин СК підсилювала процеси біосинтезу фенольних сполук в клітинах за дії фітотоксичних сполук збудника бактеріальної крапчастості рослин томата. За дії 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 відбувалося підвищення кількості фенольних сполук в листках рослин сортів томата від 29,5 до 32,7 %. Обробка рослин-регенерантів СК в концентраціях 0,5–5 мг/л індукувала посилення накопичення розчинних фенолів, катехінів і флавоноїдів за умов бактеріального стресу. В листках рослин-регенерантів сортів томатів Чайка і Малиновий дзвін максимальні значення вмісту фенолів становили 15,11–17,00 мг/мл, катехінів 26,17–28,29 та флавоноїдів 6,37–7,15 мг/мл за умов додавання 1 мг/л СК. За дії високих концентрацій СК 5, 10 мг/л рівень фенольних сполук був менший за контроль, що на нашу думку, пов'язано з руйнуванням клітинних структур.

Таким чином, застосування СК є однією з ланок складної системи, що зумовлює підвищення стійкості рослин проти збудника бактеріальної крапчастості томата, однак кількість СК не може перевищувати певний концентраційний поріг, який необхідний для активації систем захисту та оптимального функціонування рослини.

Комісаренко А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПРЕСІЇ ДВОЛАНЦЮГОВОГО РНК-СУПРЕСОРА ГЕНА ПРОЛІНДЕГІДРОГЕНАЗИ В Т3 ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ СОНЯШНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
e-mail: allakomisarenko2017@gmail.com

Komisarenko A. THE INVESTIGATION OF THE EXPRESSION OF dsRNA-SUPPRESSOR OF THE PROLINE DEHYDROGENASE GENE IN T3 SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) TRANSGENIC PLANTS. T3 progeny of sunflower transgenic plants with dsRNA-suppressor of *ProDH* gene were obtained. Those plants were tested under conditions of simulating water deficit. The enzyme activity and free proline contents were measured in plant leaves. The free proline levels in T3 plants exceeded

those parameters of control plants in 1,5-2 times under normal conditions and in 15-20 times under water stress. T3 plant demonstrated the decrease of ProDH enzyme activity in 6 times under normal conditions. Those events are the result of the partial *ProDH* gene suppression.

Генетична інженерія дає можливість використовувати гени, експресія яких здатна підвищувати рівень стійкості трансгенних рослин до несприятливих факторів довкілля. Особливий інтерес викликає ген катаболізму L-проліну (Pro) – проліндегідрогеназа (*ProDH*), оскільки часткове інгібування його експресії здатне приводити до підвищення вмісту Pro і як результат – рівня стійкості рослин до абіотичних стресів. Експресію гена в трансгенних рослинах та їх насінневих поколіннях надійно можна контролювати за кінцевим продуктом або ефектом, який він викликає.

Метою роботи було дослідження експресії інтегрованого гена в насінневому поколінні трансгенних рослин *H. annuus* L.

Об'єктом дослідження слугували T3 трансгенні рослини соняшника інбредної лінії VK-121 з длРНК-супресором гена проліндегідрогенази *Arabidopsis thaliana* L. Наявність трансгена підтверджували ПЛР-методом. Аналіз експресії трансгена проводили за нормальних умов культивування і в умовах водного дефіциту. Активність проліндегідрогенази оцінювали, вимірюючи збільшення концентрації НАДН за одиницю часу при окисленні Pro за запропонованою методикою Маттіоні. Рівень вільного проліну визначали за модифікованою методикою Чинарда.

В результаті досліджень вивчена роль *ProDH* у стійкості T3 покоління трансгенних рослин соняшника до водного дефіциту. Об'єктивним показником цього є аналіз експресії гена проліндегідрогенази, що реалізується на рівні активності ферменту та вмісту вільного L-проліну. Показано значне зниження активності ферменту проліндегідрогенази в рослинах T3 за нормальних умов культивування (6 разів) та підвищення вмісту Pro в нормі (1,5-2 рази) і при дефіциті вологи (15-20 разів), що свідчить про часткову супресію гена *ProDH* соняшника.

Отже, експериментально доведено, що в T3 трансгенних рослинах соняшника, які містять длРНК-супресор гена проліндегідрогенази відбувається стабільна експресія гена. В цілому показана ефективність використання длРНК-супресора гена проліндегідрогенази для створення рослин соняшника з підвищеним рівнем стійкості до осмотичних стресів.

Kovalenko M., Konotop Ye., Smirnov O., Koval Yu., Musienko M.

GROWTH AND WATER CONSUMPTION PARAMETERS OF WHEAT SEEDLINGS UNDER OSMOTIC STRESS

64/13, Volodymyrska Street, Kyiv, Ukraine, 01601
e-mail: mariia.s.kovalenko@gmail.com

The ability of plants to develop rapidly nonspecific as well as specific protective responses to osmotic stress is crucial for their survival under drought and salinity stress. The detection of physiological and biochemical changes occurring in plants under such conditions is the basis for the control of metabolic pathways for increasing plant drought resistance. Therefore, the aim of present work was to study the plant growth responses and water consumption parameters of wheat seedlings under osmotic stress.

For preliminary evaluation of plant drought tolerance, growth parameters of 3-day seedlings of 10 wheat varieties (*T. aestivum* L. and *T. dicoccum* Schuebl.), grown in so-

lutions of polyethylene glycol 6000 with osmotic pressure ranged from -0.1 to -0.4 MPa, were determined. It was found that the suppression of coleoptile's growth by 50% in comparison with control values occurred upon osmotic pressure of -0.3 MPa, while the root length remained at the control level. In our opinion, the metabolic changes are directed toward the formation of protective reactions under given conditions in plant organism. Therefore, in order to carry out further investigations, the concentration of PEG -0.3 MPa was chosen.

The analysis of the obtained results allowed to determine the studied varieties according to the level of drought resistance in the early stages of ontogenesis. So, varieties Holikovs`ka, Favorytka (non-sensitive) and Trypil`s`ka (sensitive) were selected for further research.

The investigation of growth reactions and parameters of water consumption was conducted on 7-day wheat seedlings of selected varieties, which were cultivated under osmotic pressure of -0.3 MPa. Analysis of the morphometric indexes of plants indicates an insignificant inhibition of leaves growth of seedlings of Favorytka variety along with an increase of root length in 2 times. Decreasing of the leaves length of Trypil`s`ka variety was admitted under conditions of osmotic stress. At the same time significant changes of values of growth indexes of the roots were not found in these conditions. Also, morphometric parameters of seedlings of Holikovs`ka variety had not been affected.

The expected decrease of relative water content in leaves of wheat plants and accumulation of proline occurred under conditions of osmotic stress. It was revealed that proline content ratio in roots and leaves was approximately 10:1 for Favorytka and Trypil`s`ka varieties. However, there was no significant difference between proline accumulation in leaves and roots in Holikovs`ka variety, which indicated constitutive resistance to osmotic stress.

Kovaleva V., Yusyovych Yu., Gout R.

SCOTS PINE DEFENSINS:

STRUCTURE, PROPERTIES AND BIOLOGICAL FUNCTIONS

Національний лісотехнічний університет України
вул. Ген. Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна
e-mail: kovaleva@nltu.edu.ua

Evolutionary plants developed multilayer system for protection against potentially pathogenic organisms, which includes mechanical cell wall barriers as well as a broad range of compounds with antibiotic activity. Among the latter, plant defensins are a conservative group of antimicrobial peptides that is a component of innate immunity of many classes of living organisms, including humans. Plant defensins form a large family of small (45-54 amino acids), basic, cysteine-rich proteins. They share a common three-dimensional structure comprised of three antiparallel β -strands and one α -helix held together by four or five disulfide bridges formed by conserved cysteine residues. Conserved disulfide bonds are also proposed to define physico-chemical properties of defensins, such as an extreme resistance to high temperatures and acidic environments.

Plant defensins are arranged in multigene families and are overrepresented in the genome of some plants species. That is particularly well illustrated in *Arabidopsis thaliana* and *Medicago truncatula* where comparative sequence analysis of the sequenced genomes revealed that there are several hundred defensin-like genes present in these plants alone. Recently we found a multigene family of these proteins in Scots pine. Six

defensin genes: *PsDef1-4*, *PsDef5.1* and *PsDef5.2* were cloned and these nucleotide sequences deposited in the database GenBank.

The analysis of Scots pine defensins using the neighbor-joining method reveals two subgroups. The first subgroup includes *PsDef1*, *PsDef2*, *PsDef3* and *PsDef4*, which have high sequence similarity (88-96 %). The second subgroup consists of *PsDef5.1* and *PsDef5.2*, the identity between them is 96 %. Scots pine defensins from different subgroups have lower sequence similarity (46-52 %) and less number of residues that are conserved.

To elucidate the biological activities of pine defensins, one of them is *PsDef1* was purified from seedlings and its recombinant analog was obtained by heterologous expression in the bacterial system. Like most plant defensins, endogenous and recombinant *PsDef1* showed high activity against fungi, they arrested the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, and *Heterobasidion annosum* at protein concentrations less than 1 μ M. Furthermore, this peptide inhibited the growth of other pathogenic microorganisms, in particular, gram-positive and gram-negative bacteria of the genera *Bacillus*, *Pseudomonas*, and *Pectobacterium*. In addition, we found that *PsDef1* inhibits α -amylases of pine beauty, a dangerous pine pest. To the best of our knowledge, *PsDef1* is the first defensin from gymnosperms, for which such broad spectrum of biological activities has been described.

To clarify the biological functions of the Scots pine defensin genes, we performed a transcriptome analysis of these genes in the vegetative and generative organs of Scots pine plants of different age and under abiotic and biotic stresses. We found that the only gene that is expressed everywhere in the pine tissues is *PsDef1*. The expression of other defensin genes from Scots pine was organo-specific and developmentally regulated. We revealed features of Scots pine defensin gene expression in the response to different types of infection, such as biotrophy, hemibiotrophy, and necrotrophy. We showed that abiotic stresses including salt, cold, water and heat modify the level of expression of defensin genes in Scots pine seedlings.

The obtained results demonstrate that Scots pine defensins are the important component of host defense providing resistance of Scots pine to environmental stresses and can be of great practical interest for the development of eco-friendly biotechnologies for forest protection.

Козеко Л.

ДИНАМІКА СИНТЕЗУ HSP70 У ЗВ'ЯЗКУ З АДАПТИВНОЮ ЗДАТНІСТЮ ВИДІВ РОСЛИН

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна
e-mail: liudmyla.kozeko@gmail.com

Kozeko L. DYNAMICS OF HSP70 SYNTHESIS IN CONNECTION WITH ADAPTABILITY OF PLANT SPECIES. Plants of different adaptability were subjected to prolonged influences of high temperature (37°C) and soil flooding. Western blot-analysis of HSP70 in leaves during the period of exposure showed that the constitutive level and ability to high and extended HSP70 induction underlies the survival and successful adaptation of plants in variable environment.

Активация синтезу білків теплового шоку HSP70 є ключовим компонентом стресової реакції рослин на несприятливі зовнішні чинники. Вважається, що за тимчасовою активацією слідує зниження їх синтезу до майже контрольного рівня навіть при пролонгованому впливі фактору (Schumann, 2001). При цьому динаміка синтезу HSP мало досліджувалась у видів рослин, що значно відрізняються за діапазоном стійкості. Метою даного дослідження було порівняння динаміки синтезу HSP70 у видів, різних за адаптаційними властивостями. Ювенільні рослини *Arabidopsis thaliana* (помірно стійкий, з коротким життєвим циклом), *Malva sylvestris*, *M. pulchella* (високо стійкі однорічники, з тривалим життєвим циклом), *Sium sisaroides* (повітряно-водні) вирощувалися за однакових умов і піддавались пролонгованому впливу високої температури (37°C) і затоплення ґрунту. За стійкістю до обох факторів види розташовувались у ряд *A. thaliana* < *M. pulchella* ≈ *M. silvestris* < *S. sisaroides*. Вміст HSP70 в листках аналізували за допомогою Вестерн-блотингу протягом експозиції. Показано, що види з більш широким діапазоном стійкості мали більш високий конститутивний вміст HSP70 і характеризувалися більш значною та тривалою активацією їх синтезу. Близькі за стійкістю види мальви мали схожу динаміку синтезу цього білка і, разом з тим, видо-специфічні ознаки. Особливості часового перебігу синтезу тісно пов'язувалися з розвитком адаптивних або деструктивних процесів. Отримані дані показали інформативність динаміки синтезу HSP70 як індикатора стійкості виду.

Кияк Н.

АДАПТАЦІЯ БРІОФІТІВ ДО ОСМОТИЧНОГО СТРЕСУ

Інститут екології Карпат НАН України,
вул. Стефаніка, 11, м. Львів 79005, Україна
e-mail: kuyak_n@i.ua

Куйак Н. BRYOPHYTE ADAPTATION TO THE OSMOTIC STRESS. Peculiarities of metabolism of the carbohydrates and nitrogen-containing compounds and cation exchange capacity of the cell walls of the mosses with a different tolerance to water deficit on the area of sulfur deposits dump and tailing waste mining potassium salt (Lviv region) were investigated.

Толерантність бріофітів до значних втрат вологи та висихання і здатність до швидкої регідратації зумовила їхнє значне поширення у більшості рослинних угруповань. Досліджували фізіологічні показники водного режиму у мохів із різною чутливістю до дефіциту вологи на посттехногенних територіях Львівської області (відвал видобутку сірки Новояворівського державного гірничо-хімічного підприємства (ДГХП) «Сірка» та хвостосховище відходів видобутку калійних солей Стебницького ДГХП «Полімінерал»), де мохоподібні є піонерами заростання. Вміст вуглеводів, моноцукрів та крохмалю оцінювали із застосуванням пікринової кислоти, активність α -амілази – за П. Бернфілдом, вміст вільних амінокислот та проліну – за методом З. Хіонґа (Xiong et al, 2006), катіонообмінну ємність клітинних стінок – за методикою Ф. Блемей (Blemey, 1990). Встановлено, що пристосування бріофітів до осмотичного стресу забезпечується зміною спрямованості метаболізму вуглеводів: збільшенням загального вмісту карбогідратів та перерозподілом вуглеводного обміну у напрямку гідролізу полісахаридів та накопичення розчинних

вуглеводів. Нагромадження вуглеводів залежало як від рівня осмотичного стресу, так і від видових особливостей мохів. Вищий їх уміст (1013,6–1462,2 мкг/г маси с.р.) характерний для видів, які приурочені до місцезростань із дефіцитом вологи (*Bryum argenteum* Hedw., *Barbula unquiculata* Hedw.), тоді як у чутливих до осмотичного стресу видів *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Schimp. і *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp. – 514,3–782,4 мкг/г маси с.р. В умовах водного дефіциту та сольового стресу у клітинах бріофітів, толерантних до дефіциту вологи посилювався гідроліз крохмалю (його концентрація у пагонах становила 4,3–4,9 % від загального вмісту вуглеводів), що корелювало із α -амілазною активністю. В умовах меншого стресового навантаження зафіксовано більшу частку полісахариду у сумарному пулі вуглеводів (8,1–8,8 % від загального вмісту карбогідратів). Вуглеводний обмін у стресових умовах спрямовувався в бік накопичення розчинних цукрів, які підвищують водоутримувальну здатність клітин. Наприклад, в умовах сильного сольового стресу вміст розчинних вуглеводів у пагонах *B. unquiculata* становив 16–26 % від загального пулу карбогідратів та 11–14 % – за меншого засолення субстрату. Аналогічна тенденція виявлена й щодо вмісту моноцукрів у пагонах досліджуваних видів мохів. Також виявлено, що толерантним до дефіциту вологи мохам властивий більший пул вільних амінокислот, що забезпечує осмотичну складову адаптації. Окрім того, виявлено чітку тенденцію збільшення вмісту «стресової» амінокислоти – проліну, що характеризує неспецифічну реакцію клітинного метаболізму у відповідь на стрес. Катіонообмінна ємність (КОЄ) клітинних стінок мохів теж має важливе значення у формуванні стійкості бріофітів до осмотичного стресу. Наприклад, в умовах сильного засолення субстрату КОЄ рослин *B. unquiculata* та *Funaria hygrometrica* Hedw. становила 4,49–6,38 мг-екв/100 г маси с.р., а за меншого стресового навантаження – 2,85–3,14 мг-екв/100 г маси с.р. Отже, толерантність бріофітів до різноманітних осмотичних стресів, значною мірою, забезпечується присутністю у клітинах мохів високих концентрацій осмолітів і катіонообмінною здатністю клітинних стінок.

Lytvyn D., Olenieva V., Blume Ya.B.

ACETYLATION OF α -TUBULIN MEDIATES STRESS-INDUCED AUTOPHAGY IN ARABIDOPSIS

Institute of Food Biotechnology and Genomics NAS of Ukraine
Osipovskogo str. 2a, 04123, Kyiv, Ukraine
dmytro.lytvyn@gmail.com

Plant autophagy regulates a numeral cellular recirculation processes both in normal physiological conditions and as an adaptive response to stressful impacts. Abiotic stressful stimuli such as oxidative-, salt-, and drought stresses as well as lack of nutrients lead to the development of autophagy or autophagy-like processes that still poorly understood in plant cell. In yeasts and animal cells microtubules (MTs) provide processes of maturation and traffic of autophagosomes via their dynamic state changes and tubulin post-translational modifications, acetylation in particular. The objective was to investigate the role of α -tubulin acetylation in the development of plant autophagy under different abiotic stressful impacts. MATERIALS AND METHODS. *Arabidopsis thaliana* line stably expressing Atg8h-eGFP fusion protein was generated to investigate autophagy development using confocal laser scanning microscopy. 7-day old *Arabidop-*

sis thaliana seedlings were subjected to metabolic- (sucrose-free medium), osmotic- (10 mM mannitol) and salt- (150 mM NaCl) stresses, as well as ultraviolet B irradiation (41 kJ·m⁻²). Autophagy development was examined by fluorescent microscopy (staining with specific dye for autophagosomes monodansylcadaverine (MDC)) and Western blotting analysis, using monoclonal anti-acetylated tubulin and monoclonal anti-tubulin TU-16 antibodies. Additional treatments combined with specific cysteine inhibitor E-64 preventing autophagy development as well as MT drugs Taxol and Nocodazole were performed. RESULTS. It was revealed notable tissue-specific autophagosomes distribution under stress-induced autophagy development in *Arabidopsis thaliana*. Different root and above-ground tissues of untreated plants were characterized by Atg8h-eGFP diffuse cytoplasmic expression and had no evident signs of co-localization with vesicular cellular structures. The development of autophagy was detected in root cells at 7th cultivation day and was characterized by an appearance of structures with size range of 1-30 μm containing Atg8h-eGFP that were localized in root cap, epidermal, pericycle and vascular cells. Staining with MDC revealed an explicit co-localization of MDC-stained and GFP-containing cellular structures. Using Western-blot analysis it was found that processing of Atg8, implying lipidation with phosphatidylethanolamine (PE) had occurred under all stressful treatments. Mentioned modification allows Atg8 to localize to the expanding phagophore, permitting the formation of autophagosome. Obtained results denote an induction and development of stress-induced autophagy. Moreover, all examined stressful treatments led to increase of α-tubulin acetylation level that reveals an important role of mentioned modification in plant autophagy development. We suggest an existing of similar regulatory mechanisms of MTs mediated autophagy discovered in animals. Synergistic action of stressful factors and E-64 was realized in decreased cell viability that confirms the survival role of autophagy under abiotic stress influences. Pretreatment of plants with Taxol and Nocodazole revealed the same effect as E-64 pretreatment that confirms MTs cytoskeleton involvement in intracellular traffic of autophagosomes. CONCLUSIONS. Presented data assume the involvement of MTs cytoskeleton in realization of autophagy as an adaptive process and indicate the role of the post-translational acetylation of α-tubulin in the mediation of plant stress-induced autophagy.

Малик Б., Кавулич Я., Кобилецька М.

**ВПЛИВ САЛІЦИЛАТУ І КАДМІЙ ХЛОРИДУ НА АКТИВНІСТЬ
ПОЛІФЕНОЛОКСИДАЗИ У РОСЛИНАХ ГРЕЧКИ
(*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)**

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: bogdan_malyk@ukr.net

**Malyk B., Kavulych Y., Kobyletska M. THE EFFECT OF SALICYLIC ACID
AND CADMIUM CHLORIDE ON THE ACTION OF POLYPHENOL OXIDASE IN
BUCKWHEAT PLANTS (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.).** Nowadays the
interest to new ways to improve plant resistance to various types of stresses is increasing. One possible way is the salicylate treatment. We've conducted a research on the polyphenol oxidase activeness in buckwheat plants (*Fagopyrum esculentum* Moench.) under the influence of salicylic acid and cadmium chloride. The results show increase

in the enzyme activity on the 14th day (up to 56%), when compared to the control (in shoots). At the same time, the decrease of polyphenol oxidase action was registered on the 21th day. We believe this is due to the destruction of the enzyme, caused by high amount of free radicals.

Сьогодні зростає інтерес дослідників до можливих способів підвищення стійкості рослин до різноманітних стресових факторів. Це пов'язано з різнобічним погіршенням екологічного стану довкілля. Особливо актуальним є питання стійкості до важких металів, враховуючи їхні масштаби внесення в біосферу. Одним з можливих способів підвищення пристосувальних можливостей рослинного організму є обробка його саліциловою кислотою (СК). Відомо, що зміни метаболізму, зумовлені СК, позитивно впливають на адаптацію до подальших стресових навантажень (Маменко та ін., 2010). Поліфенолоксидаза - антиоксидантний фермент, який бере активну участь у регуляції процесів захисту рослин від оксидативного стресу.

Метою нашої роботи було дослідження захисного впливу саліцилату за умов забруднення субстрату йонами кадмію. Наші дослідження були проведені на рослинах гречки (*Fagopyrum esculentum*) сорту Рубра. Вирощували рослини методом піщаної культури. Насіння пророщували за загальноприйнятою методикою. Рослини гречки обприскували 0,05 мМ розчином саліцилату на початкових етапах росту. Кадмієвий стрес моделювали внесенням кадмію хлориду в розрахунок 25 мг/кг субстрату. Визначення активності поліфенолоксидази проводили на 14-ту і 21-шу добу росту (Бояркін, 2010).

Результати дослідження показали зростання активності ферменту в пагонах рослин як за умов стресу, так і при спільній дії саліцилової кислоти та кадмію хлориду на 14-ту добу росту, відповідно на 52 і 56%, порівняно з контрольним варіантом. Водночас, на 21-шу добу росту спостерігалось зниження активності поліфенолоксидази за дії стресора. Можна припустити, що інактивація ферменту може відбуватися через підвищення вмісту активних форм Оксигену, кількість яких у рослинних тканинах різко зростає за дії стресових факторів. Активність ферменту в коренях рослин на 21-шу добу росту незначно збільшувалась у варіантах з окремим впливом СК і Cd, але значно підвищувалась при сумісному впливі сполук - на 69%, порівняно з контролем. Результати дослідження активності поліфенолоксидази в пагонах гречки показують зростання активності ферменту в умовах стресу та в умовах спільної дії саліцилової кислоти та кадмію хлориду на 14-ту добу росту. На 21-шу добу росту спостерігалось зниження активності поліфенолоксидази за дії стресора. Що може свідчити про інактивацію ферменту через надмірну кількість АФК. Активність ферменту в коренях рослин незначно зростала у варіантах з СК і Cd, але значно підвищувалась при сумісному впливі сполук, порівняно з контролем. Оскільки поліфенолоксидаза відіграє важливу роль у диханні рослин та в метаболізмі фенолів, можна припустити, що зміна активності цього ферменту буде впливати на інтенсивність цих процесів.

Маменко Т., Тарасюк О., Починок В.

АКТИВНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНИХ ФЕРМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА РІЗНОГО РІВНЯ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
e-mail: t_mamenko@ukr.net

Mamenko T., Tarasyuk O., Pochinok V. ANTIOXIDANT ENZYMES ACTIVITY IN WINTER WHEAT LEAVES UNDER DIFFERENT LEVELS OF NITROGEN NUTRI-TION. It is found that the insufficient supply of nitrogen in the soil of winter wheat induces defense reactions in plants, as evidenced by the increase in hydrogen peroxide and the activity of antioxidant enzymes in leaves. Foliar dressing of winter wheat urea is regarded as a kind of stress on the plant, on the one hand, and on the other, as a factor that stimulates of inclusion the protective mechanisms, in the above privacy and activation of antioxidant enzymes work.

Удосконалення технологій вирощування, збалансування систем живлення, досягнення високих коефіцієнтів засвоєння елементів живлення є важливими складовими підвищення врожайності, поряд зі створенням нових сортів із високим генетичним потенціалом продуктивності (Моргун, 2010).

Метою роботи було вивчити вплив різного рівня азотного живлення у ґрунті та позакореневої обробки карбамідом на активність антиоксидантних ферментів і формування зернової продуктивності у сортів озимої пшениці, які відрізнялись за генетичним потенціалом зернової продуктивності.

Рослини вирощували у вегетаційних умовах за різного рівня азотного живлення. У фазу кінець цвітіння-початок молочно-воскової стиглості озиму пшеницю обприскували розчином карбаміду концентрацією 1 % з розрахунку 7 кг д.р. на га. Для проведення досліджень відбирали прапорцеві листки озимої пшениці на 7-му добу після позакореневої обробки рослин

Встановлено, що за низького рівня нітрогену в ґрунті у сортів озимої пшениці підвищувався рівень пероксиду водню у листках, що свідчить про розвиток окиснювальних процесів та перехід клітинного метаболізму рослин у стресорний стан. За обробки карбамідом у сортів озимої пшениці виявлено зниження вмісту пероксиду водню у листках, що може свідчити про зниження рівня окиснювальних процесів у рослинах за рахунок включення захисних антиоксидантних систем, в тому числі й антиоксидантних ферментів, в умовах стресу – низького забезпечення живлення нітрогеном.

Досліджено, що недостатнє азотне живлення в ґрунті призводить до підвищення активності антиоксидантних ферментів – аскорбатпероксидази, глутатіонредуктази супероксиддисмутази та зниження активності гваяколпероксидази у листках озимої пшениці. Згідно наших результатів за обробки рослин карбамідом відбувається підвищення активності антиоксидантних ферментів незалежно від рівня азотного живлення рослин. На нашу думку, позакореневу обробку озимої пшениці карбамідом у використаній нами концентрації можна порівняти із своєрідним стресом для рослин, який стимулює розвиток захисних реакцій та перебудову метаболізму рослин до відповідних умов вирощування.

Отже недостатнє забезпечення озимої пшениці нітрогеном у ґрунті індукує розвиток стрес-захисних реакцій в рослинах, про що свідчить підвищення рівня

пероксиду водню та активності антиоксидантних ферментів у листках. Позакоренева обробка озимої пшениці карбамідом розглядається як своєрідний стрес для рослин, з одного боку, а з іншого, як фактор, що стимулює включення захисних механізмів, зокрема й активацію роботи антиоксидантних ферментів. Це сприяє кращій реалізації генетичного потенціалу в сортів озимої пшениці високобілкового спрямування.

Nehvedovich S.

INFLUENCE OF MICROINFECTION ON THE QUALITY OF OIL FLAX SEEDING SEEDS

Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise „Institute of Plant Protection”
of the National Academy of Sciences of Belarus
2 Мира Str., а/с Priluki, Minsk region, Minsk district, 223011, Republic of Belarus
e-mail: s.nehvedovich.izr@tut.by

Oil flax seeds are affected by pathogens of various diseases. According to Tsvetkov S.G. (1978) data, under conditions of Belarus flax seeds, sprouts and seedlings diseases are caused by 14 fungi and bacteria species. The causative agents of the most noxious flax diseases (anthracnose, fusariosis, bacteriosis, etc.) can infect seeds and penetrate into the embryo until the formation of the pigmental coat layer (internal infection), often causing its death. The sources of infection of septoriosi, fusariosi, various rot species are more often found in the first mucous coat layer or on its surface. For flax seeds, some saprotrophic fungi are also harmful. Their role is dual. They often penetrate through the „open gate” - mechanical damage following pathogens. Often, these fungi are the primary destroyers of the seed coat. As a result, the embryo dies or weakens, the seeds lose their germination ability and viability. One of the reasons for the biological properties of seeds decrease is their high phytopathogens microflora infection. The decrease in the germination of flax seeds is proportional to total percentage of infection by microorganisms. The seeds quality has a primary importance for the successful cultivation of this crop.

The research has been carried out for 4 years (2013-2016) at fodder and technical crop protection laboratory. Oil flax seeds used for sowing on experimental plots under production conditions of the Republic of Belarus served as the research material. The phytopathological oil flax sowing material examination by experts was carried out by seeds incubation in a moist chamber. Seed contamination by diseases was assessed in accordance with the interstate standard STATE STANDARD 12044-93 „Seeds of agricultural crops. Methods for determining the diseases infection”.

The phytopathological oil flax sowing material examination, carried out in the years of study, showed a high level of mottledness, bacterial and saprotrophic fungi infection. The total infection of seeds ranged from 9,5 to 83,5%, with a difference in the studied varieties infestation by mottledness (2,5-60,0 %). Oil flax seeds were also characterized by a high degree of bacterial infection (2,0-32,0 %) and slightly saprotrophic fungi, causing seeds molding (up to 11,0 %). Microinfection had different effects on biological indices - germination energy and laboratory germination. The lowest seeds quality was noted in 2016, the germination energy ranged from 21,0 to 95,0 %, and the laboratory germination rate was only 56,5 to 72,5 %. The greatest force of growth had the seeds with less micro-infection.

Thus, according to 4 years research results, we assume that the presence of microinfection on oil flax seeds reduces their biological properties.

L. Ovcharenko, G. Shevchenko, T. Vorobyuova
LIPID COMPOSITION OF ZEA MAYS L. ROOT PLASMALEMMA IS INFLUENCED BY WATER DEFICIT

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences,
2, Tereshchenkivska st., Kiev, 01601, Ukraine
e-mail: ov-julia@yandex.ru

Drought leading to water stress in plants is a major problem in reducing agricultural productivity especially in tropical, semi-arid and arid regions of the world. In order to cope with drought, plants have developed different protective mechanisms, in particular, morphological and cell structure changes as well as regulation of membrane permeability. Functioning of membrane proteins are influenced by the lipid bilayer, in which they are either embedded or bound at the surface. For this reason, a knowledge of the lipid composition of membranes in plant cells is important. The aim of the present study was to examine lipid content in plasma membrane fractions isolated from roots of two *Z. mays* varieties: drought-resistant "Dostatok" and non-resistant "Pereyaslavskiy" and to determine lipid changes under dehydration.

Experimental plants were grown in containers on a sand substrate for 21-22 days under 70% relative field capacity for plants (control) and 30% (experimental water deficit). The microsomal fractions enriched by plasmalemma were obtained from maize roots by two-phase aqueous polymer technique. Lipids were extracted from plasmalemma and their composition analyzed by reversed-phase high performance liquid chromatography.

Maize membrane lipids are mainly phosphor-, glycolipids and sterols, the ratio of them is different in two varieties. Water deficit causes the increase of sterol proportion in plasmalemma fractions: for 32.6% of total lipids for "Dostatok" and for 27.5% of total lipids for "Pereyaslavskiy". This indicates to stabilization of the membrane under water deficit via decreasing its fluidity that is resulted from limitations of ion transport. In both varieties, water deficit led to decrease of total amount of glycolipids. This phenomenon occurs due to the inhibition of cell signaling function. The major phospholipids are presented by phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylinositol (PI) and phosphatidylglycerol (PG). Dehydration caused a sharp decrease in major phospholipids.

The predominant saturated fatty acid lipids of both varieties were palmitic (C16: 0) acid. In drought-resistant varieties "Dostatok" its amount was higher. One can also note the low content of stearic acid (C18: 0) in two varieties. Unsaturated fatty acids were represented by oleic (C18: 1), linoleic (C18: 2) and linoleic (C18: 3) acids. Linoleic acid content was almost identical in both varieties and did not undergo changes under water deficit. The preferred unsaturated fatty acid was linoleic acid. In both varieties significant changes in composition of unsaturated and fatty acids we were found under water shortage. Under water deficit total proportion of unsaturated fatty acids in "Pereyaslavskiy" variety increases and the variety "Dostatok" is reduces.

Referring to our results, "Dostatok" variety is proved to be more adaptive to water deficit. Changes in the lipid composition are important for plant adaptation the drought. Adaptive mechanisms depended on stress intensity and stabilization of membrane composition is aimed to protect cells against harsh environment.

Пашенко Ю., Колесніков М., Пономаренко С.

ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ СТИМПО ТА РЕГОПЛАНТ НА ФОТОАСИМІЛЯЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ТА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

Таврійський державний агротехнологічний університет
Пр. Б.Хмельницького, 18, М. Мелітополь, 72310, Україна
e-mail: melittopol@mail.ru

Paschenko U., Kolesnikov M., Ponomarenko S. THE EFFECT OF STIMPO AND REGOPLANT BIOSTIMULANTS ON PEAS PHOTOASSIMILATION PROCESSES AND CROP FORMATION. It is shown that the biostimulants promoted the formation of crops photoassimilation surface, increased chlorophyll content and productivity of photosynthesis. The biological productivity of peas crop increased by 24-30% while biostimulants using.

Біостимулятори Стимпо та Регоплант виробництва ДП МНТЦ «Агробіотех» представляють собою поліфункціональні препарати з біозахисними властивостями, що забезпечують активний ріст і розвиток культури, формування високого і якісного врожаю. Разом з тим, для ряду сільськогосподарських культур недостатньо вивчені їх стреспротекторні властивості в різних агрокліматичних зонах України. Близько 1/3 посівних площ гороху посівного приходить на зону степу. З огляду на високу вимогливість гороху до умов вирощування, існує потреба в покращенні стресрезистентності рослин та стимуляції продукційного процесу посівів за допомогою регуляторів росту. Тому метою роботи було з'ясувати вплив біостимуляторів Стимпо та Регоплант на формування фотоасиміляційного апарату та біологічну врожайність гороху посівного в умовах Південного степу України.

Використовували насіння та рослини гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Оплот вусатого морфологічного типу в умовах дрібноділянкового дослідження. Передпосівну обробку насіння проводили Стимпо (25 мл/т) та Регоплант (250 мл/т), приготованими на розчині Ліпосаму (5мл/л). Позакореневу обробку біостимуляторами проводили у фазу бутонізації в дозах рекомендованих виробником. Відбір рослинних зразків та проб проводили у фази 2-3 пари прилистків, 5-6 пар прилистків, бутонізації, цвітіння та бобоутворення. Площу листового апарату вимірювали сканографічно програмою LeafSquare 2.0 та визначали індекс листової поверхні (ІЛП). Вміст хлорофілу визначали флуориметрично за допомогою N-тестеру. Розраховували чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) за Третьяковим Н.Н. Облік біологічної врожайності посівів гороху проводили відповідно до загальноприйнятих в агробіології методик. Результати дослідів опрацьовано статистично.

Передпосівна обробка насіння гороху біостимуляторами Стимпо та Регоплант вже в фазі 2-3 пар прилистків дозволила збільшити ІЛП в 1,6 та 1,8 рази, відповідно. В подальшому онтогенезі, у фази цвітіння та бобоутворення зафіксовано активне формування площі листової поверхні рослин гороху оброблених біопрепаратами, для яких ІЛП перевищувало в 1,5-1,7 рази за дії Стимпо та в 1,2-1,6 рази за дії Регопланту порівняно з контролем. Вміст хлорофілу в листках гороху за дії біостимуляторів змінювався неоднозначно. Так, в період вегетативного розвитку Стимпо та Регоплант збільшували вміст хлорофілу в середньому на 3,0% та 3,7% відповідно. Протягом генеративного періоду, вміст хлорофілу залишався підвищеним на 2,2-7,4% за дії біостимуляторів. Проте, у фазі бобоутворення даний показ-

ник у рослин дослідних варіантів незначно знижувався порівняно з контрольними значеннями. Встановлено, що в умовах 2016 року досліджувані біостимулятори не сприяли зростанню ЧПФ на початкових етапах вегетації гороху. Позакореневі обробки біопрепаратами покращували параметри та функціонування фотосинтетичного апарату рослин гороху, тому за дії Стимпо та Регопланту у фази цвітіння та бобоутворення ЧПФ перевищувала контрольні показники від 6,3% до 20,0%. Використання Стимпо та Регопланту викликало збільшення кількості бобів на рослині на 22% та 34%, а маси 1000 насінин на 5% та 6% відповідно. Як результат, за дії Стимпо біологічна врожайність гороху зроста на 24%, а за дії Регопланту - на 30% порівняно з врожайністю контрольних посівів (2,9 т/га).

Використання біостимуляторів Стимпо та Регоплант в умовах Південного Степу України покращували параметри та функціонування фотосинтетичного апарату рослин гороху, що вірогідно збільшило біологічну врожайність посівів.

Plohovska S., Yemets A.I., Blume Ya.B.

STUDY OF SPATIAL ORGANIZATION OF PLANT ACTIN FILAMENTS AFTER COLD TREATMENT BY MICROFILAMENT ANALYZER PROGRAM

Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine
Osipovskogo str., 2a, Kyiv, 04123, Ukraine,
e-mail: svetaplohovska@gmail.com

The actin cytoskeleton is a network of filamentous proteins that functions in diverse cellular processes in plants. In plant cells, several cellular processes depend on, or are coincident with, reorganization of the actin cytoskeleton, including cell division and differentiation, cell shape determination, organelles movement, cell wall deposition, light-induced plastid migration, wound repair and response to pathogen attack. Low temperature is one of the most important abiotic factors limiting growth and development in plants. In a number of studies it has been shown that low temperature leads to significant changes in the organization of microtubules and microfilaments, including their depolymerization. The MicroFilament analyzer (MFA) program detects the filamentous structures on the image and identifies the main orientation(s) within individual cells, and it has been used for several studies on analysis of microtubule organization. Our research demonstrates the use of MFA program to study the organization of actin filaments in different cells of *A. thaliana* roots under cold action.

Four-days-old seedlings of *A. thaliana* (L.) Heynh. line expressing the chimeric gene 35::GFP-ABD2-GFP were used in the experiments. For visualization of actin filaments in different types of root cells of *A. thaliana* (GFP-ABD2-GFP) seedlings the confocal laser scanning microscope LSM 510 META was used. To analyze the microfilaments' orientation after exposure to temperatures +4° and +0.5°C MFA software has been applied.

The effect of low temperatures on the organization of actin filaments (microfilaments) of cells from different growth zones has been studied in the roots of *A. thaliana*. It was found that cold treatment inhibits the growth of the primary root and changes its morphology, causing a formation of large number of deformed (ectopic) root hairs in differentiation zone (+4°C) and causes an anisotropic increase in the diameter of epidermal cells in elongation zone (+0.5°C). The temporal relationship between the disorientation and the organization of actin filaments and the detected changes of root growth and morphology after cold treatment was estimated. It has been found that actin fila-

ments of root hairs, meristematic cells, cells of elongation zone, and epidermal cells of all root zones of *A. thaliana* are the most sensitive to the cold. Previously, it was shown that microfilaments remained intact in the cytoplasm of the pollen tubes of tobacco (*N. tabacum*) after exposure to +4°C, while microtubules were destroyed under these conditions. After exposure of BY-2 cell culture (*N. tabacum*), there was a violation of the organization of actin filaments at 0°C followed by the formation of a disordered network of microfilaments and their partial depolymerization. The organization of actin network was disrupted and microfilaments depolarized in the cells of winter rape culture under the influence of low temperature. The analysis by MFA showed that cold stress and exposure time are important factors affecting the orientation of actin filaments. We found that not only the dynamic dilution of actin network and polymerization/depolymerization of actin in cells of different zones of the root apex occurs, but microfilament orientation changes also after cold treatment.

Using MFA software to determine the effects of low temperatures on microfilaments is essential for a more accurate and detailed understanding of cold effect on the behavior of these filamentous structures in *A. thaliana* in a quickly and standardized manner.

Reshetnik G., Sisolyatin D.

ADAPTOGENIC IMPACT OF EPIN EXTRA ON *CUCUMIS SATIVUS* L. SEEDLINGS GROWTH UNDER CADMIUM STRESS

V.I. Vernadsky Crimean Federal University
4, Vernadskogo Prospekt, Simferopol, Republic of Crimea, Ukraine, 295007
e-mail: levina.galya.60@mail.ru

Technological development of mankind has brought not only an improvement the life quality, but also significant problems, the most harmful of which is environmental pollution, including heavy metals. One of the most toxic metals for all living organisms is cadmium. The possible way to reduce the content of heavy metals in agricultural products could be a plant treatment with growth regulators. Currently, brassinosteroids are considered as effective endogenous growth regulators with growth-stimulating and stress-protective activity.

The aim of our research was to study the effect of Epin Extra preparation on seed germination and the catalase activity for the *Cucumis sativus* L. variety Phoenix Plus under the influence of cadmium acetate. To achieve this goal, prior it was necessary to determine the optimal concentration of Epin Extra, exposure time for the presoaking seeds treatment, and the activity of the catalase in germinating seeds under the action of various concentrations of cadmium acetate.

The research was carried out with seeds of *C. sativus*, presoaked in a 0.05% solution of the Epin Extra and germinated in cuvettes on a filter paper with addition different concentration of cadmium acetate (10^{-2} - 10^{-4} M, 100 μ M and 250 μ M), control – tap water. Seed were presoaked with Epin Extra during 4 hours. The energy of germination and germination percentage of cucumber seeds were determined according to GOST 12038-84, catalase activity determined by the gas-metric method.

As a result of the laboratory experiments, a positive anti-stress effect of the Epin Extra on the germination of *C. sativus* seeds and catalase activity under cadmium acetate impact.

Germination of seeds in solutions with various concentrations of cadmium acetate was inhibited from the first days of experiment. At the concentration 10^{-2} M, seed germi-

nation was completely inhibited. Germination percentage at the 10^{-3} M cadmium acetate was 65%, at 10^{-4} M – 73%. Seed pretreatment with Epin Extra increased this parameter for 20%.

Investigating of the cadmium acetate effect on catalase activity in germinating seeds of *C. sativus* revealed that enzyme activity depends on the metal concentration. There is a direct correlation between the decrease of catalase activity and the degree of a cadmium acetate increase in the seed germination solution. Seeds presoaking in a 0.05% solution of Epin Extra stimulated the enzyme activity during the germination.

Thus, research showed that *C. sativus* seeds pre-treatment with the growth regulator Epin Extra has a positive effect on metabolic processes, stimulates physiological processes in germinating seeds under the cadmium acetate influence.

Шевченко В.В., Бондаренко О.Ю.

ВИВЧЕННЯ ТЕРМОСТІЙКОСТІ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ З РІЗНОЮ ЧУТЛИВІСТЮ ДО ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
e-mail: biochemkiev@ukr.net

Shevchenko V.V., Bondarenko O.Yu. STUDY OF THERMAL RESISTANCE OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS IN WINTER WHEAT VARIETIES WITH DIFFERENT SENSITIVITY TO ELEVATED TEMPERATURES. Structural and functional changes in the photosynthetic apparatus of winter wheat varieties differing in heat resistance were studied. The short-term (5 minutes) heating in the range 25-45°C was carried out for chloroplasts isolated from leaves of 4 winter wheat varieties. All heated chloroplasts showed changes in the spectral parameter $k=A_{680}/A_{850}$ and Fv/Fm. Particularly strong and stable changes observed during heating to 40-45°C. The intensity of the k changes coincided with the preliminary estimate of thermal stability for different varieties of winter wheat.

Температура оточуючого середовища є важливим фактором, який безпосередньо впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Навіть підвищення середньої температури за сезон вегетації на 1 °C призводить до втрати врожайності на 17 %, що стає особливо актуальним в умовах глобального потепління клімату. Добре відомо, що фотосинтетичний апарат рослин дуже чутливий до підвищених температур. Вважається, що процес фотосинтезу, який забезпечує рослини енергією та асимілятами, значною мірою визначає стійкість рослин до стресу. Раніше нами, на хлоропластах гороху, було показано, що за дії короткочасного прогріву відбувається зменшення розмірів хлоропластів, яке обумовлене перебудовою гранальної системи, та співпадає із зміною функціональної активності. Зменшення розмірів може бути легко оцінено за зміною спектрального параметру ($k=A_{680}/A_{850}$). Оскільки різні сорти озимої пшениці відрізняються за чутливістю до підвищеної температури, то актуальним є вивчення зв'язку між стійкістю рослин і змінами фотосинтетичного апарату на різних фазах вегетації. Метою роботи було вивчити зміни фотосинтетичного апарату у сортів озимої пшениці з різною чутливістю на різних фазах онтогенезу за дії підвищених температур. Проведено короткочасний (5 хв) прогрів в діапазоні 25-45 °C хлоропластів 4-х сортів озимої пшениці, виділених з листків, відібраних на різних фазах вегетації. За спектрами поглинання

хлоропластів розраховані зміни параметру k (структурні перебудови), та функціональної активності за показником F_v/F_m . Всі прогріті хлоропласти показали зміни спектрального параметра k , та F_v/F_m . Особливо значні та стабільні зміни виявлені при прогріві 40–45 °C. Ступінь структурних та функціональних змін співпадали. За змінами спектрального параметру сорти озимої пшениці розташувались наступним чином: «Перлина лісостепу» (оцінка жаро-посухостійкості 5–6 балів) – 37%, «Достаток» (7–8 балів) – 28%, «Подольнка» (8 балів) – 26%, «Одеська 267» (9 балів) – 25%. Порядок розташування сортів залишався однаковим на всіх фазах вегетації. Інтенсивність змін фотосинтетичного апарату за дії високих температур співпадає з оцінкою жаро-посухостійкості сортів озимої пшениці. Спектральний параметр k може бути використаний для швидкого скринингу сортів озимої пшениці на термостійкість.

Shevchenko G., Talalaiev A.

MECHANISMS PROMOTING GENOME STABILITY IN PLANTS FROM CHERNOBYL ZONE

Institute of Botany, Cell Biology Department, 2, Tereshchenkivska St., Kiev, Ukraine
e-mail: g_shevchenko@botany.kiev.ua

30 years have passed after Chernobyl nuclear explosion but, despite of chronic radiation, flora and fauna in the Exclusion zone continue to flourish, evidencing the adaptation of plants and animals to genotoxic environment. One of the immediate targets of radiation is the genetic material, DNA and active vegetation in Chernobyl means that genome of plants is somehow protected from the damage caused by radiation and heavy metals in soil. In connection with the above we find it important to investigate DNA-damage response (DDR) in plants from Chernobyl zone and find out which DNA-protective mechanisms are involved in plant genome stabilization.

A. thaliana accessions were collected in sites with different level of radioactive pollution starting from 0.5 to 9 $\mu\text{Sv/h}$. Growth tests were performed on MS medium with addition of ranged concentrations of CdCl_2 and bleomycin the highest concentration of which were sublethal. DNA damage response was evaluated by investigating expression of certain genes from DNA-repair and cell cycle regulation pathways. For this purpose qPCR has been applied.

Our investigations show that *Arabidopsis thaliana* from Chernobyl zone tolerate DNA damaging agents such as heavy metal (Cd) and bleomycin much better than control plants from non-polluted areas. qPCR reactions have shown up-regulation of genes involved in DNA damage response, signal transduction pathways which sense DNA breaks and initiate cellular responses. Interacting signaling pathways of DDRs activate DNA repair, cell-cycle checkpoints and cell death to remove or tolerate lesions in genetic material. In our experiments, expression of ATR/ATM kinases was increased after bleomycin treatment suggesting role of ATR/ATM-dependent pathways in genome stabilization under above conditions. Downstream expression of *CycB1:1* gene means involvement of cell cycle regulation in plants grown in chronic radiation environment. Several DNA repair pathways are known to exist in plants, among them homologous recombination (HR) and non-homologous end joining (NHEJ) play the key role. Besides, plants exposed to genotoxins show various levels of cell degradation. We continue investigations on gene expression from different DNA repair pathways as well as cell

cycle regulation and study of PCD hallmarks in order to reveal the mechanism of plant tolerance to genotoxins in anthropogenically contaminated areas.

ATR/ATM-dependent pathways take part in signaling of DNA damage in *A.thaliana* collected in Chernobyl zone. Homologous recombination (HR) and non-homologous end joining (NHEJ) are involved in genome stabilization in above plants.

Гришко В.М.¹, Шкабара А.А.²

УМІСТ ПРОДУКТІВ ПЕРОКСИДАЦІЇ В ЛИСТКАХ І КОРЕНЯХ КУКУРУДЗИ ЗА СУМІСНОЇ ДІЇ ІОНІВ КАДМІЮ, НІКЕЛЮ І ЦИНКУ

¹Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України, вул. Маршака., 50, Кривий Ріг, 50089, Україна

²Криворізький педагогічний університет, пр. Гагаріна, 54, м. Кривий Ріг, 50086, Україна.
e-mail: anet12191@gmail.com

Gryshko V., Shkabara A. CONTENT OF PEROXIDATION PRODUCTS IN SHEETS AND CORNERS OF CORN WHEN JOINT ACTION OF CADMIUM, NICKEL AND ZINC IONS. The intensity of processes of lipid peroxidation in the roots of 10-day corn seedlings was 1.5 times higher than in leaves. This is due to the peculiarities of the accumulation of metal ions. In the experiments, the intake of ions through the roots of the germs was simulated. In sprouts grown in a medium of 10^{-5} M cadmium ions, 10^{-4} M nickel and 10^{-4} M zinc, the amount of TBA active products in the roots increased 3-fold. In these embodiments, the experience in leaves intensity of lipid peroxidation was increased 2-fold.

Провідним показником фізіологічної стійкості живих організмів до дії важких металів вважаються інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), які характеризують кількість ТБК-активних сполук. Рівень яких на думку багатьох дослідників свідчить про певну фізіологічну стійкість рослин до поодинокі дії важких металів. Проте особливості розвитку вільнорадикальних реакцій за сумісної дії сполук цинку, нікелю і кадмію майже не вивчалися. Тому метою роботи було визначення за інтенсивністю процесів ПОЛ за комплексного внесення до середовища вирощування рослин вищезазначених елементів.

У модельному вегетаційному експерименті використовували проростки *Zea mays* L. гібриду Бліц-160 МВ. Насіння пророщували в термостаті на дистильованій воді при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ до появи корінців довжиною 0,5-1 см. На 4 добу проростки висаджували у контейнери з дистильованою водою і ставили до фітотрону при освітленні 15000 люксів впродовж 16 год на добу при $+25^{\circ}\text{C}$. На 6 добу один з контейнерів залишали як контрольний, а в інші вносилися Ni^{+2} і Zn^{+2} у концентраціях 10^{-6}M і 10^{-4}M та Cd^{+2} – 10^{-6}M і 10^{-5}M відповідно. Як джерело важких металів використовували сполуки $3\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Рослинний матеріал відбирався на 10 добу вирощування і визначали вміст ТБК-активних продуктів.

Отримані результати свідчать, що за сумісного внесення важких металів у середовищі вирощування у проростків кукурудзи спостерігалось накопичення вторинних продуктів пероксидації – ТБК-активних сполук. Так, інтенсивність процесів ПОЛ у коренях кукурудзи була у 1,5 рази вищою, ніж у листках, що пов'язане з характером накопичення і розподілом полютантів. У дослідах моделювався коре-

невий шлях надходження важких металів тому рівень їх акумуляції був вищим в коренях, ніж у лисках. Високі рівні ТБК-активних сполук у коренях проростків спостерігалися за присутності в середовищі вирощування іонів кадмію 10^{-5} М, нікелю 10^{-4} М та цинку 10^{-4} М – уміст вторинних продуктів перевищував показники контролю майже втричі. На відміну від цього, в надземній частині кількість ТБК-активних сполук зростала у 2 рази порівняно з контролем за дії максимальних концентрацій цинку та нікелю. Мінімальні концентрації всіх токсикантів в різних варіантах дослідження індукували зростання рівня вільнорадикальних реакцій лише на 20-40% як у коренях, так і в надземній частині.

Підсумовуючи зазначимо, що вищевказаний характер розвитку оксидативного стресу пов'язаний з тим, що більша кількість досліджуваних важких металів переважно акумулювалась в тканинах кореня і в меншій кількості надходила до надземної частини проростків.

Shysh S.N., Shutava H.G., Mazets Z.E.*

**BIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION
OF MILLIMETER RANGE ON MEDICINAL AND AGRICULTURAL CROPS
ON THE EARLY STAGES OF ONTOGENY**

Central Botanical Gardens, NAS of Belarus, Surganova st., 2V, Minsk, Belarus, 220012
*Belarusian State Pedagogical University n.a. M.Tank, Sovetskaya st., 18, Minsk, 220050

e-mai: svetlana.shysh@gmail.com

This article describes the influence of low-intensity electromagnetic radiation of the millimeter range on *Calendula officinalis* L. plants. Species-specific influence of the exposure depending on the frequency and time on the level of certain plant hormones, activity of antioxidant enzymes, accumulation of phenolic compounds and, as a consequence, on the growth processes on the early stages of ontogeny has been described.

We evaluated the effect of EMR on the early, and therefore, the most vulnerable the subcellular to the organismic. Understanding of this problem will allow for deliberate use of EMR for more complete realization of the potential inherent of living organisms.

Medicinal plant *Calendula officinalis* L. variety 'Machrovii 2000', Belarus was chosen for the study. Microwave electromagnetic radiation in two frequency ranges was selected to study the physical effects on the seeds of the mentioned above plants: wide range mode (the processing frequency of 53,57-78,33 GHz with the treatment exposure times of 20 min (R1), 12 min (R1.1), and 8 min (R1.2) and narrow range mode (the processing frequency of 64,00-66,00 GHz with the same treatment exposures of 20 min (R2), 12 min (R2.1), 8 min (R2.2). Seed treatment was carried out at the Institute for Nuclear problems of Belarusian State University in a laboratory microwave installation for seed treatment in a wide frequency range (37 to 120 GHz) with infinitely adjustable power from 1 to 10 mW. The evaluation of germination and seedling morphometric parameters was carried out on the 7th and 14th days of the experiment. The activity of peroxidases (PO), catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) were evaluated. Free phytohormones, indole-3-acetic acid (IAA), abscisic acid (ABA), and zeatin riboside (ZR), were quantified in the above-ground parts of 7-day-old *Calendula officinalis* seedlings by enzyme immunoassay (EIA) using specific to ZR, IAA, ABA rabbit sera and anti-rabbit antibodies that were labeled with peroxidase.

Specific effects of EMR of the narrow and wide frequency ranges on *C. officinalis* plants were observed. EMR in the narrow frequency range causes an increase of all studied hormones, particularly ZR, and the highest one was observed in Mode R2.1. A reduction of the IAA level was observed only in R1.2. It is also found that EMI caused a change in the ratio of phytohormones in the juvenile plants. ZR content relative to ABA in juvenile seedlings was maximal after 12 min exposure in both frequency bands, while EMR treatment for 20 min reduced the level of ZR as compared to IAA, but the total value was higher than that for the control. It was found that EMI caused a slight increase in the level of ABA from 6 to 48%, increased the contents of IAA and ZR, and thus exhibited the growth promoting and protective effect. Used EMR modes lead to the stimulation of growth processes in seedlings. However, if the seedling/root growth ratio is taken into account one can reveal that the growth processes in length and mass in all the modes except R1.2 were shifted towards the roots. The correlation between the mass of calendula seedlings and the level of ZR was revealed, i.e. increasing the amount of ZR reduced the average weight of the germ. A decrease of the PO level was observed under all the processing conditions and this effect increased by 14th day. Whereas the activity of CAT increased in the treated plants. SOD activity in the control decreased from the 7th to 14th day by a factor of 2 while EMI processing in R1 and R2 led to an increase in the enzyme activity. An increased level of phenols relatively to control was found on the 14th day. The maximum increase was observed on the 7th day for 8 min exposure in the narrow range mode and on the 14th day for 12 min exposure in two frequency bands.

All EMR modes decreased the activity of PO to varying degree. It was found that the minimum exposure increased CAT activity on 20% compared to control, and after the maximum time (20 min) the discussed parameter was sharply reduced by 43%.

Скрипка Г.¹, Китаєв О.², Кривошопка В.²

ВОДОУТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ ЛИСТКІВ РОСЛИН PHLOX PANICULATA L. В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

¹Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна
e-mail: anna_skripka@bigmir.net

²Інститут садівництва НААН України, м. Київ-27, вул. Садова, 23, 03027, Україна
e-mail: oleg_kitayev@mail.ru

Skrypka G.¹, Kytayev O.², Kryvoshapka V.² WATER RETENTION PROPERTIES OF PHLOX PANICULATA L. IN THE FOREST STEPPE CONDITIONS OF UKRAINE.

Water-retention capacity of *Phlox paniculata* L. plant leaves was studied under the forest steppe conditions of Ukraine. The rate of weight loss within 24 hours of air-dry exposure was analyzed to identify drought-resistant varieties. The varieties Tenor and Poliarnyi were determined to be the most drought-resistant.

На сьогодні у квітникарстві все більшою популярністю користуються рослини *Phlox paniculata* L., які належать до родини Polemoniaceae L. de Jussieu, порядку Polemoniales, роду *Phlox* L. (Takhtajan, 2009). За різними даними загальна кількість сортів налічує від 2000 до 3000 [Бутенкова, 2014]. Для їх успішної інтродукції велике значення має вивчення не лише декоративних ознак, а й господарсько-біологічних особливостей, зокрема - стійкості до абіотичних факторів довкілля.

А враховуючи глобальні та мікрозональні зміни клімату питання адаптивності рослин до водного стресу набуває все більшої актуальності (Дрозд, 2007).

Лабораторну оцінку потенціалу посухостійкості рослин *Phlox paniculata* проводили за методикою Г.В. Єрьоміна і Т.А. Гасанової (Еремін, 1999). Упродовж 2, 4, 6 і 24 год. відслідковували водоутримуючу здатність листків рослин 11 сортів *Phlox paniculata*: Tenor, Rembrandt, Novinka, Fujiyama, Detstvo, Mohuchii, Poliarnyi, Holubka, Panianka, Fiosin, Katharine. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за рекомендаціями Г.М. Зайцева (Зайцев, 1984), методами дисперсійного і кореляційного аналізів за Б.О. Доспєховим (Доспєхов, 1985) із застосуванням комп'ютерної програми обробки даних «AGROSTAT» (1996) та пакету програм «Microsoft Office» (12.0).

У процесі експерименту у перші 2 год. найменшою втратою ваги вирізнялися рослини сортів Tenor, Detstvo і Mohuchii. Ці ж сорти характеризувалися найменшою швидкістю її втрати. Найвищі показники втрати ваги відмічено у рослин сортів Fujiyama, Fiosin і Holubka. Через 4 год. повітряно-сухої експозиції найважчими виявились зразки сортів Tenor, Detstvo, Mohuchii, Katharine і Poliarnyi, найлегшими – Fiosin і Rembrandt. За 6 год. експерименту найповільніше втрачали вагу рослини сортів Tenor і Poliarnyi, найшвидше – Rembrandt і Fujiyama. Через 24 год. повітряно-сухої експозиції відмічено майже повне висихання зразків усіх досліджених сортів.

У результаті дослідження водоутримуючої здатності листків *Phlox paniculata* L. за умов повітряно-сухої експозиції упродовж усього експерименту виявлено, що найповільніше втрачають воду рослини сортів Tenor і Poliarnyi, найшвидше – рослини сортів Rembrandt і Fujiyama, що зумовлено генетичними особливостями рослинних організмів. Таким чином, найбільш посухостійкими можна вважати рослини сортів Tenor і Poliarnyi. Результати досліджень можуть бути використані у селекційному процесі для підбору батьківських форм в якості донорів посухостійкості для створення високо адаптивних сортів *Phlox paniculata* L. в у мовах Лісостепу. Слід зауважити, що це первинні результати, тому в подальшому дослідження будуть продовжені за різних метеорологічних умов вегетаційних періодів.

¹Yastreb T., ^{1,2}Kolupaev Yu., ³Dmitriev O.

REACTIONS OF ARABIDOPSIS *jin1* MUTANTS ON ACTION OF ABSCISIC ACID AND SALT STRESS

¹V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University
p/o Dokuchaevske-2, Kharkiv, 62483, Ukraine
e-mail: plant_biology@ukr.net

²V.N. Karazin Kharkiv National University
Svobody sq., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine

³Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of NAS of Ukraine,
148 Akademika Zabolotnoho St., 03143, Kyiv, Ukraine
e-mail: dmyt@voliacable.com

It has been reported recently that the transcription factor (TF) JIN1/MYC2 was involved not only in jasmonate signaling, but also in the realization of some abscisic acid (ABA) effects in plant cells. Like jasmonic acid ABA could enhance AtMYC2 gene expression (Lorenzo et al., 2004). It turned out that in Arabidopsis jasmonate-insensitive mutants the growth-inhibiting effect of exogenous ABA was poorly manifested (Yadav et al., 2005).

As it known ABA controls a number of physiological reactions which are important for plant adaptation to abiotic stressors, including salinity. Among them there are activation of the antioxidant system, increased accumulation of proline and changes in the stomata state. However, we did not find in literature any experimental data about MYC family transcription factors role in ABA-induced development of these adaptive responses.

The aim was to study a possible participation of TF JIN1/MYC2 in ABK-induced changes in stomata state, content of proline and antioxidant enzymes activity in Arabidopsis plants at normal conditions and under salt stress.

We used 5 weeks-old *Arabidopsis thaliana* L. plants of wild type (*Col-0*) and mutant line *jin1* defective in the JIN1 gene encoding the TF protein JIN1/MYC2. The plants were grown in water culture on Hoagland medium with modifications. 10 μ M ABA was added to the growth medium and the plants were incubated for 24 hours. After the ABA treatment time, the plants of both genotypes, treated and nontreated with the hormone, were subjected to salt stress by transferring for 24 h to the medium supplemented with 200 mM NaCl.

Treatment of leaves' epidermis with ABA (10 or 100 μ M) caused the closing of stomata in *Col-0* plants but almost not affected on stomatal aperture in *jin1* mutants. Salt stress caused a reduction in the water content in leaves of plants of both genotypes. Adding 10 μ M ABA into growing medium contributed to maintaining normal hydration in wild-type, but not in *jin1* plants under salt stress. ABA treatment caused an almost two fold increase in proline content in the leaves of plants of both genotypes under normal conditions. Pre-treatment with the phytohormone contributed to enhancing of proline content in wild-type plants under salt stress and had much less significant effect on its amount in *jin1* plants. Under optimal conditions ABA increased the catalase activity in wild-type plants and both ABA-treated genotypes showed increased activity of superoxide dismutase (SOD). Under salt stress conditions higher activity of SOD, catalase and guaiacol peroxidase was observed in ABA-treated wild-type plants, but not in *jin1* mutants.

The data obtained suggest that transcription factor JIN1/MYC2 took part in the formation of some ABA-induced physiological reactions of Arabidopsis plants.

¹Жук І.В., ¹Дмитрієв О.П., ²Лісова Г.М., ²Кучерова Л.О.

УЧАСТЬ ФЕРУЛОВОЇ КИСЛОТИ ЯК БІОТИЧНОГО ЕЛІСИТОРА В ІНДУКУВАННІ СИСТЕМОЇ СТІЙКОСТІ РОСЛИН *TRITICUM AESTIVUM* ДО *ALTERNARIA* SPP.

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
вул. акад. Заболотного, 148, м. Київ, 03680

e-mail: iren_v_zhuk@ukr.net

²Інститут захисту рослин НААН України
вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022

e-mail: mail_gl@ukr.net

Zhuk I.V., Dmitriev A.P., Lysova G.M., Kucherova L.O. THE ROLE OF FERULIC ACID AS BIOTIC ELICITOR IN ELICITATION OF SYSTEMIC RESISTANCE IN *Triticum aestivum* AGAINST *Alternaria spp.* Ferulic acid plays an important role in plant cell wall strengthening and could serve as biotic elicitor – compounds that activate plant systemic resistance against fungal pathogens. It was shown that ferulic acid induced defense responses in winter wheat cv Poliska 90 against *Alternaria spp.* Elucidation of biochemical nature of these defense responses revealed activation of antioxidant system, namely - increased peroxidase activity for lignin biosynthesis

Індукування системної стійкості рослин до збудників найбільш поширених захворювань за допомогою біотичних еліситорів – екологічно безпечний та перспективний напрям у рослинництві. Зараз ведеться пошук нових еліситорів, ефективних у практичному застосуванні. Ферулова кислота входить до складу лігніну і може виступати в ролі ініціатора його синтезу для зміцнення клітинної стінки рослини, що перешкоджає просуванню інфекційних гіф фітопатогенних грибів.

Метою роботи було дослідження здатності ферулової кислоти індукувати системну стійкість рослин пшениці (*Triticum aestivum* L.) проти збудника септоріозу.

Об'єкт досліджень - сорт озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. – Поліська 90. Оригіатор сорту – ННЦ "Інститут землеробства НААН України". У польових дослідках в умовах Правобережного Лісостепу України рослини пшениці обприскували 0,1 мМ водним розчином ферулової кислоти у фазі виходу в трубку. Діагностовано природний інфекційний фон збудника альтернаріозу *Alternaria spp.* В якості маркера індукованої стійкості визначали активність пероксидази в прапорцевих листках за методом Сіверс. У фазі молочно-воскової стиглості зерна вимірювали морфометричні параметри – висоту рослин, довжину прапорцевого листка та ін. Після збору врожаю проводили його аналіз. Повторність дослідів триразова. Результати обробляли статистично з використанням ANOVA.

Показано, що при ураженні збудником альтернаріозу – однієї з найбільш небезпечних плямистостей – у попередньо оброблених еліситором рослин зростала активність пероксидази. Відзначено стимуляцію росту стебла та видовження прапорцевих листків, а також - підвищення продуктивності рослин за рахунок формування більшої кількості виповнених зерен.

Одержані дані свідчать, що ферулова кислота здатна виступати в ролі біотичного еліситора, індукуючи активацію антиоксидантної системи захисту пшениці, що є ключовим моментом для розвитку системної стійкості проти ураження фітопатогенними грибами.

Бесарабчук І.

СУДИННІ РОСЛИНИ ТЕРИТОРІЇ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ МІСТА ЛУЦЬКА (УКРАЇНА)

Східноєвропейський національний університет ім. Л. Українки
пр-т. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., 43025, Україна
e-mail: i.besarabchuk@bk.ru

Besarabchuk I. VASCULAR PLANTS OF THE TERRITORY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF LUTSK CITY (UKRAINE). As a result of conducted field researches annotated listing of the flora of the territory of industrial enterprises of Lutsk city was made. It includes 307 species which belong to 54 families. Principal families are *Asteraceae*, *Poaceae* and *Fabaceae*. 6 invading species are in the condition of expansion – *Ambrosia artemisiifolia*, *Helianthus tuberosus*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Conyza canadensis*, *Xanthium strumarium* та *Echinocystis lobata*.

Невідомою частиною економічно розвинених міст є широке розповсюдження техногенних екотопів, утворення яких спричинює трансформацію природних екосистем. Сформовані таким чином екотопи характеризуються специфічними

екологічними умовами і є місцем первинного становлення та розвитку рослинного покриву (Глухов, Хархота, Прохорова, Агурова, 2012). Така флора не має природних аналогів, оскільки в техногенних екотопах спостерігається не трансформація місцевої флори, а формування зовсім нового її типу на основі місцевих і прийдешніх видів (Бурда, 1991). Саме тому флористична та геоботанічна зацікавленість техногенно-трансформованими територіями неухильно зростає (Хархота, 1977, 1978; Хархота, Назаренко, 2002; Тохтарь та ін., 2003; Тохтарь, 2005; Агурова, 2006; Глухов та ін., 2011), підтвердженням чого є створення бази даних по фіторізноманітності техногенних екотопів (Глухов, Прохорова, Хархота, 2009).

Матеріалами роботи слугували власні польові дослідження, що проводились маршрутним методом на території промислових підприємств м. Луцька. Адвентивні види рослин з високою інвазійною спроможністю виділяли із загального списку видів інвазійних рослин флори України за В. В. Протопоповою, С. Л. Мосякіним, М. В. Шеверю (2002).

У місті Луцьку функціонує 55 промислових підприємств (Мольчак, Фесюк, Картава, 2003), вони зосереджені переважно по периферії міста Луцька і формують три промвузла – північний, південний та східний (Генеральний план м. Луцька, 2013). За нашими даними загальна флора територій промислових підприємств нараховує 307 видів з 85 родів і 54 родин, які відносяться до 3 класів (*Equisetopsida*, *Liliopsida* *Magnoliopsida*). У спектрі родин досліджуваної флори перших три місця займають *Asteraceae* Dumort. (74 види), *Poaceae* Barnhart (33 види) та *Fabaceae* Lindl. (30 видів). Далі за ними йдуть *Brassicaceae* Burnett (17 видів), *Polygonaceae* Juss. (14 видів), *Lamiaceae* Lindl. (13 видів), *Rosaceae* Juss. (12 видів) та *Apiaceae* Lindl. (10 видів), інші родини є менш видовими. Домінантними родами виступають *Trifolium* L., *Vicia* L., *Polygonum* L., *Chenopodium* L., *Rumex* L., *Potentilla* L. та *Crepis* L.. До видів, які поширені на всіх трьох промвузлах належать: *Centaurea jacea* L., *Vicia cracca* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic., *Dactylis glomerata* L., *Chenopodium hybridum* L., *Medicago falcata* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Setaria pumila* (Poiret) R. & Sch. та ін.

Із загальної флори території промислових підприємств виокремлено групу з 35 адвентивних видів рослин з високою інвазійною спроможністю, які відносяться до 13 родин (найчисельнішими є *Asteraceae* та *Brassicaceae*). У стані експансії знаходяться такі види, як *Ambrosia artemisiifolia* L., *Helianthus tuberosus* L. та *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen – на північному та східному, *Conyza canadensis* (L.) Cronq. – на північному та південному, *Xanthium strumarium* L. та *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray – на східному промвузлах. Дані види рослин активно поширюються, порушуючи природну цілісність фітоценозу.

Отже, досліджувана флора території промислових підприємств м. Луцька налічує 307 видів, серед яких відмічено багато адвентивних видів. Інвазійні види відмічені в усіх флорокомплексах рослинного покриву досліджуваної території.

Бурда І., Шевчук О., Ільчишин О., Величко О.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН ЛЮЦЕРНИ ХМЕЛЕВИДНОЇ З МЕТОЮ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
e-mail: oksvell@gmail.com

**Burda I., Shevchuk O., Il'nytskyi O., Velychko O. THE PERSPECTIVES OF
MEDICAGO LUPULINA PLANTS WITH THE PURPOSE OF OIL POLLUTED SOIL
PHYTOREMEDIATION.** It was set the stability of general nitrogen content in the
Medicago Lupulina plants under the influence of oil polluted soil that indicates these
plants' tolerance to the studied conditions. In the oil polluted soil the *Medicago Lupulina*
plants form long roots that permeate upper soil layer, where the main part of resinous
asphaltenes oil components is sorbating.

Проблема деградації ґрунтів унаслідок антропогенної діяльності людини є однією з гострих проблем сьогодення. Щороку збільшуються площі ґрунтів, забруднених унаслідок видобутку і транспортування нафти та нафтопродуктів. Забруднені нафтою ґрунти надовго втрачають властиві їм фізико-хімічні та біологічні властивості. Для відновлення нафтозабруднених ґрунтів використовуються різноманітні рекультиваційні методи, кожен з яких має як переваги, так і недоліки. У останні роки значної популярності набули методи фітореємедіації, які полягають у покращенні властивостей ґрунту за рахунок росту у ньому вищих рослин. Основною вигідною перевагою фітореємедіаційних методів є те, що рослинні організми, адаптувавшись до екстремальних ґрунтових умов, стають постійними учасниками позитивних змін у ґрунті. Ремедіантами нафтозабруднених ґрунтів можуть бути толерантні до цих умов рослини.

Досліджували толерантність до умов нафтозабрудненого ґрунту рослин люцерни хмелевидної (*Medicago lupulina* L.). Для досліджень використовували дерново-підзолистий суглинковий ґрунт з околиць міста Борислав Львівської області. Ґрунт забруднювали сирією нафтою у кількості 5 %. Контролем слугував ґрунт без нафти.

Відомо, що однією з ознак, яка свідчить про толерантність рослини до дії негативного чинника, є вміст загального Нітрогену: його кількість зменшується у органах чутливих рослин, але залишається стабільною у стійких видів. Наші експерименти показали, що у рослинах люцерни хмелевидної (у коренях та надземній частині) зміни вмісту загального Нітрогену за дії умов нафтозабрудненого ґрунту варіювали у межах похибки. Одержані дані незмінності вмісту загального нітрогену у рослинах люцерни хмелевидної свідчать про толерантність цих рослин до умов нафтозабрудненого ґрунту. У дослідженнях М.В.Довгаяк зі співавторами (Довгаяк-Семенюк, Величко, Терек, 2014) показано стабільність вмісту загального Нітрогену під дією умов нафтозабрудненого ґрунту у органах іншої бобової рослини – конюшини лучної. Автори пропонують використовувати ці рослини для реємедіації нафтозабрудненого ґрунту. Відомо, що у ґрунті відбувається латеральне і радіальне розділення компонентів нафти: у верхньому гумусовому горизонті сорбуються смолисто-асфальтенові речовини (Панасенко, 2007). Нами встановлено, що на відміну від конюшини лучної, рослини люцерни хмелевидної формують

у нафтозабрудненому ґрунті потужніші кореневі системи, які глибше залягають у ґрунті. Завдяки цьому, корені рослин люцерни хмелевидної можуть пронизувати і, таким чином, минати шари ґрунту, де концентрується основна частина компонентів нафти. Ця стратегія уникнення негативних ґрунтових умов може бути однією з вигідних ознак, що забезпечують адаптацію рослин люцерни хмелевидної до умов нафтозабрудненого ґрунту.

Встановлені дані особливостей росту кореневих систем та толерантність люцерни хмелевидної за умов нафтозабрудненого ґрунту вказує на перспективність використання цих рослин у якості фіторемедіантів.

Джура Н., Подан І., Мамчур З.І.

ВПЛИВ ДОВГОТРИВАЛОГО НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ СТАРОСАМБІРСЬКОГО НАФТОВОГО РОДОВИЩА)

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
e-mail: Gjurana@ukr.net

Dzhura N., Podan I., Mamchur Z. THE IMPACT OF THE EXTENDED OIL POLLUTION ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN PLANTS (USING THE EXAMPLE OF STARYI SAMBIR). It has been researched the impact of oil pollution of Staryi Sambir petroleum deposit on photosynthetic pigments content in *Carex hirta* L. and *Taraxacum officinale* Wigg. The increase in chlorophyll *a* and *b* and carotenoid content has been detected. The increase of all the photosynthetic pigments is considered as an index of antioxidant system activation, which is important for the plant photosynthetic apparatus under the stress conditions. It allows recommending these species for the phytoremediation of soils in the regions of oil production.

Довготривалий нафтовидобуток на Старосамбірському нафтовому родовищі (СНР), що на Львівщині, негативно вплинув на всі компоненти екосистем: атмосферне повітря, ґрунт, водні ресурси, рослини. Крім нафтового забруднення, яке виникає при видобуванні, транспортуванні, наповнюванні автоцистерн, розливах нафтопродуктів, ґрунти СНР зазнають додаткового впливу: витоптування й ущільнення автотранспортом, зміни гідрологічного режиму, деградації рослинних асоціацій. Фотосинтез – один із найважливіших фізіологічних процесів рослин, дуже чутливий до токсичних речовин. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках є однією з найвиразніших характеристик адаптації фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих умов довкілля. Поряд з пригніченням фотосинтетичного апарату токсиканти змінюють і пігментний склад листків рослин. Тестування за фотосинтетичними ознаками часто використовують при вивченні впливу різних чинників хімічної і фізичної природи (Косаківська, 1998; Мусієнко, 2001; Таран, 2004).

З огляду на актуальність проблеми, метою роботи було дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів у листках рослин *Carex hirta* L. та *Taraxacum officinale* Wigg. як найпоширеніших на території Старосамбірського нафтового родовища.

У попередніх роботах було виявлено високу токсичність проб ґрунту, відібраних на відстані 10 і 20 м від свердловин №60, 65, 76 СНР і встановлено рівень їхнього забруднення нафтою (Гальчук, Подан, Джура, 2015). Тому для досліджень

відбирали *C. hirta* і *T. officinale* у фазі вегетації, які росли поблизу цих свердловин. Контролем були рослини, відібрані з умовно незабрудненої території. У свіжозібраному рослинному матеріалі визначали вміст фотосинтетичних пігментів за загальноприйнятою методикою (Мусієнко, Паршикова, 2001).

На основі отриманих результатів виявлено збільшення фотосинтетичних пігментів у листках *C. hirta* і *T. officinale*, зокрема збільшення вмісту хлорофілів *a* і *b* удвічі (ділянки біля свердловин СНР №60, 65, 76), а каротиноїдів – утричі щодо контролю.

Вивчення реакцій рослин *Carex hirta* L. та *Taraxacum officinale* Wigg. за дії нафтового забруднення в умовах Старосамбірського родовища вказує на наявність механізмів стійкості на молекулярно-клітинному рівні та адаптацію цих рослин до нафтового стресу, що дозволяє зробити висновок про можливість їхнього використання для фіторе mediaції нафтозабруднених територій.

Кияк В., Білонога В.

ЗАВДАННЯ ОНТОГЕНЕТИЧНИХ І ПОПУЛЯЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ УНИКНЕННЯ ВТРАТ ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ У ВИСОКОГІР'І УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Інститут екології Карпат НАН України
вул. Козельницька, 4, м. Львів 79016, Україна
e-mail: vlodkokyjak@ukr.net

Kyyak V., Bilonoha V. ONTOGENETIC AND POPULATION RESEARCH TASKS FOR THE AVOIDANCE OF PHYTODIVERSITY LOSS IN THE HIGH-MOUNTAINS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS. The rarity phytobiota of the high-mountains of the Ukrainian Carpathians feels unfavourable changes in consequence of climatic change, demutation successions and recreation. The fundamental ontogenetic and population research in pessimum and critical conditions are needed to elaborate some measures aimed at the avoidance of biodiversity loss.

Високогір'я Українських Карпат належить до територій з найвищим популяційно-видовим різноманіттям флори в Україні. Водночас, природні системи альпійського і субальпійського поясів найвразливіші до екзогенних впливів, а відновні процеси тут особливо тривалі. Останнім часом раритетна фітобіота високогір'я Українських Карпат зазнає істотних несприятливих змін під дією низки природних і антропогенних чинників – внаслідок кліматичних змін, демутаційних сукцесій і від наростаючої інтенсивності рекреації. Ці процеси призводять до швидкої перебудови високогірних ценозів. Внаслідок цього, під загрозою деградації й елімінації опинилася велика кількість популяцій і угруповань рідкісних видів флори.

Для встановлення шляхів запобігання їхнього відмирання виникає нагальна потреба в поглибленому науковому опрацюванні онтогенетичних і екологічних властивостей раритетних видів, зокрема на межі їх екологічної толерантності, порівняльному вивченні популяцій на різних стадіях великих життєвих циклів, з'ясуванні їхньої резистентності, буферності й пластичності, адаптаційних можливостей за несприятливих змін середовища існування. Необхідно вивчити особливості онтогенезу особин, структури, динаміки й функціонування популяцій в песимумі й критичних умовах. Це дозволить розробити практичні заходи й нові підходи до охорони, збереження й відновлення популяцій і фітоценозів раритетних видів, які зазнають негативної динаміки, деградації і загрози відмирання.

Для цього потрібно розв'язати такі завдання:

- вивчити зміни онтогенезу особин рідкісних видів рослин внаслідок трансформації середовища їхнього існування;
- дослідити варіабельність і особливості онтогенезу видів різних типів біоморф у оптимальних, песимальних і критичних умовах;
- розробити способи управління онтогенезом рідкісних видів *in situ*;
- дослідити особливості структури, динаміки, репродукції і функціонування популяцій видів високогір'я в умовах песимуму;
- встановити індикаційні ознаки популяцій, які перебувають у стані деградації та під загрозою відмирання;
- з'ясувати стійкість, буферність і пластичність популяцій видів різних життєвих форм;
- дослідити адаптаційні можливості і гомеостатичні механізми популяцій;
- визначити вразливість і здатність до самовідновлення популяцій на різних етапах великого життєвого циклу (популяцій інвазійних, рівноважних і регресивних);
- оцінити вразливість популяцій рідкісних та ендемічних видів унаслідок змін у їхніх оселищах, спричинених антропогенними та природними чинниками;
- встановити напрямки та масштаби змін, яких зазнають різні групи рідкісних видів рослин та їхні оселища, з метою застосування диференційованих способів їх збереження;
- розробити заходи, спрямовані на запобігання, уникнення або мінімізацію втрат фіторізноманіття у високогір'ї Українських Карпат.

Pyurko O.E.

HISTOLOGICAL RESTRUCTURING LEAF PLANTS UNDER THE INFLUENCE POLLUTANT IN THE ZAPOROZHIE REGION

Melitopol State Pedagogical University named by Bogdan Khmelnytsky
st. Hetman, 20, Melitopol, Zaporizhia region, 72312, Ukraine
e-mail: diser03@rambler.ru

The pollution of the biosphere is now global. The extent of the harmful effects of this factor on the biological balance in nature, health and welfare are difficult to evaluate fully. Recently, due to the rapid growth of harmful waste pollution leads to a significant deterioration of various organisms, including plant. Effects of pollutants on plants are the formation of protective and adaptive devices plant organisms, a breach of morphological and structural features.

Plants are the main producers of organic substances on the planet, but in addition, they maintain homeostasis gas atmosphere. Green plants also perform sanitary-hygienic function for protecting the air, soil, water pollution surrounding area of waste production, reduce noise, improve the microclimate. Because air pollution pollutants that dramatically worsen sanitary-epidemiological state of air, particularly in the Zaporizhya region, there are important issues of forming protective and adaptive changes of photosynthetic plants.

Research aim was to determine the influence of air contaminated with pollutants, the histological structure of leaf tree (*Acer pseudoplatanus* L.) and herbaceous plants (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Zaporizhia region. The goal provides the next task - to

investigate the impact of gaseous pollutants features formed as a result of human activities, the anatomical structure of leaves of woody and herbaceous plants that vegetate in Zaporizhia region.

Our studies have shown that pollutants that have accumulated in the atmosphere as a result of metallurgical and chemical enterprises, affecting the internal structure leaves a woody and herbaceous plants by xeromorphy of photosynthetic organs, which is more pronounced in herbaceous plants, which manifests itself in strengthening crumbling leaf platen in *A. artemisiifolia* - by 15-17%, in *A. pseudoplatanus* - 8-10%. There leaf formation izolateral type (in pier *A. pseudoplatanus* mesophyllous is 64-65% of the total thickness of the sheet, in *A. artemisiifolia* - 75-78% of the total thickness of the sheet), the number of layers of columnar parenchyma 8-10% of trees and by 22-25% in herbaceous forms. It has been found that the major epidermal cells change their structure; stomata complexes formed by abnormal increased their number per unit area (10-15% for wood and 16-20% in the grassy representatives respectively). Histological analysis of leaf lamina showed that the size of the cuticle increases by 8-10% in wood and 12-15% in herbaceous species, increased branching tryhome. Plants exposed to pollutants, created some morphological and histological response of photosynthetic responses, and these changes are more pronounced in herbaceous plants (*A. artemisiifolia*), than wood (*A. pseudoplatanus*).

Шандра М., Григорчук І.

АНАЛІЗ ФЕРТИЛЬНОСТІ ПИЛКОВИХ ЗЕРЕН ГІРКОКАШТАНУ ЗВИЧАЙНОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) В РІЗНИХ УМОВАХ М. КАМ'ЯНЦЯ-ПОДІЛЬСЬКОГО

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300, Україна
e-mail: physioplants@mail.ru

Shandra M., Hrygorchuk I. ANALYSIS FERTILITY OF POLLEN GRAINS OF *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF KAMYANETS-PODILSKY. Analysis of pollen sterility of *Aesculus hippocastanum* in different conditions of Kamyanets-Podilsky. The pollen sterility indicator indicates the degree of pollution.

Боіндикаційні дослідження стану навколишнього середовища продовжують бути актуальними. Для виявлення впливу несприятливих факторів довкілля на організм, необхідно проводити моніторингові дослідження із застосуванням різних тест-систем. Важливою ланкою індикації довкілля є дослідження репродуктивних структур рослин, особливо чоловічого гаметофіту, які чутливіші до шкідливих чинників, ніж рослини в цілому.

Об'єктом дослідження були квіткові суцвіття *Aesculus hippocastanum*. Взяття матеріалу здійснено у різних за антропогенним навантаженням точках м. Кам'янець-Подільського: точка 1 – поблизу ДП ВАТ «Кам'янець-Подільський цукровий завод», 2 – поблизу мосту «Лань, що біжить»; 3 – район Ботанічного саду, 4 – поблизу ПАТ «Подільський цемент», 5 – поблизу магазину «Сільпо», що на вулиці Нігинське шосе. Оскільки Ботанічний сад знаходиться на значній відстані від автошляхів з інтенсивним рухом, від підприємств зі значними викидами в навколишнє середовище, дану територію прийняли умовно контрольною.

Взяття зразків пилку проводили в період масового цвітіння з однорічних пагонів дерев. Фертильність і стерильність пилоквих зерен визначали йодним методом виявлення крохмалю у зрілих пилоквих зернах.

В результаті досліджень фертильності пилоквих зерен *A. hippocastanum* L. в різних умовах м. Кам'янця-Подільського було показано, що показник стерильності пилку коливався від 2,8% у Ботанічному саду (умовно чиста територія) до 7,3% поблизу ПАТ «Подільський цемент». Для рослин поблизу ДП ВАТ «Кам'янець-Подільський цукровий завод» цей показник становив 4,8%, а поблизу магазину «Сільпо» і мосту «Лань, що біжить» – 6,2% і 6,5% відповідно. Визначення коефіцієнту стерильності пилоквих зерен *A. hippocastanum* у різних точках м. Кам'янця-Подільського, показало, що його величина коливається від 1,7 (поблизу ДП ВАТ «Кам'янець-Подільський цукровий завод») до 2,6 (поблизу ПАТ «Подільський цемент»). Ці показники достовірно відрізняються від показника коефіцієнту стерильності гіркокаштану, що зростає на умовно чистій ділянці, що вказує на те, що рівень забруднення на даних територіях відрізняється і є найбільшим поблизу ПАТ «Подільський цемент» та мосту «Лань, що біжить».

Отже, аналіз фертильності пилоквих зерен *A. hippocastanum* дозволяє встановити екологічну ситуацію досліджуваних територій м. Кам'янця-Подільського.

Цвілинюк О., Молошій Т.

**МОРФОМЕТРИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОСЛИН ЯЛИНИ ЗВИЧАЙНОЇ
(*PICEA ABIES* L. KARSTEN) НА ПРИЛЕГЛІЙ ДО ПАТ
«МИКОЛАЇВЦЕМЕНТ» ТЕРИТОРІЇ**

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
e-mail: tsvilya@gmail.com

Tsvilynyuk O., Moloshiy T. MORPHOMETRIC SIGNS OF SPRUCE PLANTS (*PICEA ABIES* L. KARSTEN) NEAR THE NICHOLAS CEMENT PLANT. Investigated the prospects of morphological parameters of spruce, which grew under Influence of cement plant emissions. The raw mass of needles increased by 15%, and dry by 31% relative to control. The number of needles on the length of the axial shoot dovzhinoyu increased by 40% relative to control.

Розвиток промислового виробництва у Николаївському районі Львівської області, зокрема функціонування на його території на протязі більш ніж 50 років ПАТ „Миколаївцемент”, викиди якого становили 3% від валових викидів Львівської області, дає підстави віднести територію, прилеглу до джерела забруднення до локальної техногенної геохімічної аномалії та зумовлює актуальність комплексних екологічних досліджень надходження поллютантів, їх акумуляції, міграції та реакції компонентів природних екосистем на тривале аеротехногенне забруднення кальцієвмісним пилом. Досліджували біоіндикаційну перспективність морфологічних показників ялини звичайної (*Picea abies* (L.) Karst.) в умовах техногенного забруднення території за рахунок діяльності цементного заводу. Викиди цементного заводу впливали на сирю та суху масу хвоїнок: сира маса зростала на 15%, а суха – на 31% у порівнянні з контролем. В зоні ПАТ «Миколаївцемент» довжина і ширина хвої ялини на пагонах різних років приросту звичайної залишалася на рівні контролю. А кіль-

кість хвоїнок на відрізьку осьового пагона довжиною 10 см за дії викидів цементного заводу зростала на 40 % у порівнянні з контролем. Таке ущільнення місць утворення хвої є результатом зменшення приросту пагонів у довжину. Подібне явище спостерігали у хвойних за дії несприятливих чинників середовища. Таким чином, незважаючи на те, що Миколаївської цементний завод припинив розповсюдження клінкерного пилу у навколишнє середовище у листопаді 2014 року, ущільнення хвої на пагонах ялини звичайної, що росте поблизу заводу, свідчить про тривалу негативну післядію викидів цементного заводу.

Wiche O.¹, Tischler D.¹, Klimkina I.², Kovrov O.², Heilmeier H.¹

CITRIC ACID AND THE SIDEROPHORE DFO-B AS SOIL AMENDMENTS AFFECT THE BIOAVAILABILITY OF GERMANIUM AND RARE EARTH ELEMENTS

¹TU Bergakademie Freiberg, Institute for Biosciences
Leipziger Str. 29, 09599 Freiberg, Germany

² National Mining University, Department of Ecology
K. Marks Av., 19, Dnipro, 49005, Ukraine
e-mail: oliver.wiche@ioez.tu-freiberg.de

The bioavailability of toxic and other target elements is a most determining factor for phytoremediation (especially phytoextraction) and phytomining. It depends, among others, on mineral and organic phases of the soil, pH and redox potential. Soil amendments like organic acids or strongly chelating compounds, which, e.g., change soil pH or can form stable complexes with the target elements, have been used in the past in order to increase the mobility of the target elements in the soil. These additives, however, may lead to leaching of toxic elements from the soil, possibly causing serious environmental problems to water bodies. Therefore less dangerous alternatives are necessary which use the natural capacity of plants to change availability of elements in their root environment. Here we report on the effect of citric acid, a major component of root exudates, and desferrioxamine B (DFO-B), a naturally occurring microbial siderophore, on the bioavailability of Ge and the rare earth elements (REEs) cer (Ce), samarium (Sm) and dysprosium (Dy) in soils and their uptake into reed canary grass (*Phalaris arundinacea*).

The mobilization capacity of citric acid and DFO-B for Ge and the REEs was tested in a soil dissolution experiment using 1 and 10 mM citric acid and 0.1 mM DFO-B, and deionized water and deionized water adjusted with HNO₃ to pH 3.7 (corresponding to the 10 mM citric acid treatment) as references. The effect of citric acid and DFO-B on the uptake of Ge and REEs by *P. arundinacea* grown in sand culture was investigated 48 and 96 hours after applying treatment solutions containing Ge, Ce, Sm and Dy, in the presence or absence of citric acid or DFO-B by harvesting plants for analysis of Ge and REEs. The effects of citric acid and DFO-B on the accumulation of Ge and REEs in soil-grown *P. arundinacea* were investigated by growing plants for eight weeks in pots, applying nutrient solutions (N, S, K, Ca, Mg) with 1 mM citric acid, 10 mM citric acid, 100 μM DFO-B, or only nutrients as reference. Trace elements were analyzed with ICP-MS after micro-wave digestion. Addition of 10 mM citric acid significantly enhanced desorption of Ge, Ce, Sm and Dy from soil and uptake into soil-grown plants, indicating a higher bioavailability of the target elements in the presence of carboxylic ligands. The application of DFO-B enhanced the dissolution and uptake of REEs; however, there was no effect on Ge. In sand-grown plants, the uptake of Ge and REEs was significantly

decreased in the presence of citric acid and DFO-B, indicating a discrimination of the formed complexes.

This study with a grass species grown on different substrates clearly shows that citric acid and the microbial siderophore DFO-B can enhance phytoextraction of Ge and REEs due to the formation of soluble complexes that increase the mobility of elements in the rhizosphere of soil-grown plants. However, as demonstrated by the sand-culture experiment, uptake of organo-complexes of Ge and REEs is discriminated. Therefore further biological processes in the rhizosphere of soil-grown plants may contribute to chelant-enhanced phytoextraction.

Якимчук Р.

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ, ІНДУКОВАНА ЗАБРУДНЕННЯМ ҐРУНТУ ПРОМИСЛОВИМИ ВИКИДАМИ

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини
вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна
e-mail: peoplenature@rambler.ru

Yakymchuk R. MUTATION VARIABILITY OF WINTER WHEAT, INDUCED BY SOIL CONTAMINATION OF INDUSTRIAL DISCHARGES. Genetic consequences of heavy metal contamination for winter wheat of the area affected by industrial discharges were studied. The frequency of visible mutations exceeds control indicators by 2.1-4.9 times. A typical spectrum of their types: late maturity, high and short, long, dense, loose spike – can be used as an indicator of environmental contamination with heavy metals.

Однією з передумов аналізу і прогнозування стану забруднення територій промислових центрів є ретельний контроль за концентрацією іонів важких металів. Крім їх прямої токсичної дії, появи фізіологічних і функціонально-морфологічних відхилень, зростання загальної захворюваності характерні й віддалені ефекти, що торкаються основних функцій живих систем – відтворення й біопродуктивність, генеративні властивості та смертність. Тому актуальним є вивчення генетичних наслідків забруднення навколишнього середовища важкими металами викидів підприємств з точки зору індукованих цими впливами порушень генераційних функцій генетичного апарату й реєстрацій у низці послідовних поколінь рівня видимих мутацій.

Рослини озимої пшениці сортів Альбатрос одеський і Зимоярка вирощено у 2012-2013 рр. за 5 км від Бурштинської ТЕС по осі перенесення повітряних мас та в межах промислових зон ВАТ «Полтавхіммаш», ДВК «Спеціалізований завод по термічній переробці твердих побутових відходів» м. Харків, ЗАТ «Луганські акумулятори», КП «Лубниводоканал» та поблизу вул. Б. Хмельницького м. Костянтинівка. В поколіннях M_2 і M_3 визначали частоту і спектр мутантних форм за відношенням кількості родин із мутантними рослинами до вивчених родин покоління M_2 .

Хронічна дія мутагенів ґрунту, зокрема й важких металів, прилеглої до Бурштинської ТЕС території викликала в поколіннях M_2 - M_3 озимої пшениці сорту суттєве зростання рівня видимих мутацій, що в 3,9 рази перевищував спонтанні показники. Перевищення у ґрунті промислової зони ВАТ «Полтавхіммаш» фонового вмісту іонів свинцю і цинку спричинило зростання частоти мутацій у рослин сортів Альбатрос одеський і Зимоярка в 4,9 та 2,1 рази, відповідно. Підвищеним вмістом важких

металів у ґрунті поблизу вул. Б. Хмельницького м. Костянтинівка, промислових зон ДВК «Спеціалізований завод по термічній переробці твердих побутових відходів» м. Харків, ЗАТ «Луганські акумулятори», території КП «Лубниводоканал» можна пояснити індукування в рослин M_2 - M_3 сорту Зимоярка в 2,9-4,1 рази вищу від спонтанного рівня частоту мутантних родин. Спектр мутацій включає типові спадкові зміни: пізньостиглість, високо- і низькорослість, довгий, щільний, нещільний колос. Серед них також виявлено оригінальні та рідкісні мутації: широкий листок, відсутність воскової поволоки, жовта вершина прапорцевого листка, антоціанові колоскові луски, колос із закрученою віссю, світло-зелений листок, які сумісно з типовими мутаціями можуть бути використані як індикатори промислового забруднення навколишнього середовища важкими металами. Отже, забруднення ґрунту важкими металами промислових викидів спричиняє суттєве зростання мутаційної мінливості озимої пшениці, що в 2,1-4,9 рази перевищує показники спонтанного рівня та може становити генетичну загрозу для живих організмів.

Жолобак Г., Сибірцева О.

SENTINEL-2-ЗОБРАЖЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СУПУТНИКОВОГО ФІТОМОНІТОРИНГУ (НА ПРИКЛАДІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РОЗВИТКОМ ПОСІВІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ПІД УРОЖАЙ 2016 Р.)

ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»
вул. О. Гончара, 55-б, м. Київ, 01054 Україна
e-mail: zhgm@casre.kiev.ua

Zholobak G., Sybirtseva O. SENTINEL-2 IMAGES AS A TOOL OF SATELLITE PHYTOMONITORING: A CASE STUDY OF THE OBSERVATION FOR WINTER WHEAT PLANTINGS DEVELOPMENT FOR THE HARVEST IN 2016. Using Sentinel-2 image data the dynamics of vegetation indices of NDVI and REP for the winter wheat plantings of two cultivars for the harvest in 2016 is studied. It is found the negative influence of phytopathogenic infection on the plants and as a result on the NDVI and REP values. NDVIs estimated by ERDAS IMAGINE are compared with the proper information product of the EOS Data Analytics service.

У рамках космічної програми моніторингу Землі Copernicus Європейського космічного агентства в червні 2015 р. було виведено на орбіту супутник нового покоління Sentinel-2A. Він оснащений мультиспектральною камерою, яка виконує знімання земної поверхні у 13 спектральних каналах з просторовим розрізненням 10, 20 та 60 м. З огляду на появу нових високоякісних знімків цього супутника надзвичайно актуально дослідити їх придатність для розв'язання різноманітних наукових та народногосподарських задач. Оскільки знімки надаються в користування на безоплатній основі, то окремі компанії, як от EOSDA, які застосовують платформу хмарних обчислень для обробки масивних зображень дистанційного зондування, невдовзі створили нові інформаційні продукти на основі Sentinel-2. Тому своєчасним є порівняння інформативності продуктів за знімками Sentinel-2 із класичним застосуванням цих супутникових даних для обчислення вегетаційних індексів задля моніторингу розвитку посівів озимої пшениці (ОП).

Мета роботи полягала у вивченні можливості використання даних зі супутника Sentinel-2A для моніторингу вегетації двох виробничих посівів ОП. Завдання до-

слідження – обчислити вегетаційні індекси для ділянки території з досліджуваними полями ОП в програмному середовищі ERDAS Imagine за наявними безхмарними знімками зі супутника Sentinel-2A та зіставити їх з відповідними готовими інформаційними продуктами компанії EOSDA.

Об'єкт досліджень – виробничі посіви ОП двох сортів Скаген і Богдана, які вирощувались під урожай 2016 р. на угіддях Баришівської зернової компанії поблизу м. Березань у Київській області. У роботі використані фрагменти знімків Sentinel-2A за 18 лютого, 08 квітня, 28 квітня та 17 червня 2016 р. для ділянки розташування досліджуваних полів. Засобами ERDAS Imagine обчислено вегетаційні індекси NDVI та REP для всієї площі кожного поля, перший з яких зіставлений з геопросторовими NDVI-зображеннями зі сайту <https://lv.eosda.com/> на вказані дати, коли рослини ОП знаходились відповідно у стані зимового спокою та таких фенологічних фазах: кушіння, початок виходу в трубку, молочна стиглість.

Виявлено, що під час зимового спокою і на початку весняного відновлення вегетації вищі значення NDVI мали посіви ОП Богдана у порівнянні зі сортом Скаген. Але впродовж весни відбулась інверсія стану посівів, викликана ураженням рослин ОП Богдана грибними захворюваннями. Тому у фазі молочної стиглості вищі показники NDVI були характерні вже для ОП Скаген. Тенденція до погіршення стану посіву ОП Богдана найшвидше (08 квітня) зафіксована за показниками NDVI, обчисленими засобами ERDAS Imagine, а на інформаційному продукті NDVI від компанії EOSDA вона впевнено проявилась лише 17 червня. Обговорюються переваги і недоліки інформаційних продуктів компанії EOSDA та можливості інших вегетаційних індексів для супутникового моніторингу рослинності.

Буньо Л. В., Фецюх Н., Пацула О. І., Терек О. І.

ЯКІСТЬ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ОДЕРЖАНОЇ З *SALIX VIMINALIS* L.

ВИРОЩЕНОЇ НА ЗАСОЛЕНОМУ СУБСТРАТІ ХВОСТОСХОВИЩА М. СТЕБНИКА

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
bioza@ukr.net

Bunio L., Fetsiukh A., Patsula O., Terek O. QUALITY OF PLANT MATERIALS DERIVED FROM *SALIX VIMINALIS* L.. GROWN ON THE SALINE SUBSTRATE OF STEBNYK CITY. Studied plants materials derived from *S. viminalis* plants grown on the saline substrate of Stebnyk city. The low content of ash with predominance of its water-soluble forms is revealed in shoots. The content of nitrogens and heavy metals in the shoots of plants *S. viminalis* meets the requirements of the standard DIN 5173.

В Україні надзвичайного поширення набули деградаційні процеси, які викликані розробкою понад 4500 родовищ корисних копалин. Прикладом таких територій є і Стебницьке хвостосховище площею 125 га, яке утворилося внаслідок флуктуаційного збагачення калійних руд. Ці території є перспективними для вирощування енергетичних рослин. Проте до рослин енергетичного напрямку ставляться певні вимоги для подальшого їх використання як біопаливо. Важливими показниками є: врожайність сирої біомаси, вихід сухої речовини та зольність палива.

Salix viminalis L. – перспективна фітомеліоративна деревоподібна культура, яка здатна рости на засоленому субстраті хвостосховща м. Стебника. Попередні наші дослідження показали, що *S. viminalis* здатна зменшувати вміст водорозчин-

них солей у субстраті хвостосховища та збільшувати вміст органічного Карбону у ньому. Кінцевий результат вирощування верби – біопаливо. Єдиного Європейського стандарту на тверде паливо з біомаси поки що немає, тому ми в своїй роботі орієнтувалися на вимоги німецького стандарту DIN 51731.

Для дослідження впливу засолення субстрату на якість рослинної сировини *S. viminalis* було закладено дослід в польових умовах на Стебницькому хвостосховищі. Контролем служили ділянки із відновленим біогеоценозом, а місця зростання солестійких видів рослин – дослідними ділянками. Живці аналізували в кінці вегетаційного періоду. Загальний вміст золи та її форми (водорозчинні і водонерозчинні) визначали за ГОСТ 25555.4-91 та ГОСТ 28552-90. Вміст макро- й мікроелементів в зразках верби визначали спектрометрично. Вміст Нітрогену визначали фотометричним методом з реактивом Неслера.

В результаті дослідження було виявлено, що з дослідних ділянок одержували на 50 % менше рослинної сировини у порівнянні з контрольними ділянками. Проте, вміст золи у пагонах рослин *S. viminalis* з дослідних ділянок був дещо нижчим, ніж у контрольному варіанті, що відповідало нормам міжнародного стандарту. Також зола із цих пагонів містила більше водорозчинних форм, що дозволить використати її після спалювання для удобрення ґрунтів. Крім того, стандарт DIN 51731 обмежує вміст Нітрогену у біопаливі. Високий рівень Нітрогену може призвести до корозії теплообмінного устаткування. Було виявлено низький вміст Нітрогену у пагонах рослин *S. viminalis*, як з контрольних так і з дослідних ділянок.

Стандарт DIN 51731 також регламентує вміст мікроелементів та важких металів. Стандартом регламентовано лише вміст свинцю (менш ніж 10 мг/кг), купруму (менш ніж 5 мг/кг), цинку (менш ніж 100 мг/кг) і кадмію (менш ніж 0,5 мг/кг). Вміст маргану й феруму стандартом не регламентовано. Жоден зі досліджуваних зразків не виходив за показники вмісту мікроелементів за межі встановленої норми.

Таким чином, ріст рослин *S. viminalis* на засоленому субстраті призводить до утворення якісної енергетичної сировини, яку можна в перспективі використовувати як біопаливо, а золу як добриво.

¹Кава Л., ²Федун Г.

ВИДОВИЙ СКЛАД ГРУНТОВИХ ФІТОФАГІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО *MISCANTHUS X GIGANTEUS*

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул.. Героїв оборони, 15, 03041, м. Київ, Україна
email: kavalyuda@ukr.net

²Тернопільський обласний центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді
вул. Микулинецька, 21, м. Тернопіль, 46008, Україна

Kava L., Fedun G. SPECIFIC COMPOSITION OF SOIL DWELLING HERBIVOROUS DURING GIANT MISCANTHUS *MISCANTHUS X GIGANTEUS* BIOMASS PRODUCTION. Specific composition of soil dwelling herbivorous during *Miscanthus x giganteus* grows is analyzed. Nine species belonging to seven orders were recorded. It was found that representatives of the order Coleoptera is dominated.

Базуючись на даних літературних джерел можна стверджувати, що для відновлення ґрунтів, забруднених або пошкоджених внаслідок мілітарної діяльності найбільш перспективними видаються багаторічні трави, що відносяться до біопа-

ливних рослин другої генерації, зокрема міскантус *Miscanthus x giganteus*. Сьогодні в Україні міскантус гігантський поки є нетрадиційною культурою, що починає широко вивчатися у ряді науково-дослідних інститутів та вирощуватися приватними фірмами як перспективна рослина для виробництва біопалива.

Попередньо вважалося, що міскантус є гібридом і має стійкість до шкідників, хвороб та бур'янів. Але в подальшому з'ясувалося, що це є не зовсім вірним. Результати останніх досліджень, проведених в США та Європі свідчать про те, що вирощування міскантуса як енергетичної рослини сприяє збільшенню чисельності спільних шкідників з продовольчими культурами.

Метою наших досліджень було вивчення ентомокомплексу ґрунтотрофних комах в насадженнях міскантуса в На. Досліди проводили на закладених дослідних ділянках культури Національного університету біоресурсів і природокористування України. Для визначення видового складу комах, що мешкають в ґрунті проводили ґрунтові розкопки, відбираючи проби розміром 50x50 см (0, 25 ml) на глибину 50 см.

Результати досліджень проведених у 2016 році на експериментальних ділянках вирощування міскантуса свідчать, що на цій культурі знайдені дев'ять видів шкідливих комах, що належать до семи рядів та восьми родин. Ґрунтові шкідники наносять значних пошкоджень міскантусу. На основі проведення моніторингу ґрунтових шкідників на дослідній ділянці енергетичних культур кафедри ентомології були виявлені личинки травневого *Melolontha melolonta* L. та червневого *Amphimallon solstitialis* L. хрущів. Після висадки посадкового матеріалу, та укорінення вони грубо об'їдають кореневу систему, що в свою чергу призводить до ослаблення молодих рослин, відставання їх в рості, розвитку порівняно з непошкодженими, або повної загибелі. Відтак, як наслідок густота рослин зменшується

Контроль чисельності цих фітофагів ускладнений, оскільки ті знаходяться в ґрунті, зимують там, і виходять з діапаузи після висадки ризомів міскантуса в ґрунт. Вони інтенсивно живляться молодими корінцями, що здебільшого призводить до негативних наслідків.

Kharchenko M.¹, Pidlisnyuk V.², Stefanovska T.³

PRODUCTION OF *MISCANTHUSXGIGATEUS* BIOMASS AT THE ABANDONED INDUSTRIAL SOIL FOR FURTHER USE AT THE PAPER INDUSTRY

¹Zagreb University, Unska 3, Zagreb, 10 000, Croatia/ GAMA LUX Enterprise Svetice 24, Zagreb, 10007, Croatia

²Jan Evangelista Purkyne University, Kralova Vysina 7, Usti nad Labem, 400 96 Czech Republic

³National University of Life and the Environment, Gerojiv Oboronu 13, Kyiv, 03040, Ukraine

One of the perspective approach for revitalization of abandoned land including former military and industrial mining sites is application of the second generation energy crop *Miscanthusxgiganteus*. That permits to restore marginal land and to meet demand for production good quality biomass can be proceeded to energy purpose or to cellulosic materials for the paper industry. *Miscanthusxgigateus* has showed good production properties while growing at the brownfield and former military sites as well as contaminated agricultural lands.

Miscanthus xgiganteus deposit plantation was established at St.Elena village, Zagreb region, Croatia. The investigation was initiated on using *M. x giganteus* for restoration of industrially contaminated abandoned land. The soil for the experiment was taken

from Bakar, Croatia and was contaminated by heavy metals and metalloids. *Miscanthus* showed good production properties during three vegetation seasons when growing at that slightly contaminated soil. The results prove applicability of *M. x giganteus* for phytostabilization of the abandoned land and production of biomass to be used as alternative energy course or as materials at the paper industry. The further research will be focused at the analysis of biomass quality for processing to cellulose materials and its improvement by Plant Growth Regulators.

The research was partly supported by NATO SFP MYP G4687.

Стефановська Т.Р.¹, Підліснюк В.В.², Білий О.В.³, Квак В.М.^{1,4},
Цвігун Г.В.⁴, Шаповал П.Й.⁵

**АГРОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО
(*MISCANTHUS XGIGANTEUS*) ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА НА ЗАБРУДНЕНИХ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ ҐРУНТАХ**

¹Національний університет біоресурсів і природокористування
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

²Університет Яна Євангеліста Пуркіне в Усті над Лабем, Краловий узвіз,
3132/7, Усті над Лабем, 40096, Чеська Республіка

³Донецька державна сортодослідницька станція, вул. Тельмана, буд. 38, м. Курахове,
Мар'їнський р-н, Донецька обл., 85612, Україна

⁴Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25,
м. Київ, 03141, Україна

⁵ Національний університет «Львівська Політехніка»,
Площа Святого Юри 9, 79013
e-mail: kvak-vm@mail.ru

**T. Stefanovska, V. Pidlisnyuk, O. Bilyj, V. Kwak, H. Tsvigun, P. Shapoval. AGRO-
NOMIC ASPECTS OF GROWING GIANT MISCANTHUS (*MISCANTHUS XGIGANTEUS*)
AT THE POLLUTED BY MILITARY ACTIVITY SITES FOR SOLID BIOFUEL PRODUC-
TION.** Targeting the goal of enhancing environmental security, we have developed the phytotechnology based on combining production of biomass as a feedstock for solid biofuels on contaminated by military activities sites and improving its quality. The features of growing giant miscanthus at the military contaminated site in Kurakhove, Donetsk region is considered.

Міскантус гігантський *Miscanthus x giganteus* є перспективним видом рослин для виробництва біопалива завдяки ефективному C₄ типу фотосинтезу, стійкості до хвороб і шкідників, позитивному впливу на довкілля, високій адаптивності, ефективному використанні потенціалу території, можливості росту на ґрунтах, забруднених важкими металами, високій продуктивності і низькій собівартості біомаси. Важливою агротехнічною властивістю даної культури є стабілізація важких металів у ґрунті у прикореневій зоні; при цьому рівень забруднення біомаси не перевищує допустимих значень.

Метою досліджень було підвищення рівня екологічної безпеки шляхом розробки елементів технології для виробництва біомаси, як сировини для твердого біопалива, на забруднених військовою діяльністю землях та очищення і поліпшення якості ґрунту.

Польові дослідження проводили (2016-2018 рр.) рендомізовано за методом розщеплювання ділянок на Донецькій державній сортодослідній станції (Донецька обл., Мар'їнський р-н, м. Курахове). У досліджах використовується міскантус гігантський сорту «Осінній зорецьвіт», оригінатор ІБКЦБ. Площа посівної ділянки становить 50 м², повторність є чотириразовою. Схема досліду включала: фактор А – строки садіння (восени, навесні); фактор Б – обробку ризом регуляторами росту (контроль, Стимпо, Регоплант); фактор В – способи обробки (замочування ризом, одноразове обприскування, дворазове обприскування). Визначення вмісту важких металів у ґрунті, кореневищі, стеблі та листі проведено за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу з використанням аналізатора Експрес-3L.

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволить рекомендувати елементи технології вирощування міскантусу гігантського для отримання сировини для виробництва твердого біопалива, на забруднених військовою діяльністю землях з одночасним очищенням і поліпшенням якості ґрунту. Ці результати описуватимуть процеси оцінки ґрунту на наявність забруднювачів, вибір оптимальної технології, садіння міскантусу, агрономічний супровід, збирання біомаси та її переробку на тверде біопаливо, вплив добавок до ґрунту на біодоступність.

Отже, для очищення та поліпшення якості ґрунтів, забруднених важкими металами внаслідок військової діяльності, важливою є фітотехнологія з вирощуванням міскантусу гігантського, біомаса якого може бути використана для виробництва твердих видів біопалива (гранул або брикетів).

**Медков А.¹, Стефановська Т.¹, Підліснюк В.², Пономаренко С.³
ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ
МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (*MISCANTHUS X GIGANTEUS*)
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОМАСИ НА ГРУНТАХ, ЗАБРУДНЕНИХ
ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв оборони 15, м. Київ, 03040, Україна

²Університет Яна Євангелісти Пуркіне, Краловський узвіз 7, 40096
м. Усті над Лабем, Чеська Республіка

³ДП Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НААН та МОН України,
Харківське шосе 50, 02160, Київ, Україна

Email: a.medkow@gmail.com; tsefanovska@nubip.edu.ua; valentina.pidlisnyuk@ujep.cz;
sponom@ukr.net.

**Medkov A., Stefanovska T., Pidlisnyuk V., Ponomarenko S. IMPACT OF PLANT
GROWTH REGULATORS TO *MISCANTHUS X GIGANTEUS* ESTABLISHMENT
WHILE PRODUCING BIOMASS AT LAND CONTAMINATED BY HEAVY METALS**

The previous research has confirmed the ability of *M. x giganteus* to grow at the contaminated and abandoned sites makes it appropriated for biomass production and revitalization of the disturbed ecosystems. The semi field investigation has being conducted using soil from the former military site contaminated by heavy metals in order to investigate biomass production as affected by concentrations of contaminants, treatment of rhizomes by plant growth regulators (PGRs) in different rates and time of application.

Міскантус гігантський – багаторічна трав'яниста інтродукована енергетична гібридна рослина, біомасу якої використовують в якості твердого або рідкого біопалива, що вирізняється високою врожайністю та здатністю рости на бідних на органічні речовини та забруднених ґрунтах. Рослина характеризується досить низьким рівнем поглинання забруднювачів з ґрунту вегетативними органами, оскільки її добре розвинута коренева система виступає у якості буферу, сприяє стабілізації забруднювачів у ґрунті та запобігає їх подальшому поширенню. Тому рослину перспективно вирощувати в умовах техногенних ценозів на ґрунтах із слабо та середніми рівнями забруднення з метою відновлення ґрунтів та отримання біомаси для виробництва енергії.

В процесі вирощування *Міскантусу гігантського* на техногенних ґрунтах, забруднених важкими металами та іншими ксенобіонтами, важливе значення має підвищення адаптаційних показників рослини, зокрема, приживаності та стійкості до стресових факторів. Попередні результати дозволили встановити, що біостимулятори рослин (регулятори росту, арбускулярні мікоризні гриби) та речовини, що сприяють покращенню показників якості ґрунту (осад стічних вод, деревинне вугілля), позитивно впливають на ефективність процесу фіторемідації та сприяють збільшенню продуктивності біомаси. Проте вплив регуляторів росту на ефективність вирощування *Міскантусу гігантського* на мілітарних землях, забруднених важкими металами, досі не вивчався.

Нами було розпочато довгострокові польові та напівпольові дослідження, що мають на меті вивчення впливу біостимулянтів різної хімічної природи на підвищення адаптивних властивостей *Міскантусу гігантського* під час його вирощування на забруднених мілітарних ґрунтах; було закладено досліди на природньо забрудненому ґрунті з території бувшого військового складу техніки, що знаходиться в м. Долина, Івано-Франківської області (GPS: 48°58'05.1"N 23°59'41.6"E 48.968094, 23.994881). При цьому вивчається вплив трьох регуляторів росту рослин: Чаркор, Рігоплант та Стімпо на морфологічні та фізіологічні показники *Міскантусу гігантського*. Регулятори росту було застосовано для обробки ризомів безпосередньо перед садінням у ґрунт та під час дворазового обприскування рослин, починаючи з фази три-чотири листки з інтервалом у два тижні. Аналіз ґрунту дозволив встановити, що в ньому містяться: чотири хімічних елементи, які відносяться до 1 класу небезпеки – Zn, As, Cd, Pb; п'ять хімічних елементів 2 класу небезпеки – Cr, Ni, Cu, Mo, Sb та три хімічних елементи 3 класу небезпеки – V, Mn, Sr. Результати спостережень свідчать, що *Міскантус гігантський* задовільно росте на забрудненому ґрунті, при цьому ділянка із рослинами, обробленими регуляторами росту, показує кращі показники росту.

Дослідження підтримано грантом NATO SFP MYP #G4687.

I. Mikailo¹, B. Louvel², J. Hynst¹, J. Zahora¹

PLANT BIOMASS CHANGES AFTER ADDITION OF BIOCHAR, INOCULUMS AND NITROGEN FERTILIZERS

¹Mendel University in Brno, 1 Zemědělská, 613 00 Brno, Czech Republic

²Laboratoire Génie Civil et géo Environnement (LGCgE), ISA Lille, 48 boulevard Vauban, 59046 Lille Cedex, France

e-mail: irina.mikajlo@mendelu.cz

Biochar addition to agricultural soils is considered as a promising strategy for climate change mitigation by carbon sequestration. Moreover, biochar is characterized as a special kind of soil organic matter (SOM) stabilized by its pyrogenetic origin against microbial decomposition. Extraordinary long persistence of biochar in the soil is of a great importance due to the low SOM amount prevailing in arable soils of Middle Europe as a consequence of intensive agricultural practices and overdoses of mineral fertilizers. However, some uncertainty remains concerning the biochar's influence on the soil properties. Simultaneous application of biochar and bacterial inoculums seems to be a promising way to increase the positive effect of both additives. This research is focused on the changes of nitrogen (N), carbon (C) and phosphorous (P) contents in plant aboveground dry biomass after the addition of beech wood biochar (produced at slow pyrolysis using the temperature 470°C) as a soil amendment combined with simultaneous addition of two types of plant growth promoting bacteria (PGPB) inoculums and nitrogen fertilizer (DAM). Two consequent generations of experimental plant *Lactuca sativa* L. have been planted into square pots 100 cm² filled with the arable soil from the Brezova nad Svitavou protection zone of water sources (South Moravia, Czech Republic). Investigation has been conducted in the phytotron that was set to maintain ambient environmental conditions. The second generation of experimental plants has been cultivated in order to avoid misinterpretation caused by inappropriate interaction of the lettuce roots with the fresh biochar in soil. Thereat, remains preferable discussing mainly the observations obtained from the second plant generation. In general, solely application of microbial inoculum *Novaferm* improved biomass production (carbon allocation), nitrogen and phosphorous content in plant tissues. Simultaneous application of both additives (*Novaferm* + DAM / *Bactofil* + DAM) improved significantly the production of experimental plants and at the same time inoculums and nitrogen fertilizer improved the content of N in plant tissues. Moreover, only solely application of *Novaferm* increased the amount of P in 4 times compared to the first generation. Hence, this could be an explanation of high plant biomass obtained in comparison with the application of *Bactofil* in the first generation. In addition, simultaneous application of inoculums and N fertilizer stabilize the availability of P in the second generation. The decrease of P content and an increase of total C amount have been observed in the second generation of plant aboveground dry biomass in the amended with biochar and fertilizers treatments.

Pidlisnyuk V.¹, Stefanovska T.², Erickson L.³, Shapoval P.⁴, Trogl J.¹, Yaschuk S.²
DEVELOPING AN INEXPENSIVE PROCESS TO PRODUCE BIOMASS
AND TO RESTORE SOIL AT THE SITES CONTAMINATED BY THE PAST
MILITARY ACTIVITIES IN UKRAINE

¹Jan Evangelista Purkyně University, Kralova Vysina 7, Usti nad Labem, 400 96, Czech Republic

²National University of Life and the Environment, Gerojiv Oboronu 13, Kyiv, 03040, Ukraine

³Kansas State University, 1005 Durland Hall, Manhattan, Kansas, KS 66506, USA

⁴National University Lvivska Politechnika, Sv.Yura Square 9, Lviv; 79013, Ukraine

The former military sites are widely spread in the countries of Eastern and Central Europe. That localities, being polluted by heavy metals, oil and degraded organic products constantly pose health risks and negatively affect soil, water resources and biodiversity. One of the perspective approach for revitalization of that land is union of phytotechnology with energy crops with simultaneous production of biomass. The proposed approach permits to restore marginal land to agricultural use or urban land bank and simultaneously meet the demand for production of biomass as alternative energy source. Second generation biofuel crops are becoming favored because they are not in competition with main agricultural food crop production. The sterile, perennial grass *Miscanthus x giganteus* is considered one of the most promising for that goal. The crop has a C-4 photosynthetic pathway, and has been demonstrated to achieve high conversion efficiency for C-4 plants. It has a good environmental profile with the potential to increase soil carbon, soil fertility and biodiversity and to reduce nutrient run-off and leaching, and exhibited good production properties while used for remediation of brown-field sites, former mining sites and contaminated agricultural lands.

The investigation was initiated on using *M. x giganteus* for restoration of former military sites: former military storages (Dolyna, Ukraine and Kamenetz-Podilsky, Ukraine), and recently appeared sites during military operation in the East of Ukraine (Kurakhovo). The main contaminants at the research sites are spilled jet fuel (kerosene) and different metals. Locations are classified as contaminated and damaged ones by the local environmental authorities and requested revitalization. Semi-field greenhouse pot experiment was done with the soils taken from the above mentioned sites. It was established that *M.xgiganteus* has been successfully cultivated at research soils during vegetation seasons (three seasons for soil from Kamenetz-Podilsky; two seasons for soil from Kurakhovo, one season for soil from Dolyna) and in all cases biomass obtained was only slightly contaminated by metals and residues of organic substances and may be used for further processing. Two field plots were established at the abandoned military locations in Dolyna and Kurakhovo, Ukraine and influence of agronomic factors to the biomass production has been explored. It has been instituted that plant while growing at the field plots at Kurakhovo, Eastern Ukraine showed a good production of miscanthus biomass when plant's rhizomes were treated by Plant Growth Regulator Stimpo. The results prove applicability of *M. x giganteus* for simultaneous phytostabilization of the land and production of energy biomass

Acknowledges: The research is supported by NATO SFP MYP G4687.

Pourrut B., Al Souki K., Nsanganwimana F., Liné C, Bastia G., Douay F.
USE OF MISCANTHUS X GIGANTEUS TO PHYTOMANAGE LARGE
CONTAMINATED AREAS: LESSONS FROM NORTHERN FRANCE

LGCgE – Yncrea Hauts de France – ISA Lille
Lille Catholic University
48 boulevard Vauban, Lille, 59046, France
bertrand.pourrut@yncrea.fr

Miscanthus species are high-yielding, non-food perennial grasses, considered a promising biomass crop for energy, bio-based products and raw materials for various industrial activities. Nowadays, they are increasingly used for the phytostabilization of large contaminated areas. Indeed, they were showed to stabilized metals in their rhizosphere, to stimulate organic pollutants and to restore soil biodiversity. Thus, they could be perfect candidate to phytomanage military sites. During this talk, we will highlight the more interesting results obtained for more than 10 years of phytomanagement of metal contaminated sites using miscanthus in Northern France.

Soil contamination by metals is of major concern in Northern France, particularly in the former coal-mining region. Metaleurop Nord, located at Noyelles-Godault, was a major European lead (Pb) and zinc (Zn) smelter for almost a century until its closure in 2003. In this area, the mean concentrations of Cd, Pb and Zn in ploughed layers are 20-50 times higher than the regional background values and their concentrations in agricultural crops exceed threshold values for human consumption. Contaminated dusts are also a risk for human health, especially children.

The remediation of the highly contaminated soils is a major preoccupation for National and Local Authorities. However, the contaminated area is too large (150 km²) to be remediated in an economically relevant way by the currently applied remediation techniques. Moreover, in order to find new income sources for local farmers, a sustainable management of these polluted soils is crucial. In this context, the PHYTENER project aimed to assess phytostabilization in combination with energy crop production (wood and miscanthus crops). The PHYTENER consortium is a strong region-wide network of 11 laboratories, which leads a multidisciplinary approach combining a study of the impacts of these crops on soils and the environment, on social perceptions and on economic outcomes.

In spring 2007, three approximately-1 hectare *Miscanthus x giganteus* experimental fields were established on former agricultural lands presenting a contamination gradient. The aim of this study was to (a) evaluate the ability of this plant to grow on metal-contaminated soils, b) to establish metal accumulation patterns in *M.x giganteus* organs and c) to study the relationship between metal accumulation in the plant organs and their fractionations in soils. Topsoil and plant samplings were carried out in September 2011. In field experimental conditions, the results show that *M. giganteus* grows well on highly contaminated soils. Measured metal concentrations, bioconcentration and transfer factors demonstrate that this species accumulates metals mainly in roots and strongly limits their transfer to aboveground parts. In roots and rhizomes, the accumulation was as follows: Cd > Zn > Pb. Conversely, in stems and leaves it was Zn ≥ Cd > Pb. Though soils present a clear contamination gradient, there were no significant difference in metal concentrations in stems and leaves.

Moreover, using a set of plant biomarkers to evaluate the miscanthus health, we

observed that miscanthus is extremely tolerant to heavy metal contamination, compared to other model plants (ryegrass and white clover). Therefore, *M. x giganteus* is considered as a metal-excluder plant and appears to be a potential candidate crop for coupling phytostabilization and production of a valuable biomass on contaminated sites.

М.А. Созанський¹, І.В. Підліснюк², В.Є. Стаднік¹, П.Й. Шаповал¹
ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У БІОМАСІ МІСКАНТУСУ
ГІГАНТСЬКОГО, ВИРОЩЕНОГО НА ЗАБРУДНЕНИХ МІЛІТАРНИХ ТЕРИТОРІЯХ

¹Національний університет «Львівська Політехніка»,
пл. Святого Юра. 9, 9-й н.к., Львів, 79013, Україна
e-mail: martyn.a.sozanskyi@lpnu.ua

²Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem,
Pasterova 3544/1, 400 96, Ústí nad Labem, Czech Republic

M.A. Sozanskyi, I.V. Pidlisniuk, V.Ye. Stadnik, P.Y. Shapoval DETERMINATION OF HEAVY METALS IN BIOMASS OF MISCANTHUS X GIGANTEUS, GROWN ON CONTAMINATED MILITARY SITES. Investigation of metal pollution in soil and biomass of *Miscanthus x giganteus*, in particular, by Fe, Mn, Ti, Cu, Pb, Zn and As, was done. The biomass of *Miscanthus x giganteus* was grown on former military sites in Kamenetz-Podilsky, Ukraine and Sliach, Slovakia during two vegetation seasons.

Безплідна, багаторічна трава міскантус гігантський є однією з найперспективніших для одночасної фіторе mediaції або фітостабілізації забруднених земель та виробництва біопалива.

Метою роботи є визначення вмісту важких металів у біомасі міскантусу гігантського, вирощеного протягом двох сезонів на забруднених мілітарних територіях в Кам'янець-Подільському, Україна та Слячі, Словаччина.

Визначення вмісту металів в коренях, стеблах і листках міскантусу забезпечувалося рентгенофлуоресцентним аналізом з використанням аналізатора Expert-3L (INAM, Україна, <http://inam.kiev.us/contact-information>). Пристрій може виявляти хімічні елементи в діапазоні від ^{12}Na до ^{92}U з високою точністю (0,01%). Час збору даних становило 24300 с для всіх зразків. Межі абсолютної похибки вимірювання становили $\pm 0,05\text{--}0,2\%$. Підготовку зразків для аналізу проводили згідно ДСТУ ISO 11464-2001 та ДСТУ ISO 11465-2001. Для кожного зразка були проведені три паралельних вимірювання. Кількість зразків рослин було достатнім для проведення трьох паралельних заходів. Для коренів, стебел і листя рівні металів були визначені в одиницях маси в золі, а потім додатково перераховані до мг/кг на основі зольності рослинного матеріалу. Для загального розрахунку концентрація була виражена в мг/кг сухої маси. Статистична оцінка отриманих даних була виконана з використанням Microsoft Excel.

Дворічні дослідження підтвердили здатність міскантусу рости на забруднених досліджуваних ділянках. Накопичення таких металів як Fe, Mn і Ti у міскантусі спостерігалось переважно в коріннях і на порядок менше у стеблах і листях, зберігаючи можливість використання верхніх частин рослин в якості енергетичної біомаси. Cu і Zn були менш акумулятивними в двох вегетаційних сезонах, а для As і Pb акумулятивні концентрації були дуже малі. Накопичення важких металів в надземних частинах рослини в порівнянні з корінням були значно меншими. Кореляції між вмістом металів в частинах рослин зі значними концентраційними градієнтами в ґрунтах не виявлено. Це показало, що метали поглиналися частками рослин без

врахування забруднення ґрунту. Поглинання окремих металів рослинами залежало від природи металу і року росту. Результати показують можливість застосування міскантусу для фітореMediaції військових об'єктів з подальшим виробленням енергетичної біомаси.

¹T. Stefanovska, ²A.T. Skwiercz, ³ M.Zouhar, ⁴F. Kornobis, ⁵V.Pidlisnyuk, ¹ M.Ovruch
STUDY OF PHYTONEMATODES AS BIOINDICATORS OF SOIL PARAMETERS' CHANGES WHILE PRODUCING MISCANTHUS X GIGANTEUS AT THE SOIL CONTAMINATED BY HEAVY METALS

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
 Heroiiv Oborony 15, Kyiv 03041, Ukraine

²University Warmia-Mazury, Prawochefiskiego 17, Olsztyn 10-719, Poland

³Czech University of Life Sciences, Kamyska 129, Prague 6- Suchbadol 16521, Czech Republic

⁴OR-PIB. Węgorzka 20, Poznan, 60318, Poland;

⁵Jan Evangelista Purzkyne University in Usti nad Labem
 Kralova vysina 3132/7, Usti nad Labem 40096, Czech Republic

Community composition and trophic structure of phytoneMatodes response rapidly to soil disturbance, in particularly by heavy metals. Hence, this group of organisms may be used as indicators of phytomanagement success. No data is available about using nematode community response to toxic concentrations of heavy metals and changing the soil quality parameters while growing *Miscanthus x giganteus* for biofuel production. Long term study of phytomanagement with *Miscanthus x giganteus* for restoring of abandoned military site and simultaneous biomass production has been conducting since 2015 in Kurakhove, Donetsk regions of Ukraine. 47°58'51.2"N 37°18'03.9"E. The study was to evaluate potential to use soil nematodes as bioindicators of soil changes in response to planting of *Miscanthus x giganteus* at trace metals.

The total heavy metals in the soil were determined by using Renygen- fluorescent analysis using analyzer Expert- 3-L produced in Ukraine. Nematodes were extracted from twenty four samples of typical black soil at depth of 40 cm of rhizosphere of *Miscanthus* at the first year old plantations particularly from heavy metals contaminated and non- contaminated sites. Nematodes were isolated by centrifugation of 100 cm³ of soil samples and from the roots and stems of *Miscanthus* using modified Biermann funnel method.

Obtained results indicated that tested soil is heavily polluted by heavy metals. In tested soil the most dangerous pollutants from three classes of contamination are found, particularly: Zn, As, Cd, Pb – 1st class Cr, Ni, Cu – 2 nd classV, Mn, Sr, Ba – 3–rd class

Totally 61 one nematode species were found at all sites. The identified taxa represent five ecological groups Plant- Parasitic (PP)+ Fa >Fungevores (FV)> Bacterivores (BV) > Predators.(OP). Plant parasitic nematodes are represented by 26 species belonging to 15 genuses : *Mononchus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Longidorus*, *Paralongidorus*, *Xiphinema*, and *Criconemoides*, *Mesocriconema*, *Paratylenchus*, *Bitylenchus*, *Merlinius*, *Sauertylechus*, *Scutylechus*, *Helicotylechus*, *Rotylechus*. Fungivores are represented by 16 species belonging to genus *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*. 8 nematode species from genuses *Cylindrolaimus*, *Cephalobus*, *Rhabditis*, *Plectus*, *Anaplectus* are assigned as bacterivores., *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Filenchus*, *Tylencholaimus*. 11 species belonging to 5 genuses: *Anatonchus*, *Clarkus*, *Mononchus*, *Prionchulus*, *Mylonchulus* were identified as predatory nematodes.in study.

The nematode assemblage in contaminated by heavy metals soil is characterized by low taxonomic diversity: index H '(1.99-2.14), relatively high level of domination C (0-38-0.49), low evenness (0.46-0.74) and low maturity index (1,92-1-98). Monitoring of nematodes community and responding to the changes of soil parameters is continuing and will be fixed each 6 month of experiment.

The study is supported by SPS MYP G4687.

Turisová I.¹, Širka P.¹, Bittnerová S.², Černý J.¹

FLORISTIC COMPOSITION AND IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON HABITATS OF COPPER HEAP PODLIPA (CENTRAL SLOVAKIA)

¹Faculty of Natural Sciences, Matej Bel University in Banska Bystrica
Tajovského 40, Banská Bystrica, 974 01, Slovakia
e-mail: ingrid.turisoval@umb.sk

²Plant Science and Biodiversity Center, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava, Slovakia

The contribution deals with the analysis of flora and vegetation of copper mine heap Podlipa near Ľubietová village in Central Slovakia in terms of the impact of increased content of selected chemical elements in the soil, especially heavy metals, pH and ecological factors derived from Ellenberg's indicator values and Shannon-Wiener diversity index.

Field research was conducted from June to October 2016.

On the mine heap we identified and evaluated 9 types of biotopes, where we recorded 111 taxa of vascular plants and 58 species of bryophytes. From each biotope a mixed representative soil sample was analyzed using ICP – MS method, in which the contents of 23 chemical elements, especially heavy metals, as well as pH were determined.

By determining the pH of soil samples, which ranged from 4.16 to 5.86, we have found that the entire heap field has sporadically extremely acidic soils that develop on the coarse skeletal debris of the heap itself.

Increased contents, compared to the standards for agricultural land of the Act of the National Council of the Slovak republic no. 220/2004 on the protection and exploitation of agricultural land, had copper, arsenic and cobalt.

Using the multidimensional analysis of ecological data by PC-ORD, we created the dendrogram of similarities of identified habitats that were divided into two clusters. The first cluster was formed by 6 non-forest habitats with tree layer covering of less than 15 % and the second cluster by 3 biotopes with a well-developed tree layer covering at least 50 % of the area. For both clusters by analyzing the synoptic table in the Juice program we determined diagnostic, constant and dominant species.

The dominant species in the first cluster there were the grasses *Agrostis capillaris* and *Agrostis stolonifera*, in the second cluster the trees from tree layer *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Quercus petraea*. In the Canoco program we have found a positive correlation between forest habitats (cluster 2) and nutrients and humidity, and between non-forest habitats (cluster 1) and light, using Canonical Correspondence Analysis (CCA). In relation to soil chemistry forest habitats were characterized by a negative correlation to the presence of most of the 23 chemical elements representing independent variables, in contrast to non-forest habitats, each of which showed a positive correlation to at least one chemical element.

From the used analyses it can be assumed that habitats, plant communities and plant species themselves are affected by several ecological and environmental factors with a synergetic effect.

The work was financially supported by VEGA grants no. 1/0538/15 and VEGA 2/0040/17.

Turisová I., Midula P., Semaníková V., Andráš P.
**MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF DOMINANT PLANTS ON MINING
DUMPS WITH DIFFERENT MINERALOGICAL COMPOSITION
(CENTRAL SLOVAKIA)**

¹Faculty of Natural Sciences, Matej Bel University in Banská Bystrica
Tajovského 40, Banská Bystrica, 974 01, Slovakia
e-mail: ingrid.turisoval@umb.sk

The aim of the contribution is to compare the influence of contaminated soil substrate on the assimilation apparatus of one of the most dominant pioneer tree *Betula pendula*. As study areas, copper deposit Podlipa and mercury deposit Veľká Studňa were selected in the vicinity of Banská Bystrica (Central Slovakia). The results were compared respectively with relevant reference areas.

Field research was realized from June to September 2016. In the soil samples, taken from root balls of 16 individual trees (5 from each heap and 3 from each reference area), pH values were measured. The results for Veľká Studňa indicates neutral conditions (pH 7 in av.), which could be caused by small local occurrence of limestones in the volcanic mountains Kremnické vrchy. On the contrary, the soil substrate of copper deposit Podlipa has an acidic character (pH 5 in av.), whereby the geological base has also the volcanic character, always without limestones. In the all soil samples, Bureau Veritas Minerals laboratory (Vancouver, Canada) by ICP – MS analytical method has determined the contents of 35 chemical elements including several heavy metals. For each individual of *Betula pendula* was also determined leaf area surface, 25 leaves in total (after 5 leaves from 5 branches). Computer software Plant Image Analyses – Easy Leaf Area was used for this purpose.

We compared the differences in the size of assimilation apparatus of *Betula pendula* in pairs of data sets from both dump-fields, as well as from their corresponding reference areas, where we have confirmed statistically significant differences at the 0.01 level of significance using the paired Student's t-test.

Various mineralogical compositions of two heaps were also confirmed by the Two-Sample Assuming Equal Variances at the 0.01 level of significance in the concentration of chemical elements in the soil, especially Cu, Mg, Ca, K, As and Zn. The impact on the assimilation apparatus of the studied wood species on each of the four localities was tested by multiple analysis of variance (ANOVA), but there was not found any significant correlations. However, the results of leaf area surface show a significant influence of habitat conditions on the assimilation apparatus among studied trees, but it is not probably caused by investigated heavy metals and another chemical elements. The anomalies are with high probability results of a synergistic effect of several ecological and environmental factors that should be an object of further research.

The work was financially supported by VEGA grants no. 1/0538/15, no. 2/0040/17 and grant APVV-0663-10.