

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРУ РОСТУ ЗА УМОВ ДІЇ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ ДОВКІЛЛЯ

О.М. Василюк

Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара. E-mail: Vasilyuk.elena@mail.ru

Досліджено загальну (GA, нМ пірвіноградної кислоти/мл·с) та питому (SA, нМ ПВК/мг·с) активність ферментів білкового метаболізму класу трансфераз (аланінамінотрансферази ALT, EC 2.6.1.2, та аспаратамінотрансферази, AST, EC 2.6.1.1) в листках *Salix alba* L., що розповсюджена по берегам річок Мокра Сура (антропогенно забрудненої з підвищеною мінералізацією, «дослід») та Шпакова (умовно чиста, «контроль»), що належать до басейну річки Дніпро індустріального та Степового Придніпров'я. Для пришвидшення вкорінення та зниження екзогенного антропогенного тиску на рослинний об'єкт використовували регулятор росту рослин «Корневін». Виявлено неспецифічну реакцію амінотрансфераз на антропогенний тиск, що пов'язано із формуванням неспецифічних механізмів адаптації для підтримки стану гомеостазу за даних умов. Визначено достовірні відмінності між дослідом та контролем у показниках білкового метаболізму залежно від умов росту та розвитку. Доведено протекторну та нівелюючу дію регулятора росту за умов підвищеної мінералізації. Зазначено доцільність використання препарату «Корневін» як адаптогена та протектора за умов техногенного навантаження.

Ключові слова: *Salix alba*, підвищена мінералізація, регулятори росту, аланінамінотрансфераза, аспаратамінотрансфераза, адаптогени, антропогенні чинники.

EFFECT OF PLANT GROWTH REGULATORS IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS

O.M. Vasilyuk

Oles' Gonchar Dnipropetrovs'k National University

The paper analyses the general (GA, nM pyruvic acid/ml·second) and specific (SA, nM pyruvic acid / mg second) transferase enzyme activity of protein metabolism (Alanine aminotransferase ALT, EC 2.6.1.2, and Aspartate aminotransferase, AST, EC 2.6.1.1) in *Salix alba* L. leaves, that planted on the banks of Mokra Sura River (anthropogenic polluted, increased level of salinity) and Shpakova River (relatively clean, control) which are parts of Dnipro River Basin of Steppe Dnipro Region. We used the plant growth regulator "Kornevin" in order to accelerate rooting and reducing of exogenous pressures on the plant. We registered the Aminotransferase nonspecific reaction towards anthropogenic pressure, which was associated with the formation of non-specific mechanisms of adaptation to support the homeostasis. We revealed the significant differences between experiment and control in index of protein synthesis and metabolism depending on the conditions of growth and development. Protective and leveling effects of growth regulator have been proved. The advisability of using the "Kornevin" as an adaptogene and a protector in variable environmental conditions have been indicated.

Key words: *Salix alba*, increased level of salinity, growth regulators, alaninaminotransferase, aspartataminotransferase, adaptogene, anthropogenic factors.

Citation:

Vasilyuk, O.M. (2016). Effect of plant growth regulators in the conditions of anthropogenic environmental factors. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (2), 268–276.

Поступило в редакцію / Submitted: 29.06.2016

Принято к публикации / Accepted: 22.08.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201657>

© Vasilyuk, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License

ВСТУП

Великого значення набувають дослідження по визначенню впливу абіотичних чинників на ріст та розвиток рослин (Dzyubak, Vasilyuk, 2009; Vasilyuk, Dzyubak, 2009; Vasilyuk, Kulik, 2010a), антропогенних чинників (Viegas and Silveira, 2002; Vestena, et all., 2011; Wang, et all, 2011; Wang, et all., 2010; Wu, et all., 2010) для захисту та прогнозування природного рослинного біорізноманіття у навколишньому середовищі. Відбувається пошук препаратів природного та синтетичного походження для зниження екзогенного навантаження на сільсько-господарські культури в агрофітоценозах кукурудзи (Vasilyuk, Vinnichenko, 2006; Vinnichenko, Vasilyuk, 2006), деяких видах деревних культур (Vasilyuk, 2010a; Vasilyuk, Kulik, 2010b), рослин трав'яного покриву та тваринного різноманіття (Булахов, Пахомов, 2006; Pakhomov, Vasilyuk, 2011; Vasilyuk, 2013a,b,c; Vasilyuk, Pakhomov, 2014; Vasilyuk, 2015; Vasilyuk, 2016), оскільки за даних умов, як реакція на стрес, змінюються фізіолого-морфометричні (Vasilyuk, 2009; Vasilyuk, 2010b) та біохімічні (ферментативна активність, процеси фотосинтезу) показники (Vasilyuk and Kulik, 2008a,b; Kulik and Vasilyuk, 2010).

В наших дослідженнях у якості тест - об'єкту було обрано вербу білу (*Salix alba* L.), що характеризується гарним ростом на кислих та нейтральних ґрунтах, погано розвивається на лужних, не розвивається на солоних, солонцюватих та солончакових, стійка до низького вмісту кисню у ґрунті, світлолюбна, мезофіт з деякими ознаками гігрофітів, стійка до помірного й холодного клімату, морозостійка, не стійка до високих температур, вітростійка (Levitsky, 1965; Morozov, 1950, Pravdin, 1952; Skvortsov, 1968) За умов різких коливань низьких та високих температур, значної інсоляції і незначного зволоження Степового Придніпров'я малі річки зазнають значної мінералізації (Kulik et al., 2008), а тому рослинні види деревних культур, що домінують по берегам малих річок, пристосованих за даних умов, не чисельні.

Але район дослідження характеризується не тільки напруженими екологічними умовами, але і потужними антропогенними чинниками Так, вплив антропогенного забруднення у досліджуваній зоні пов'язаний із техногенними викидами речовин як органічної природи: ацетон (C_3H_6O), фенол (C_6H_6O), толуол (C_7H_8), бензол (C_6H_6), ксилол (C_8H_{10}), нафталін ($C_{10}H_8$), так і неорганічної (SO_2 , CO_2 , NO_2 , H_2S , солі важких металів Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) заводів металургійного (Дніпропетровський трубний завод, «Дніпропетровський металургійний завод), коксохімічного («Дніпропетровський коксохімічний завод»), хімічного («Дніпропетровський лакофарбовий завод»), машинобудівного («Південний машинобудівний завод»), металургійного обладнання («Дніпропетровський завод металургійного обладнання») виробництв.

Для оцінювання стійкості рослин до природних та антропогенних чинників (Vasilyuk and Kulik, 2009a,b) використовували один із таких показників, як загальна та питома активності ферментів переамінування ALT та AST, як досить чутливих до зміни навколишнього середовища. Відомо, що у білковому обміні рослин значну роль відіграють реакції переамінування аспарагінової та глютамінової кислот. Дані ензими мають велике значення для мобілізації білкового синтезу у напрямку формування стійкості рослин та синтезу білків-адаптогенів на мікро- рівні, що сприяє протекторним властивостям рослин на організменому рівні. Вивчення адаптивної реакції трансфераз на зміни умов довкілля на цій культурі, в порівнянні з іншими, недостатньо (Vasilyuk, Gritsenko, 2008; Vasilyuk, Kulik, 2011), а роботи у даному напрямку не чисельні. Для зниження антропогенного тиску використовували регулятор росту рослин (PPP) «Корневін». «Корневін» це препарат на основі індоліл-3-масляної кислоти, синтетичний аналог природних ауксинів, стимулює поділ клітин паренхіми, що зумовлює ріст клітин меристем у фазі розтягнення та швидко диференціацію корневих зачатків у базальній частині кореня (Shevelukha, 1990).

Мета роботи - вивчити вплив PPP на загальну та питому активність ферментів ALT та AST в листках *Salix alba* L., як досить чутливих маркерів екзогенного навантаження, залежно від умов росту та розвитку.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експеримент проводили в умовах малих річок Степового Придніпров'я - Мокра Сура (антропогенно забруднена, підвищена мінералізація) та Шпакова (умовно чиста). У роботі використовували живці *S. alba* L. довжиною 50 см, діаметром 1,5-2см (понад 500 рослин), які висаджували по урізку

води р. Мокра Сура та р. Шпакова на відстані 2-2,5м один від одного. Перед висадкою частину рослин для прискорення ризогенезу замочували у регуляторі росту рослин «Корневін» (дослід), а іншу у дистильованій воді (контроль). Дослід виконували за схемою: I блок: №1 Контроль (р. Шпакова), №2 дослід (р. Мокра Сура); блок II: №1 Контроль (дистильована вода), №2 «Корневін» для рослин по берегам р. як Мокра Сура, так і р. Шпакова. «Корневін» використали згідно інструкції. Досліджено загальну та питому активність ферментів білкового метаболізму класу трансфераз аланінамінотрансфераза (ALT, EC 2.6.1.2) та аспартатамінотрансфераза (AST, EC 2.6.1.1) в листках *S. alba* L. в умовах польового дослідження впродовж вегетаційного періоду.

Ензими ALT та AST (Goodwin, Mercer, 1986; Kurgalyuk et al., 2002; Vabadjanova, 2002) є частиною ферментативної системи, за допомогою якої утилізується первинний продукт фотосинтезу C_4 групи рослин-аспартат, який синтезується у мезофілі листка та направляється до клітин обкладки судинних пучків. За допомогою AST у цих клітинах відбувається декарбоксилювання аспартату, що утворився у мезофілі листка, до пірвіноградної кислоти (ПВК) та діоксида карбону. Пірват амінується за допомогою ALT до аланіну і повертається до мезофілу листка, де дезамінується за участю ALT.

Визначали загальну (GA, нМ ПВК/мл·с) та питому активність (SA, нМ ПВК/мг·с) ферментів ALT та AST методом Польового та Максимова (Polevoy, Maximov, 1978). Концентрацію білку (мг/мл розчину) визначали за методом Бредфорд (Bradford, 1976).

Отримані результати оброблені статистично ($P < 0.05$), повторність триразова, об'єм вибірки – 30. Гарантія надійності висновку про суттєвість або несуттєвість відмінностей (різниць) між середніми незалежних вибірок розраховували за t -критерієм Стьюдента (Доспехов, 1985).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Порівнюючи між собою екологічні умови росту *S. alba* (р. Мокра Сура та р. Шпакова), спостерігали загальне достовірне підвищення фону трансферазної активності (як загальної, так і питомої) в листках *S. alba* L., що висаджували по берегам р. Мокра Сура (дослід) у порівнянні із контролем (р. Шпакова) на 34% та 30% (GA, ALT та GA AST), на 25% та 22% (SA, ALT та SA, AST) відповідно, що пояснюється різницею в умовах росту та розвитку рослин, токсичним впливом антропогенних викидів навколишнього середовища (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив умов росту на загальну та питому активність ферментів переамінування (% відносно контролю)

Варіанти дослідження	Показники			
	GA, ALT, %	SA, ALT, %	GA AST, %	SA, AST, %
№1 Контроль (р. Шпакова)	100	100	100	100
№2 р. Мокра Сура	134*	125*	130*	122*

* – достовірність відмінності між дослідним варіантом та контролем; $P < 0.05$

Порівнюючи між собою екологічні умови росту *S. alba* L. (р. Мокра Сура та р. Шпакова) при додаванні PPP «Корневін», дослідили достовірне підвищення показників, що визначали, на 21% та 17% (GA, ALT та GA AST) на 22% та 19% (SA, ALT та SA, AST) відповідно відносно контролю (р. Шпакова + PPP), але дані нижчі, ніж у попередньому досліді (табл. 1), що пояснюється протекторною та стабілізуючою дією PPP, що наблизила дослідні показники до контрольних (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив умов росту на загальну та питому активність ферментів переамінування на фоні дії PPP «Корневін» (% відносно контролю)

Варіанти дослідження	Показники			
	GA, ALT, %	SA, ALT, %	GA AST, %	SA, AST, %
№1 Контроль (р. Шпакова) + PPP	100	100	100	100
№2 р. Мокра Сура + PPP	121*	122*	117*	119*

* - див. табл. 2.

При дослідженні роботи ферментативної активності, що забезпечує білковий обмін (конкретно за умов річки Мокра Сура, що є антропогенно забрудненою з підвищеною мінералізацією) та при внесенні PPP «Корневін» для прискорення вкорінення живців *S. alba* L., спостерігали, що загальна активність фермента аланінамінотрансферази достовірно від контролю (дистильована вода) не відрізнялась, нульова гіпотеза (H_0) про суттєвість відмінностей між дослідом та контролем не спростована, що доводить протекторні характеристики PPP. Додавання PPP «Корневін» не сприяло відновленню загальної активності ферменту аспартатамінотрансферази (активність знижена на 15% відносно контролю), що, можливо, пояснюється потужним антропогенним тиском, нездатністю систем до тотального відновлення, як реакції на стрес та повного забезпечення формування неспецифічних адаптаційних механізмів, а тільки застосуванням коливального механізму у почерговій зміні активностей завдяки спорідненості роботи даних ензимів з економією рослинних організмених ресурсів за даних умов (табл. 3).

Таблиця 3. Ефект дії PPP на загальну активність ALT та AST у листках *S. alba* L. в умовах р. Мокра Сура

Варіант досліджу	X ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
GA, ALT		
Контроль (дистильована вода)	16,60±0,75	100/97
PPP «Корневін»	16,20±1,13	
GA, AST		
Контроль (дистильована вода)	6,50±0,43	100/85
PPP «Корневін»	5,50±0,56	

тут і надалі: X – середня; SD – стандартне відхилення; * – достовірність відмінності між дослідним варіантом та контролем; $P < 0.05$.

Значення питомої активності (SA, ALT) за даних умов (р. Мокра Сура) достовірно підвищено у порівнянні із контролем (дистильована вода) при внесенні PPP «Корневін» на 18%, що пов'язано із зниженням концентрації водорозчинної білкової фракції за умов антропогенного навантаження. Питома активність ензиму AST (SA, AST) достовірно від контролю (дистильована вода) не відрізнялась, H_0 не спростована, що пов'язано із стабілізуючою дією PPP. Коливання активностей трансфераз, збільшення активності одного ферменту за рахунок іншого (спорідненого) формує адаптаційні механізми, що запобігає перенавантаженням біохімічних процесів, зберігає стан гомеостазу та забезпечує економію пластичних та енергетичних ресурсів при зміні антропогенного тиску (табл. 4).

Таблиця 4. Ефект дії PPP на питому активність ALT та AST в листках *S. alba* L. в умовах р. Мокра Сура

Варіант досліджу	X ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
SA, ALT		
Контроль (дистильована вода)	19,70±1,06	100/118
PPP «Корневін»	23,39±1,54	
SA, AST		
Контроль (дистильована вода)	7,70±0,82	100/104
PPP «Корневін»	8,0±1,19	

При дослідженні ензиматичної активності білкового метаболізму конкретно за умов р. Шпакова (умовно чиста) загальна активність аланінамінотрансферази була достовірно (на 8%) вища у порівнянні із контролем, тоді як загальна активність ферменту аспартатамінотрансферази була на 6% недостовірно знижена відносно контролю (дистильована вода) при внесенні PPP (табл. 5).

Питома активність трансфераз конкретно в умовах р. Шпакова (умовно чиста) при додаванні PPP відповідала загальним тенденціям коливань активностей даних споріднених ферментів, що забезпечує чергування адаптаційних механізмів та економію ресурсів організму. Ці показники були

Таблиця 5. Ефект дії PPP на загальну активність ALT та AST в листках *S. alba* L. в умовах р. Шпакова

Варіант досліджу	X ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
GA, ALT		
Контроль (дистильована вода)	12,40±0,45	100/108
PPP «Корневін»	13,40±0,91	
GA, AST		
Контроль (дистильована вода)	5,0±0,20	100/94
PPP «Корневін»	4,69±0,36	

дещо вищими у порівнянні із попередніми (р. Мокра Сура, де за умов підвищеної мінералізації та антропогенних чинників протекторні характеристики PPP зазнали значної вичерпаності при нівелюванні екзогенного тиску (табл. 4) та становили 21% та 6% відносно контролю (дистильована вода) відповідно (табл. 6).

Таблиця 6. Ефект дії PPP на питому активність ALT та AST в листках *S. alba* L. в умовах р. Шпакова

Варіант досліджу	X ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
SA, ALT		
Контроль (дистильована вода)	15,8±1,32	100/121
PPP «Корневін»	19,2±0,27	
SA, AST		
Контроль (дистильована вода)	6,3±0,49	100/106
PPP «Корневін»	6,7±0,47	

ВИСНОВКИ

Трансферазна активність є досить чутливим індикатором стресового стану різного походження, вона формує певний механізм неспецифічних адаптивних реакцій рослинного організму. Відгук рослинного організму на стрес має неспецифічний характер, що дає можливість не тільки характеризувати зміну та напрямок метаболізму, а і використовувати їх для оцінювання ступеню забруднення середовища.

Ферментативна активність трансферазних ензимів була підвищена за умов екзогенного забруднення (р. Мокра Сура, підвищена мінералізація) у порівнянні із умовно незабрудненим середовищем (р. Шпакова). Виявлено стабілізуючу (р. Мокра Сура, антропогенно забруднена, підвищена мінералізація) та дещо активуючу (р. Шпакова) дію регулятору росту «Корневін» відносно контролю (дистильована вода), що доводить його протекторну роль в умовах антропогенного тиску. Вважаємо доцільним використання PPP як адаптогену і протектору за даних умов техногенного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Bradford, M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72. - P. 248–254.
- Pakhomov O.E., Vasilyuk O.M., 2011. Activity of Trans-Amimation enzymes as the indicator of biological revegetation of soils Mammalia in transformed ecosystems / The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): "Environmental and food security in South-East Europe and Ukraine", NATO Science Series book. – Dnipropetrovsk. - P. 74–75.
- Vasilyuk O.M., 2013a. Effect of *Nickel* on Aspartate Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. leaves subject to excretory function of Mammalia. // *Zprávy vědecké ideje-2013» Materiály IX mezinárodní vědecko-praktická konference, Díl 19: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha: Education and Science.* – P. 15–23.
- Vasilyuk O.M., 2013b. Effect of *Nickel* on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. leaves subject to excretory function of Mammalia «*Perspektywiczne opracowania sa Nauka I technikami 2013» Materiály*

- IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Przemysł: Nauka i studia.– Dł 29. Nauk biologicznych. – P. 28–36.
- Vasilyuk O.M., 2013c. Effect of lead on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. leaves subject to digging function of Mammalia // «Vědecký Průmysl Evropského kontinentu 2013» Materiály IX mezinárodní vědecko-praktická conference. Dł 28: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie., Praha: «Education and Science». - P. 11–17.
- Vasilyuk, O.M., Dzyubak, O.I., 2009. Physiological and biochemical parameters of plants as markers of a condition of environment // Proceed. I International scientific conference of students and young scientists “Fundamental and applied research in biology”, v.2, Donetsk, «Veber», P. 348–349.
- Vasilyuk O.M., Kulik A.F., 2009. The Peroxidase change activity in the mine reclamation soil in the West Donetsk Basin Region // Збірка матеріалів II Міжнародної конференції «Сучасні проблеми біології, екології та хімії», Запоріжжя. 2009. – P.36–37.
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A. F., 2011. The trans-Amination enzyme activity in the leaves of *Sambucus nigra* L. under high mineralization of small rivers of Steppe Dnieper Region // The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): “Environmental and food security in South–East Europe and Ukraine”, NATO Science Series book. – Dnipropetrovs’k, – P. 85–86.
- Vasilyuk, O.M., Pakhomov, A.E., 2014. Effect of lead ions on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* leaves subject // Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach. Ser. Natural sciences. Edition 2 – d. Research articles. B&M Publishing San Francisco, California, USA, B&M Publishing Research and Publishing Center “Colloquium”. Vol. 1. - P. 19– 26.
- Vestena, S., Cambraia, J., Ribeiro, C., Oliveira, J.A., Oliva, M.A., 2011. Cadmium induced oxidative stress and anti-oxidative enzyme response in water hyacinth and salvinia. *Braz. J. Plant Physiol.* 23(2), – P. 131–139.
- Viegas, R.A., Silveira, J.A.G., 2002. Activation of nitrate reductase of cashew leaf by exogenous nitrite. *Braz. J. Plant Physiol.* 14(1). – P. 39–44.
- Wang, J.B., Chen, Z.H., Chen, L.J., Zhu, A.N., Wu, Z.J., 2011. Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. *Plant Soil Environ.*, 6, P. 251–257.
- Wang, J., Li, W., Zhang, C., Ke, S., 2010. Physiological responses and detoxification mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of *Paulownia fortunei* J. *Environ. Sci.* 22(12). - P. 1916–1922.
- Wu, F.Y., Bi, Y.L., Leung, H.M., Ye, Z.H., Lin, X.G., Wong, M.H., 2010. Accumulation of As, Pb, Zn, Cd and Cu and arbuscular mycorrhizal status in populations of *Cynodon dactylon* grown on metal-contaminated soils. *Appl. Soil Ecol.* 44(3). - P. 213–218.
- Аминотрансферазна активація постачання субстратів у цикл Кребса за умов стресу у щурів з різною резистентністю до гіпоксії і роль оксиду азоту / Н. М. Кургалюк, О. В. Інкрет, В. К. Рибальченко та ін. // Доповіді НАНУ. – 2002. – № 2. – С. 182–188.
- Бабаджанова М.А., Бакаева, М.П. Функциональные свойства мультиферментного комплекса ключевых ферментов цикла Кальвина // Физиология растений. – 2000. – Т. 47. – С. 27–36.
- Булахов В. Л., Пахомов О.С. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ссавці (Mammalia). – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2006. – 356 с.
- Василюк О.М. Фізіолого – морфометричні показники стану рослин як маркери дії екзогенних чинників // Науковий Вісник Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського, Біологічні науки, 24, 4(1), Миколаїв, 2009. – С. 52–57.
- Василюк О.М. Вплив РРР на морфо метричні показники живців *Salix alba* L. в умовах Степу України // Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково–практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Наука. Молодь. Екологія-2010», Житомир, 2010. – С. 17–21.
- Василюк О.М. Вплив засолення на біохімічні показники в листках *Salix alba* L. на фоні дії регуляторів росту рослин гумінової природи// Матеріали Міжнародної науково–практичної конференції «Біорізноманіття: теорія, практика та методичні аспекти вивчення у загальноосвітній та вищій школі, Полтава, 2010. – С. 54–56.
- Василюк О.М. Морфо–фізіологічні особливості росту та розвитку рослин в умовах підвищеної мінералізації // Біологічний Вісник МДПУ. – 2015. 5 (3). – С. 18–31.
- Василюк О.М. Вплив абіотичних чинників на морфо–фізіологічні особливості росту та розвитку рослин на фоні протекторної дії продуктів вермікультури Біологічний вісник МДПУ. 2016. №1. – С. 342–360.
- Василюк О.М., Вінниченко О.М. Вплив біологічно активних речовин на активність каталази кукурудзи різних генотипів на фоні дії аценіту // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. –2006. 14(1). – С. 26–30.
- Василюк О.М., Гриценко П.В. Вплив регуляторів росту на активність ферментів переамінування в листі та коренях *Salix alba* L. // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. – 2008– 16(1). – С. 34–40.

- Василюк О.М., Кулік А.Ф. Вплив регуляторів росту на активність транспептидази в коренях *Salix alba* L залежно від умов росту / Василюк О.М.// Матеріали 4 міжнародної молодіжної наукової конференції «Доквілля-XXI», Дніпропетровськ, 2008. – С.22–24.
- Василюк О.М., Кулік А.Ф. Вплив регуляторів росту на активність транспептидази в листках *Salix alba* L залежно від умов росту / Василюк О.М.// Матеріали Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми сучасної біохімії та клітинної біології», Дніпропетровськ, 2008. – С. 90.
- Василюк О.М., Кулік А.Ф. Фізіолого–біохімічні показники стану деревних рослин в умовах промислових зон Степового Придніпров'я // Матеріали Всеукраїнської науково–практичної конференції «Екологічні питання співіснування: людина – рослина», Дніпропетровськ, Всеукраїнська Екологічна Ліга, 2009. – С. 127–132.
- Василюк О. М., Кулік А.Ф. Біолого-екологічні особливості живців *Salix alba* L. в умовах різної мінералізації малих річок Степового Придніпров'я // Матеріали V Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених «Екологічний Інтелект-2010», Дніпропетровськ, 2010. – С. 18–21.
- Василюк О.М., Кулік А.Ф. Вплив сульфат–іонів на кількісний склад хлорофілів в листках *Salix alba* L. на фоні дії PPP природного та синтетичного походження // Збірник матеріалів П'ятої Міжнародної науково–практичної конференції Radostim 2009 «Гумінові речовини і фітогормони у сільському господарстві», Дніпропетровськ, 2010. – С. 119–121.
- Вінниченко О.М., Василюк О.М. Вплив біологічно активних речовин на активність каталази різних генотипів кукурудзи на фоні дії гербіцидів // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. –2006. – 14(2). – С. 38–43.
- Гудвін Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений: В 2 т. / Пер. с англ. М.: Мир, 1986. - 393 с.
- Дзюбак О.І., Василюк О.М. Вплив хлоридного засолення на морфометричні та біохімічні показники рослин у динаміці росту та розвитку // Матеріали I міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології», том II, Донецьк, «Вебер», 2009. – С. 231–232.
- Доспехов В. А. Методика полевого опыта. – М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
- Методы биохимического анализа растений /под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1978. – 192 с.
- Кулік А.Ф. Барановський Б.О., Василюк О.М. Відновлення та збереження біогеоценозів малих річок Придніпров'я // Матеріали міжнародної наукової конференції «Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманіття», Львів, 2008. – С. 225–226.
- Кулік А.Ф., Василюк О.М. Вплив сульфат–іонів на накопичення фотосинтетичних пігментів в листках *Salix alba* L. на фоні дії регулятору росту рослин гумінової природи // Збірник матеріалів П'ятої Міжнародної науково–практичної конференції Radostim 2009 «Гумінові речовини і фітогормони у сільському господарстві», Дніпропетровськ, 2010. – С. 117–118.
- Левицкий И.И. Ива и ее использование. - М.: Лесная промышленность, 1965. – 98 с.
- Морозов И.Р. Ивы СССР, их использование и применение в защитном лесоразведении. М.—Л.: Гослесбумиздат, 1950. – 167 с.
- Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. - М.: АН СССР, 1952. – 168 с.
- Скворцов А.К. Ивы СССР. М.: Изд-во «Наука». – 1968. – 262 с.
- Шевелюха В.С. Регуляторы роста растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 185 с.

REFERENCES

- Babadjanova, M.A., Vakaeва, M.P. (2000). Multienzyme complex functional properties of key enzymes of the Calvin cycle. *Plant Physiology*, 47, 27–36 (in Russian).
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*, 72, 248–254.
- Bulakhov, V.L., Pakhomov, O.Y. (2006). *Biological diversity of Ukraine. Dnipropetrovsk region. Mammals (Mammalia)*. Dnipropetrovsk: Dnipropetrovsk University Press (in Ukrainian).
- Dospikhov, V.A. (1985). *Methods of experience of the field*. Moscow: Agroprom Press (in Russian).
- Dzyubak, O.I., Vasilyuk, O.M. (2009). *Effect of chloride salinity on morphometric and biochemical indices in the dynamics of plant growth and development*. Proceed. I International Scientific Conference “Fundamental and applied research in biology”. Donetsk: Veber (in Ukrainian).
- Goodwin, T., Mercer, E. (1986). *Introduction to the biochemistry of plants: 2 volumes*. Kretovych V.P. (Ed.). Moscow: Mir, Academic Press (in Russian).
- Kulik, A.F., Baranowski, B.O., Vasilyuk O.M. (2008). *Restoration and conservation the biogeocenosis of the small rivers of the Dnieper region*. Proceed. International conference The significance and prospects of stationary research for biodiversity conservation. Lviv (in Ukrainian).

- Kulik, A.F., Vasilyuk, O.M. (2010). *Effect of plant growth regulators of humic nature on photosynthetic pigments accumulation in Salix alba L. leaves in condition of sulfate ions water salinity*. Proceed. V International Scientific and Practical Conference 'RADOSTIM 2009 humic substances and phytohormones in agriculture'. Dnipropetrovs'k (in Ukrainian).
- Kurgalyuk, N.M., Inkret, A.V., Ribalchenko, V.K. (2002). Aminotransferase activation supplying substrates in the Krebs cycle under conditions of stress in rats with different resistance to hypoxia and the role of nitric oxide. *Reports of National Academy of Sciences*, 2, 182–188 (in Ukrainian).
- Levitsky, I.I. (1965). *Willow and its use*. Moscow: Lesnaya promyshlennost. (in Russian).
- Morozov, I.R. (1950). *Willows of the USSR, their use and application in protective forestation*. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat (in Russian).
- Pakhomov O.E., Vasilyuk O.M. (2011). *Activity of Trans-Amimation enzymes as the indicator of biological revegetation of soils Mammalia in transformed ecosystems*. The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): "Environmental and food security in South-East Europe and Ukraine", NATO Science Series book. Dnipropetrovs'k.
- Polevoy, V., Maximov, G. (1978). *Methods of analysis biochemically of plants*. Leningrad: Leningrad University Press (in Russian).
- Pravdin, L.F. (1952). *Willow, its culture and use*. Moscow: USSR Academy of Sciences (in Russian).
- Skvortsov, A.K. (1968). *Willows of the USSR*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Shevelukha, V.S. (1990). *Plant growth regulators*. Moscow: Agroprom Press (in Russian).
- Vasilyuk, O.M. (2009). Physiological and morphometric characteristics of plants as markers of exogenous factors. *Scientific Bulletin of Volodymyr Sukhomlynsky Mykolayiv State Univ. Ser. Biol. Sci.*, 24, 4(1), 52–57 (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2010a). *Effect of plant growth regulators on the morphometric parameters of Salix alba L. cuttings in Ukraine Steppe conditions*. Proceed. VI All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Science. Young. Ecology-2010». Zhitomir (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2010b). *Effect of plant growth regulators of humic nature on biochemical parameters in leaves of Salix alba L. in condition of water salinity*. Proceed. International Scientific and Practical Conference "Biodiversity: theory, practice and methodological aspects of studying in secondary and high school". Poltava. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2013a). *Effect of Nickel on Aspartate Aminotransferase activity in Glechoma hederacea L. leaves subject to excretory function of Mammalia*. Proceed. IX International Scientific and Practical Conference "Zprávy vědecké ideje-2013» Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha: Education and Science.
- Vasilyuk, O.M. (2013b). *Effect of Nickel on Alanine Aminotransferase activity in Glechoma hederacea L. leaves subject to excretory function of Mammalia*. Proceed. IX International Scientific and Practical Conference «Perspektywiczne opracowania sa Nauka I technikami 2013» Nauk biologicznych. Przemysl: Nauka I studia.
- Vasilyuk, O.M. (2013c). *Effect of lead on Alanine Aminotransferase activity in Glechoma hederacea L. leaves subject to digging function of Mammalia*. Proceed. IX mezinárodní vědecko-praktická conference «Vědecky Prumysl Evropskeho kontinentu 2013»: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha: Education and Science.
- Vasilyuk, O.M. (2015). Morpho-physiological characteristics of growth and development of plants in condition of high salinity. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 5(3), 18–31 (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2016). Effect of protective function of Vermiculture products on morphological and physiological characteristics of growth and development of plants in the condition of abiotic factors. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 6(1), 342–360.
- Vasilyuk, O.M., Dzyubak, O.I. (2009). Physiological and biochemical parameters of plants as markers of a condition of environment. Proceed. International scientific conference of students and young scientists Fundamental and applied research in biology. Donetsk: Veber.
- Vasilyuk, O.M., Gritsenko, P.V. (2008). Influence of growth regulators on activity of transamination enzymes in leaves and roots of *Salix alba L.* *Visnyk Dnipropetrovskogo Universitetu. Seria Biologia. Ekologia*, 16(1), 34–40 (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2008a). *Effect the plants growth regulators on Transpeptidase enzyme activity in Salix alba L. roots depending on the growth condition*. Proceed. International scientific conference of young scientists Environment-XXI. Dnipropetrovs'k (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2008b). *Effect the plant growth regulators on Transferase enzyme activity in Salix alba L. leaves depending on growth conditions*. Proceed. All-Ukrainian Scientific Conference Actual problems of modern biochemistry and cell biology. Dnipropetrovs'k (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik A.F. (2009a). *The Peroxidase change activity in the mine reclamation soil in the West Donetsk Basin Region*. Proceed. II International conference «Current problems of biology, ecology and chemistry». Zaporizhzhia.

- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2009b). *Physiological and biochemical indicators of ligneous plants in condition of the Steppe Dnieper Region industrial zone*. Proceed. All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «“Environmental issues of coexistence: a man-a plant”». Dnipropetrovs’k: Ukrainian Environmental League (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2010a). *Effect of water salt content on biology-ecological characteristics of Salix alba L. cuttings in conditions of small rivers of the Steppe Dnieper region*. Proceed. V International Scientific and Practical Conference of young scientists «Environmental Intelligence-2010». Dnipropetrovs’k (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2010b). *Effect of plant growth regulators of synthetic origin on chlorophyll quantitative composition in Salix alba L. leaves in condition of sulfate ions water salinity*. Proceed. V International Scientific and Practical Conference ‘RADOSTIM 2009 humic substances and phytohormones in agriculture’. Dnipropetrovs’k (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2011). *The trans-Amimation enzyme activity in the leaves of Sambucus nigra L. under high mineralization of small rivers of Steppe Dnieper Region*. The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): “Environmental and food security in South-East Europe and Ukraine”, NATO Science Series book. Dnipropetrovs’k.
- Vasilyuk, O.M., Pakhomov, A.E. (2014). *Effect of lead ions on Alanine Aminotransferase activity in Glechoma hederacea leaves subject*. Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach. Ser. Natural sciences. B&M Publishing San Francisco, California, USA, B&M Publishing Research and Publishing Center “Colloquium”.
- Vasilyuk, O.M., Vinnichenko, O.M. (2006). Effect of biologically active substances on activity of catalase of corn of various genotypes on the background of acenite action. *Visnyk Dnipropetrovskogo Universitetu. Seria Biologia. Ekologia*, 14(1), 26–30 (in Ukrainian).
- Vinnichenko, O.M., Vasilyuk, O.M. (2006). Influence of biologically active substances on a catalase activity in various genotypes maize against a background of herbicides action. *Visnyk Dnipropetrovskogo Universitetu. Seria Biologia. Ekologia*, 14(2), 38–43 (in Ukrainian).
- Vestena, S., Cambraia, J., Ribeiro, C., Oliveira, J.A., Oliva, M.A. (2011). Cadmium induced oxidative stress and anti-oxidative enzyme response in water hyacinth and salvinia. *Braz. J. Plant Physiol.*, 23(2), 131–139.
- Viegas, R.A., Silveira, J.A.G. (2002). Activation of nitrate reductase of cashew leaf by exogenous nitrite. *Braz. J. Plant Physiol.*, 14(1), 39–44.
- Wang, J.B., Chen, Z.H., Chen, L.J., Zhu, A.N., Wu, Z.J. (2011). Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. *Plant Soil Environ.*, 6, 251–257.
- Wang, J., Li, W., Zhang, C., Ke, S. (2010). Physiological responses and detoxific mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of *Paulownia fortunei*. *J. Environ. Sci.*, 22(12), 1916–1922.
- Wu, F.Y., Bi, Y.L., Leung, H.M., Ye, Z.H., Lin, X.G., Wong, M.H. (2010). Accumulation of As, Pb, Zn, Cd and Cu and arbuscular mycorrhizal status in populations of *Cynodon dactylon* grown on metal-contaminated soils. *Appl. Soil Ecol.*, 44(3), 213–218.