



О.М. Василюк

**ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ
ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН НА ФОНІ
ПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ ПРОДУКТІВ ВЕРМІКУЛЬТУРИ**

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

E-mail: Vasilyuk.elena@mail.ru

Досліджено вплив $MgSO_4$ на морфометричні особливості *Salix alba* L., що характеризується високими темпами росту та розвитку. Внесено Mg у вигляді $MgSO_4 \cdot 3H_2O$ у концентрації 2,5 г/л з урахуванням водності солі у дослідні розчини з *S. alba* L. як однофакторна дія, так і комплексно із регулятором росту рослин (PPP) природного походження «Гумісол». Дані дослідження довели токсичність $MgSO_4$ у концентрації 2,5 г/л упродовж усього терміну росту та розвитку. Так, $MgSO_4$ токсично впливав на ріст та розвиток рослин за весь період спостереження. З'ясовано наявність оберненої кореляції ($R = -0,99$) між токсичністю солі та віком досліджуваних рослин (на прикладі приросту довжини пагонів та листових пластинок *S. alba* L.) і позитивної кореляції ($R = 0,99$) при дослідженні приросту коренів, що пов'язано із безпосереднім контактом ризосфери із негативним стресовим чинником.

Додавання PPP «Гумісол» в 2-3 рази прискорювало темпи фізіологічних процесів росту та розвитку пагонів і коренів та не активувало ріст листової пластинки відносно контролю. Комбінована дія солей магнію та PPP нівелювала токсичність концентрації сульфату магнію, прискорювала ріст рослин або наближала їх темпи росу до контрольних показників, сприяючи адаптаційним механізмам рослин та забезпечуючи протекторну роль у захисті від надмірного засолення та його негативних наслідків. Надано рекомендації стосовно доцільності використання «Гумісолу» як природного продукту, вермікультури, адаптогену, протектору та добривного препарату природного походження, що забезпечує використання екологічних послуг біоти без завдання шкоди довкіллю, за умов надмірного тиску абіотичних чинників на рослинний організм при сольовому навантаженні.

Ключові слова: продукти вермікультури, регулятори росту рослин, підвищена мінералізація, адаптогени, протектори



O.M. Vasilyuk

EFFECT OF PROTECTIVE FUNCTION OF VERMICULTURE PRODUCTS ON MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS IN THE CONDITION OF ABIOTIC FACTORS

Oles' Gonchar Dnipropetrovs'k National University

E-mail: Vasilyuk.elena@mail.ru

The effect of $MgSO_4$ on morphometric specifics of the *Salix alba* L., which characterized by high rates of growth and development is investigated. Mg^{2+} was added in the form of $MgSO_4 \cdot 3H_2O$ at a concentration of 2.5 g/l considering of salt water content in the research solutions with *S. alba* L. and combined with plant growth regulator (GR) of natural origin Humisol. These studies have shown toxicity of $MgSO_4$ at a concentration of 2.5 g/l during all the period of growth and development. So, $MgSO_4$ had toxic effect on plant growth and development within whole period of observation. We registered negative correlation ($R = -0.99$) between toxic properties of salt and the age of the studied plants (for example, the growth rate of shoots and leaf blades by *S. alba* L.) and positive correlation ($R = 0.99$) while studied the root growth rate, which was caused by the direct contact of rhizosphere and negative stressors.

The GR Humisol accelerated the rate of physiological processes of growth and development of shoots and roots in 2-3 times, but the growth of leaf blade was not activated regards the control. The combined effect of magnesium salts and GR levelled toxic concentrations of magnesium sulphate were accelerated plant growth or stimulated growth up to control values, promoted adaptation mechanisms of plants and provided a protective role against excessive salinity. We suggested using the Humisol as a natural product, vermiculture, adaptogene, protector, and fertilizer agent of natural origin, which provides for biota to consume the environmental services without damage to the environment under conditions of excessive pressure of salt stress on plant organism.

Keywords: vermiculture products, plant growth regulators, water salinity, adaptogens, protectors

Е.М. Василюк

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ НА ФОНЕ ПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ ВЕРМИКУЛЬТУРЫ

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

E-mail: Vasilyuk.elena@mail.ru

Исследовано влияние $MgSO_4$ на морфометрические особенности вида *Salix alba* L., который характеризуется высокими темпами роста и развития. Вносили Mg в виде $MgSO_4 \cdot 3H_2O$ в концентрации 2,5 г/л с учетом водности соли в экспериментальный раствор с *S. alba* L. как однофакторное воздействие, так и комплексно, с регулятором роста растений (PPP) природного происхождения «Гумисол». Данные исследования выявили токсичность $MgSO_4$ в концентрации 2,5 г/л в течение всего срока роста и развития. Так, $MgSO_4$ токсично влиял на рост и развитие растений за весь период



наблюдения. Установлена негативная корреляция ($R = -0,99$) между токсичностью соли и возрастом исследуемых растений (на примере прироста длины побегов и листовых пластинок *S. alba* L.) и положительная корреляция ($R = 0,99$) при исследовании прироста корней, что связано с непосредственным контактом ризосферы с негативным стрессовым фактором.

Добавление РРР «Гумисол» ускорило в 2-3 раза темпы физиологических процессов роста и развития побегов и корней, однако не активировало рост листовой пластинки относительно контроля. Комбинированное действие солей магния и РРР нивелировало токсичность данной концентрации сульфата магния, ускорило рост растений, приближало их темпы роста по отношению к контрольным показателям, способствуя адаптационным механизмам растений и обеспечивая протекторную роль в защите от чрезмерного засоления и его негативных последствий.

Даны рекомендации относительно целесообразности использования препарата «Гумисол» как природного продукта, вермикюльтуры, адаптогена, протектора и удобрения природного происхождения, что обеспечивает использование экологических услуг биоты без ущерба окружающей среде в условиях избыточного давления абиотических факторов на растительный организм при солевой нагрузке.

Ключевые слова: продукты вермикюльтуры, регуляторы роста растений, повышенная минерализация, адаптогены, протекторы

ВСТУП

З'ясовано, що узгоджена робота екосистеми залежить від злагодженої роботи усіх складових біоти (Bulakhov and Pakhomov, 2006; Kulik and Vasilyuk, 2009). Антропогенні чинники в умовах Степу України ускладнюють екологічну ситуацію (Vasilyuk, 1997; Vasilyuk and Kulik, 2008; Vasilyuk, Pakhomov, 2014a) Придніпров'я на фоні дії абиотичних чинників: дефіцит зволоження, значні високі/низькі температури, сольовий стрес (Kulik, Vasilyuk, 2010; Vasilyuk, Kulik, 2011). Визначено (Dzyubak and Vasilyuk, 2009; Vasilyuk and Dzyubak, 2009) вплив підвищеної мінералізації на морфометричні показники *Salix alba* L. (довжину пагонів, коренів, площу поверхні листової пластинки та розроблені математичні моделі між морфометричними показниками та концентрацією екзогенного чинника з визначенням достовірних коефіцієнтів апроксимації та коефіцієнтів кореляції у динаміці росту та розвитку, що відобразило високий ступінь спорідненості даних характеристик), фізіологічні та біохімічні характеристики (вміст та співвідношення хлорофілів, визначення спектрів поглинання та відбиття хлорофілами у листках *S. alba* L., залежно від доз чинника), що є інтегральними маркерами оцінки навантаження та свідчить про стресову реакцію рослини на підвищену мінералізацію.. Автори Arcoverde et al. (2011) виявили вплив посухи на фізіологічні (устична проводимість, транспірація, відносний вміст води) та біохімічні показники (активність супероксиддисмутази, SOD, EC 1.15.1.1, вміст вільних амінокислот, сумарного протеїну та малонового діальдегіду) у *Jatropha curcas* L. За умов високих

температур та сольового стресу Najl and Devaraj (2011) визначили врожайність у *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc., зазначили підвищення окислювальних показників (H_2O_2 , пролін) та активності ферментів антиоксидантного захисту (АОЗ): SOD, гваякол пероксидази (POX; EC 1.11.1.7), зниження каталазної активності (CAT, EC 1.11.1.6), а також кислих фосфатаз (AP; EC 3.1.3.2); виявили, що температурний стрес призвів до збільшення глутатіонредуктази (GR, EC 1.6.4.2) і зменшення β -амілази (EC 3.2.1.1), тоді як сольовий стрес викликав зворотній ефект, так само як кількість аскорбінової кислоти та глутатіону аналогічно збільшилася/знизилися за температурного/сольового навантаження. SDS електрофорез у поліакриламідному гелі (ПААГ) визначив абсолютно різні профілі білків за умов дії цих різних стресів. З'ясовано, що засолення, як стресовий чинник, може бути пом'якшено за рахунок використання регуляторів росту рослин (PPP). Так, Rashad and Hussien (2014) порівняли протекторну роль PPP гіббереллової (GA3) та саліцилової (SA) кислот і Si у дозі 100 мг/л у *Zea mays* L. по реакції на кількість хлорофілів та природний вміст мікроелементів, виявили напрямок (за ослабленням) протекторної дії PPP стосовно засолення: GA3 – Si – SA, завдяки чому токсичність Fe, Zn і Cu через ефекти засолення в листках знижена, а дефіцит Cu і Mn контролюється, але в обмеженій мірі, в протилежному напрямку SA – GA3. Іони Si можуть конкурувати за іони Na^+ , отже, зменшити їх поглинання рослинами кукурудзи. Є дослідження (Malaspinaa, et al., 2014), в яких порівняно біоаккумуляційну потужність і вміст Mg та інших мікроелементів різними видами рослин, визначено макрорівень Mg, C, N, K, та Ca у рослинних тканинах (Dee and Ahn, 2014). Визначено, що екзогенні чинники масштабно впливали на нормальний обіг фізіологічних та біохімічних процесів, активували механізми неспецифічного (Vasilyuk and Kulik, 2009a, 2009b; Vasilyuk, 2013b) та специфічного відгуку на стрес (Bierkens, 2000; Косаковская, 2008) у підтримці стану гомеостазу за несприятливих умов навколишнього середовища (Clemans, 2001).

У нашому дослідженні ми вивчали вплив саме солі магнію на рослинний організм через його високу розповсюдженість у ґрунтах (Venetsky, S.I. (1985), есенційність та біологічне значення, як основної складової хлорофілу – магнієвого комплексу тетрапіролів. З'ясовано, що Mg бере участь у процесі біосинтезу хлорофілу, активації і зв'язуванні ензимів, енергетичному забезпеченні клітини, розподілі та транспорті фото-асиміляторів (Lebedev, 1978). На даному етапі великого значення набувають дослідження пошуку природного захисту рослин від надмірного екзогенного тиску (на прикладі сольового стресу при підвищеній мінералізації) та її оптимізації за допомогою регуляторів росту рослин (PPP), що було нами використано на прикладі використання препарату природного походження «Гумісол».



Відомо, що «Гумісол» – це РРР, продукт природного походження, вермікомпост (біогумус, копроліт), результат переробки екскретів великої рогатої худоби дощовими червами (*Eisenia fetida* (Savigny, 1826) та *E. andrei* (Bouche, 1972)) та представлений у вигляді висококонцентрованого розчину. За даними авторів Dominguez et al. (2005), для отримання вермікультури та компостування рекомендовано використання саме *E. andrei* через більшу швидкість росту та вищу репродуктивність. Продукт вермікультури (Kalinin, L.F., 1984; Krasilnikov, 1958.) складається із макро - та мікроелементів, природних стимуляторів росту (фітогормонів), амінокислот, вітамінів, корисної мікрофлори (спорові бактерії, $2 \cdot 10^4$, фосфатно-білізуючі бактерії $1 \cdot 10^3$, азотфіксуючі бактерії $1 \cdot 10^2$, біфідобактерії $2 \cdot 10^4$, лактобактерії $2 \cdot 10^4$, *Bacillus subtilis* (КОЕ / мл), гуматів калію. Гумати є основним джерелом вітаміну В, дефіцит якого послаблює гормональну діяльність та уповільнює транспорт цукрів (Bulygin, et al., 2007). РРР «Гумісол» прискорює вкорінення та розвиток рослин. Біологічно активні речовини, що входять до складу РРР, сприяють активному формуванню вегетативних, генеративних органів, покращують схожість та врожайність рослин, зменшують дію негативних чинників та фізіолого-біохімічні показники сільськогосподарських культур (Vinnichenko, Vasilyuk, 2006; Vasilyuk, Vinnichenko, 2006), деревних видів (Vasilyuk, Gritsenko, 2008; Vasilyuk, Kulik, 2010; Vasilyuk, 2010, 2015) та фітоценозів (опосередковано) через середовищевірну роль тварин, а саме їх екскреторну (Pakhomov, Vasilyuk, 2011, 2012a, 2012b; Vasilyuk, 2013c, Vasilyuk, Pakhomov, 2014b) та рийну активність (Pakhomov. et al., 2013; Vasilyuk, 2013a) за рахунок підвищення стійкості рослин (Kalinin, 1984). Крім того, що екскреції активують розмноження мікрофлори у ґрунті, вони додають у субстрат тіамін, рибофлавін, іпозит, фолієву кислоту, вітаміни групи В, що, в свою чергу, активізує розкладання мікроорганізмів (Krasilnikov, 1958), забезпечуючи природний кругообіг речовин у навколишньому середовищі, його оптимізацію та відновлення природного біорізноманіття (Bulakhov, Pakhomov, 2006; Vasilyuk, Pakhomov, 2015).

Мета роботи - проаналізувати функціональний стан рослин (на прикладі рослини *Salix alba* L., яка характеризується високим вкоріненням, темпами росту та розвитку за умов дії екзогенного чинника солі магнію ($MgSO_4$) на фоні дії регулятора росту рослин (РРР) та адаптогену природного походження – продукту вермікультури «Гумісол» за умов модельного дослідження у динаміці росту та розвитку

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Тест - об'єкт дослідження – живці *S. alba* L., які вкорінювали із додаванням солі магнію на фоні протекторної дії препарату природного походження «Гумісол», до складу якого входить біогумус - продукт переробки екскретів

великої рогатої худоби за допомогою вермікультури. Mg^{2+} внесено у вигляді $MgSO_4 \cdot 3H_2O$ у концентрації 2,5 г/л у дослідний розчин з живцями *S. alba* L. Концентрацію Mg^{2+} забезпечували з урахуванням водності солі. У якості контролю використовували дистильовану воду. Живці вкорінювали у водних розчинах за наступною схемою: №1 – контроль (вода дистильована); №2 – $MgSO_4$, 2,5 г/л; №3 – «Гумісол», №4 «Гумісол» та $MgSO_4$, 2,5 г/л. PPP «Гумісол» застосовували згідно інструкції.

В умовах модельного досліду визначали вплив $MgSO_4$ на морфометричні показники (приріст довжини коренів, пагонів та листової пластинки) живців *S. alba* L на фоні протекторної ролі PPP «Гумісол». Гарантію надійності висновку про суттєвість або несуттєвість відмінностей (різниць) між середніми незалежних вибірок розраховували за t -критерієм Стьюдента (Доспехов, 1985). Об'єм вибірки 30, повторність досліду трикратна.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За умов підвищеної мінералізації (внесення солі $MgSO_4$ в концентрації 2,5 г/л) приріст довжини пагонів живців *S. alba* L. набув достовірно ($t_{0.05} = 17,17$) мінімальних величин (5%) у порівнянні з контролем (дистильована вода), що доводить токсичність $MgSO_4$ на початковій стадії росту (10-16 доба). У подальшому (16-20 доба) застосування $MgSO_4$ в концентрації 2,5 г/л пригнічував фізіологічні функції на 73% ($t_{0.05} = 5,54$) відносно контролю. На 20-24 добу росту та розвитку токсична дія $MgSO_4$ (2,5 г/л) інгібувала приріст пагонів на 58% ($t_{0.05} = 2,58$). Сила негативного впливу солі металу у даній концентрації послаблювалась залежно від доби спостереження ($R = -0,99$), отже, токсичність солі більш ефективна на початку ростових процесів. «Гумісол» на даному етапі сприяв підвищенню показника ($t_{0.05} = 3,59$) у порівнянні із сіллю магнію та становив 68% відносно контролю (дистильована вода). На 16-20 добу росту приріст у даному досліді складав 234% ($t_{0.05} = 7,18$), а на 20-24 добу 301% ($t_{0.05} = 9,94$). Застосування комбінованої дії $MgSO_4$ та «Гумісол» на початкових стадіях вкорінення підвищило ($t_{0.05} = 2,53$) приріст довжини пагонів *S. alba* L. з 5% на 78%, на стадії 16-20 доби з 27% на 317% ($t_{0.05} = 17,97$), на стадії 20-24 доби з 42% на 383% ($t_{0.05} = 11,10$) у порівнянні із сіллю магнію (табл. 1).

За умов лабораторного досліду з'ясовано, що, на відміну від приросту пагонів живців, достовірне пригнічення ($t_{0.05} = 6,37; 6,11$ та $8,92$) приросту довжини коренів характерно на усіх стадіях росту та розвитку за умов дії $MgSO_4$, 2,5 г, що пов'язано із безпосереднім контактом між коренями та розчином солі. Пригнічення відбулось від 81% до 92% (відносно контролю) з 10-ої до 24-ої доби спостереження відповідно. Вплив $MgSO_4$ знаходився у позитивній кореляції ($R = 0,99$) залежно від терміну спостереження, що пов'язано із накопиченням токсичного впливу через безпосередній контакт коренів та солі у дослідних розчинах.



Таблиця 1. Вплив солей магнію на приріст довжини пагонів живців *S. alba* за дії «Гумісолу» (% відносно контролю)

Варіанти досліджу	М ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
10-16 доба		
H ₂ O	23,07±0,12	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,08±0,17	5*
«Гумісол»	15,78±0,59	68*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	17,89±0,60	78*
16-20 доба		
H ₂ O	11,03±0,10	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	3,01±0,26	27*
«Гумісол»	25,83±0,62	2348
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	34,99±0,20	3178
20-24 доба		
H ₂ O	5,02±0,08	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	2,08±0,14	42*
«Гумісол»	15,10±0,10	301*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	19,22±0,20	383*

тут та надалі: М – середнє значення; SD – стандартне відхилення; * – достовірність відмінності між дослідним варіантом та контролем, $P < 0.05$.

PPP «Гумісол» сприяв підвищенню ризогенезу на 11% та 136% ($t_{0.05} = 0,71$ та 7,62) відносно контролю (дистильована вода) з 10 по 20 добу спостереження.

Внесення PPP на фоні солі магнію підвищило даний показник з 19% до 80% ($t_{0.05} = 1,87$) на 10-16 добу спостереження, з 13% до 149% ($t_{0.05} = 3,11$) на 16-20 добу, з 8% до 38% ($t_{0.05} = 5,36$) на 20-24 добу (табл. 2).

За умов модельного досліджу визначали приріст довжини листків живців *S. alba* L. Листова пластинка є інтегральним показником якості протікання процесів фотосинтезу та утворення органічних речовин. Так, подібно до приросту корнів та пагонів, сіль магнію токсично впливала на даний показник упродовж усього терміну вкорінення. Приріст листової пластинки пригнічений ($t_{0.05} = 22,60$; 24,17 та 9,03) від 95% (10-16 доба) до 93% (16-20 доба) та 89% (20-24 доба спостереження). Токсичність MgSO₄ знаходилась у оберненій кореляції від віку рослин ($R = - 0,99$).

У варіанті із PPP «Гумісол» з 10 до 24 добу росту та розвитку рослин це достовірно не активувало збільшення розмірів листової пластинки ($t_{0.05} = 3,02$; 16,16 та 0,03) в порівнянні із контролем (дистильована вода), але достовірно збільшувався досліджуваний показник відносно солі магнію від 32% до 100%: з 5% до 77%, з 7% до 78%, з 11% до 100% з 10 по 24 добу спостереження.

**Таблиця 2. Вплив солей магнію на приріст довжини коренів живців *S. alba* за дії «Гумісолу» (% відносно контролю)**

Варіанти досліджу	M ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
10-16 доба		
H ₂ O	10,05±0,14	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,94±0,14	19*
«Гумісол»	11,17±0,29	111
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	8,01±0,07	80*
16-20 доба		
H ₂ O	8,05±0,13	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,04±0,09	13*
«Гумісол»	18,99±0,22	236*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	11,96±0,14	149*
20-24 доба		
H ₂ O	12,96±0,21	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,04±0,09	8*
«Гумісол»	6,03±0,16	47*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	4,96±0,17	38*

Таблиця 3. Вплив солей магнію на приріст довжини листової пластинки живців *S. alba* за дії «Гумісолу» (% відносно контролю)

Варіанти досліджу	M ± SD	Співвідношення дослід/контроль, %
10-16 доба		
H ₂ O	23,04±0,07	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,04±0,09	5*
«Гумісол»	17,82±0,44	77*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	16,99±0,07	74*
16-20 доба		
H ₂ O	14,02±0,03	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,01±0,02	7*
«Гумісол»	11,02±0,08	78*
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	7,96±0,19	57*
20-24 доба		
H ₂ O	9,02±0,08	100
MgSO ₄ (2,5 г/л)	1,02±0,06	11*
«Гумісол»	9,05±0,09	100
«Гумісол» + MgSO ₄ (2,5 г/л)	5,04±0,08	56*



Комплексна дія PPP та солі магнію сприяла зменшенню токсичного навантаження металу на рослинний об'єкт та збільшенню показника приросту з 5% до 74% ($t_{0.05} = 6,69$), з 7% до 57% ($t_{0.05} = 5,26$), з 11% до 56% ($t_{0.05} = 4,10$) упродовж усього терміну вкорінення відповідно відносно солі магнію, що доводить протекторну та адаптивну роль «Гумісолу» за умов сольового навантаження на рослинний організм (див. табл. 3).

ВИСНОВКИ

Визначено, що $MgSO_4$ у концентрації 2,5 г/л токсично впливав на ріст та розвиток *S. alba* L. упродовж усього терміну спостереження. Встановлено обернену кореляцію ($R = -0,99$) між токсичністю солі та віком досліджуваних рослин (на прикладі індикатору приросту довжини пагонів та листових пластинок *S. alba* L.) та позитивну кореляцію ($R = 0,99$) при індексуванні приросту коренів як найбільш уразливих анатомічних частин рослин.

Внесення PPP «Гумісол» достовірно підвищувало темпи фізіологічних процесів в 2,3- 3,0 рази (приріст довжини пагонів), в 2,3 рази (приріст довжини коренів) та не впливало на активацію приросту листової пластинки відносно контролю.

Комбінована дія PPP та $MgSO_4$ (2,5 г/л) зменшувала тиск антропогенного навантаження, що сприяло збільшенню приросту пагонів ($t_{0.05} = 17,97$ та 11,10), коренів ($t_{0.05} = 3,11$) відносно контролю (дистильована вода), або наближала до контрольних значень приріст коренів ($t_{0.05} = 1,87$ та 5,36), приріст пагонів ($t_{0.05} = 2,53$) та листових пластинок ($t_{0.05} = 6,69$, 5,26 та 4,10). Отже, нульова гіпотеза (H_0) про відсутність суттєвих відмінностей між дослідом та контролем за умов підвищеної мінералізації достовірно спростована. Значення H_0 наближалось до 1 стосовно комбінованої дії сольового стресу та PPP, що доводить протекторні характеристики PPP.

Отже, «Гумісол», як продукт вермікультури, виявив адаптивні властивості для зменшення токсичної дії солі магнію, як абіотичного чинника. Регулятор росту рослин «Гумісол» варто використовувати як протектор та адаптоген для зменшення стресу та для вкоріненні рослин за умов підвищеної мінералізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arcoverde, G.B., Rodrigues, B.M., Pompelli, M.F., Santos, M.G., 2011. Water relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two water deficit levels and recovery. Braz. J. Plant Physiol. 23(2), 123–130.
2. Bierkens J.G.E.A. 2000. Applications and pitfalls of stress-proteins in biomonitoring Elsevier. Toxicol. 153: 61–72.
3. Clemans S. 2001. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta. 212(4), 475–486.
4. Dee S.M., Ahn, C., 2014. Plant tissue nutrients as a descriptor of plant productivity of created mitigation wetlands. Ecological Indicators. 45, 68–74.



5. Domínguez J., Velando, Alb., Ferreiro, Alf. (2005). Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Bouche, 1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? *Pedobiologia* 49, 81–87.
6. Dzyubak, O.I., Vasilyuk, O.M. (2009). The influence of chloride salinity on morphometric and biochemical parameters in the dynamics of plant growth and development // Proceed. I international scientific conference of students and young scientists 'Fundamental and applied research in biology'. Donetsk, Veber. - P. 231-232
7. Malaspina P., Giordania, P., Modenesia, P., Abemoschib, M.L., Magib, E., Soggiab, F., 2014. Bioaccumulation capacity of two chemical varieties of the lichen *Pseudevernia furfuracea*. *Ecological Indicators*. 45, 605–610.
8. Najl K. M., Devaraj V.R., 2011. Antioxidant and other biochemical defense responses of *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc. (Horse gram) induced by high temperature and salt stress. *Braz. J. Plant Physiol.* 23(3), 187–195.
9. Pakhomov O.E., Vasilyuk O.M. (2011). Activity of Trans-Amination 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, – P. 74-75.
10. Rashad R.T., Hussien R.A. A comparison study on the effect of some growth regulators on the nutrients content of maize plant under salinity conditions. *Annals of Agricultural Sciences*. - 2014. - 59(1), 89–94.
11. Vasilyuk O.M. (2013a). 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. Díl 28: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. - Praha: «Education and Science» - P. 11–17.
12. Vasilyuk O.M. (2013b). 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 conference, Díl 19: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha: Education and Science. – P. 15–23.
13. Vasilyuk O.M. (2013c). 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. – Vol. 29. Nauk biologicznych. – P. 28–36.
14. Vasilyuk O.M., Dzyubak O.I., (2009). Physiological and biochemical parameters of plants as markers of a condition of environment. *Fundamental'ni ta Prykladni Doslidzhennja v Biologii: Materialy I Mizhnarodnoi' Naukovoii' Konferencii'*. Veber, Donetsk, 2, 348–349.



15. Vasilyuk O.M., Kulik A.F (2008). The Trans Amimation enzyme activity under the exogenous pollution. Вісн. Запорізького національного університету. Біологічні науки, Запоріжжя, 2008. - №1. – С. 238-243.
16. Vasilyuk O.M, Kulik A.F. (2011). The Trans-Amimation enzyme activity in the leaves of *Sambucus Nigra* L. under high mineralisation 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.
17. Vasilyuk O.M., Pakhomov A.E. (2014a). 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.
18. Булыгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В.А., Заришняк А.С., Пащенко Я.В., Туровский Ю.Е., Фатеев А.И., Яовенко М.М, Кордин А.И. (2007). Микроэлементы в сельском хозяйстве. Днепропетровск, «Січ».- 100 с.
19. Василюк Е.М. (1997). Исследование влияния гербицидов на активность каталазы некоторых самоопыленных линий кукурузы в условиях вегетационного эксперимента // Вісн. Дніпропетр. унів. Біол. Екол. - 3. - С.179-187.
20. Василюк О.М. (2010). 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. - С. 54-56.
21. Василюк О.М. (2011). Активність ферментів антиоксидантного захисту в листках *Sambucus nigra* L. в умовах підвищеної мінералізації // Матеріали XIII з'їзду Українського ботанічного товариства, Львів. – С. 415.
22. Василюк О.М. (2015). Морфо-фізіологічні особливості росту та розвитку рослин в умовах підвищеної мінералізації // Біологічний Вісник Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Б.Хмельницького - 5 (3). – С. 18–31.
23. Василюк О.М., Вінниченко О.М. (2006). Вплив біологічно активних речовин на активність каталази кукурудзи різних генотипів на фоні дії аценіту // Вісн. Дніпропетр. унів. -14(1). – С. 26–30.
24. Василюк О.М., Гриценко П.В. (2008). Вплив регуляторів росту на активність ферментів переамінування в листі та коренях *Salix alba* L. // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. - 16(1). - С. 34-40.

25. Василюк О.М., Кулік А.Ф. (2008). Вплив регуляторів росту на активність транспептидаз в листках *Salix alba*L. залежно від умов росту // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми сучасної біохімії та клітинної біології». – Дніпропетровськ. – С. 90.
26. Василюк О.М., Кулік А.Ф. (2009). Активність інвертази та уреазы в ґрунтах рекультивованих територій Західного Донбасу // Вісн. Дніпропетр. Унів. Сер. Біол. Екол. 17(3). - С. 3-7.
27. Василюк О.М., Кулік А.Ф. (2009). 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. - С.127-132.
28. Василюк О.М., Кулік А.Ф. (2010). Вплив сульфат-іонів на кількісний склад хлорофілів в листках *Salix alba*L. на фоні дії РРР природного та синтетичного походження // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "RADOSTIM 2009 гумінові речовини і фітогормони у сільському господарстві». – Дніпропетровськ. – С. 119–121.
29. Василюк О.М., Пахомов, О.Є. (2014). Вплив екскреторної функції ссавців на активність аспартатамінотрансферази в листках *Glechomahederacea*. в умовах забруднення Cd // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. -22(2). – С. 105-109.
30. Василюк, О.М., Пахомов, О.Є. (2015). Вплив екскрецій *Carpeoluscarpeolus* і *Susscrofa* на активність аланінамінотрансферази в листках *Glechomahederacea* в умовах забруднення кадмієм // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. -23(2). - С. 216–220.
31. Вінниченко О.М., Василюк О.М. (2006). Вплив біологічно активних речовин на активність каталази різних генотипів кукурудзи на фоні дії гербіцидів // Вісн. Дніпропетр. унів. - 14(2). – С 38–43.
32. Венецкий С.И. (1985). Рассказы о металлах. - М.: «Металлургия». – 239 с.
33. Дзюбак О. І., Василюк О.М. (2009). Вплив хлоридного засолення на морфометричні та біохімічні показники рослин у динаміці росту та розвитку // Матеріали I міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології», том II, Донецьк, «Вебер». – С. 231–232.
34. Доспехов В. А. (1985). Методика полевого опыта. – М: Агропромиздат. – 351 с.
35. Калинин Л.Ф. (1984). Биологически активные вещества в растениеводстве. - Наук. Думка. -320 с.
36. Косаковская И.В. (2008). Стрессовые белки растений. – Киев. - 151 с.
37. Красильников Н.А. (1958). Микроорганизмы почвы и высшие растения. - М.: Изд-во академии наук СССР, - 135 с.



38. Кулік А.Ф., Василюк О.М. (2009). Активність каталази у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. - 17(20), №7. - С.63-68.
39. Кулік А.Ф., Василюк О.М. (2010). Вплив сульфат-іонів на накопичення фотосинтетичних пігментів в листках *Salix alba* L. на фоні дії регулятора росту рослин гумінової природи // Збірник матеріалів П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції Radostim 2009 "Гумінові речовини і фітогормони у сільському господарстві», Дніпропетровськ. - С. 117 – 118.
40. Лебедев С.И. (1978). Физиология растений, «Вища школа», Киев. -241 с.
41. Пахомов О.Є., Василюк О.М. (2012). Вплив антропогенних факторів на активність трансфераз на фоні середовищевірної функції ссавців / Вісн. Дніпропетр. унів. Біол. Екол. – 20(2). – С. 64–70.
42. Пахомов О.Є., Василюк О.М. (2012). Активність ферментів переамінування як індикатор середовищевірної функції Mammalia в трансформованих екосистемах. / Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – 4(4). – С. 456–461.
43. Пахомов О.Є., Василюк О.М., Замесо́ва, Т.В. (2013). Вплив іонів Ni на активність аспартатамінотрансферази в листках *Glechomahederacea* в умовах рийної діяльності ссавців // Вісн. Дніпропетр. унів. Сер. Біол. Екол. – 21(2). – С. 64-69.

REFERENCES

- Arcoverde, G.B., Rodrigues, B.M., Pompelli, M.F., Santos, M.G., 2011. Water relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two water deficit levels and recovery. *Braz. J. Plant Physiol.* 23(2), 123–130.
- Bierkens J.G.E.A. 2000. Applications and pitfalls of stress-proteins in biomonitoring Elsevier. *Toxicol.* 153, 61–72.
- Bulakhov, V.L., Pakhomov, O.E. (2006). Biological diversity of Ukraine. Dnipropetrovs'k region. Mammals (Mammalia). Dnepropetrovs'k, Dnepropetrovsk University. (in Ukrainian).



- Bulygin, S.Y, Demishev, L.F, Doronin, V.A., Zarishnyak, A.S., Pascencom Ya.V., Turovsky, Ya.E., Fateev, A.I, Yakovenko, M.M, Kordin, A.I. (2007). Microelements in agriculture. Dnipropetrovsk, Sich. (in Russian).
- Clemans S. 2001. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta*. 212(4), 475–486.
- Dee S.M., Ahn, C., 2014. Plant tissue nutrients as a descriptor of plant productivity of created mitigation wetlands. *Ecological Indicators*. 45, 68–74.
- Domínguez J., Velando, Alb., Ferreiro, Alf. (2005). Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Bouche, 1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? *Pedobiologia* 49, 81–87.
- Dospikhov, B. A. (1985). *Methods of experience of the field*. Moscow, AgropromPress. (in Russian).
- Dzyubak, O.I., Vasilyuk, O.M. (2009). The influence of chloride salinity on morphometric and biochemical parameters in the dynamics of plant growth and development to Proceed. Intern. Conf. 'Fundamental and applied research in biology'. Donetsk, Veber. (in Russian).
- Kalinin, L.F. (1984). *Biological active substances in crop production*. Kiev, Naukova dumka. (in Russian).
- Kosakovskiy I.V. (2008). *Stressful plant proteins*. Kyiv. (in Russian).
- Krasilnikov, N., A. (1958). *Soil microorganisms and higher plants*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. (in Russian).
- Kulik, A.F., Vasilyuk, O.M. (2009). The activity of Catalase enzyme in soil of the forest biogeocenosis in the Samara River Region. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 17 (7), 63-68. (in Ukrainian).



Kulik, A.F., Vasilyuk, O.M. (2010). Effect of plant growth regulators of humic nature on photosynthetic pigments accumulation in leaves of *Salix alba* L. in condition of sulfate ions water salinity. Proceed. Intern. Conf. 'Radostim 2009. Humic substances and phytohormones in agriculture'. Dnipropetrovs'k. (in Ukrainian).

Lebedev, S.I. (1978). Physiology of plants. Kyiv. High School. (in Russian).

Malaspina P., Giordania, P., Modenesia, P., Abelmoschib, M.L., Magib, E., Soggiab, F., 2014. Bioaccumulation capacity of two chemical varieties of the lichen *Pseudevernia furfuracea*. Ecological Indicators. 45, 605–610.

Najl K. M., Devaraj V.R., 2011. Antioxidant and other biochemical defense responses of *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc. (Horse gram) induced by high temperature and salt stress. Braz. J. Plant Physiol. 23(3), 187–195.

Pakhomov, O.E., Vasilyuk, O.M. (2011). Activity of Trans-Amination 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.

Pakhomov, O.E., Vasilyuk O.M. (2012a). Anthropogenic influence of the Transamination enzymes activity under the environmental forming mammals activity. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology. 20 (2), 64-70. (in Ukrainian).

Pakhomov, O.E., Vasilyuk O.M. (2012b). Activity of Transamination enzymes as the indicator of environmental forming function of *Mammalia* representatives in



- the transformed anthropogenic ecosystem. *Scientific Herald of Chernivtsy University. Biology (Biological System)*. 4 (4), 456-461. (in Ukrainian).
- Pakhomov, O.E., Vasilyuk O.M., Zamesova T.V. (2013). Effect of Ni on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* leaves subject to digging function by mammals. *Visn. Dniepropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 21(2), 64-69. (in Ukrainian).
- Rashad R.T., Hussien R.A. (2014). A comparison study on the effect of some growth regulators on the nutrients content of maize plant under salinity conditions. *Annals of Agricultural Sciences*. 59(1), 89-94.
- Vasilyuk, E.M. (1997). Effect of herbicides on the activity of Catalase enzyme in some maize inbred lines on the growth condition. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. (3), 179-187. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2010). 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 Conference 'Biodiversity: theory, practice and methodological aspects of studying in secondary and high school'*. Poltava. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2011). The antioxidant enzymes activity in leaves of *Sambucus nigra* L. in conditions of high salinity. *Proceed. XIII Congress of Ukrainian Botanical Society, Lviv*. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M. (2013a). Effect of lead on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. leaves subject to digging function of Mammalia. *Proceed. Int. Conf. Vedecky Prumysl Evropskeho kontinentu 2013. Díl 28: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha. Education and Science*.



- Vasilyuk, O.M. (2013b). Effect of Nickel on Aspartate Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. leaves subject to excretory function of Mammalia. Proceed. Int. Conf. Zprávy vědecké ideje – 2013. Díl 19: Biologické vědy. Chemie a chemická technologie. Praha. Education and Science.
- Vasilyuk, O.M. (2013c). Effect of Nickel on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* L. Leaves subject to excretory function of Mammalia. Proceed. Int. Conf. Perspektywi czneopracowaniasa Nauka I technikami. Przemysl: NaukaIstudia.
- 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., Dzyubak, O.I., (2009). Physiological and biochemical parameters of plants as markers of a condition of environment. Proceed. Int. Conf. Fundamental'ni ta Prykladni Doslidzhennja v Biologii. Donetsk. Veber.
- Vasilyuk, O.M., Gritsenko, P.V. (2008). Effect the growth regulators of plants on activity of Transamination enzyme in leaves and roots of *Salix alba* L. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology. 16 (1), 34-40. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F (2008). The Transamination enzyme activity under the exogenous pollution. Bulletin of Zaporizhya National University. 1, 238–243
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2008). Effect the growth regulators of plant on activity of Transferase enzyme in leaves of *Salix alba* L. depending on growth conditions. Proceed. Conf. 'Actual problems of modern biochemistry and cell biology'. Dnipropetrovs'k. (in Ukrainian).



- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2009a). Invertase and Urease activities in the reclaimed land of the West Donbass Coal Region. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 17(3), 3 – 7. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2009b). Physiological and biochemical indicators of ligneous plants in condition of industrial zone in the Steppe Dnieper Region. *Proceed.Conf. 'Environmental issues of coexistence: a man - a plant'*, Dnipropetrovsk, Ukrainian Ecological League. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M., Kulik, A.F. (2010). Effect of plant growth regulators of synthetic origin on chlorophyll quantitative composition in leaves of *Salix alba* L. in condition of sulfate ions water salinity. *Proceed. Int. Conf. '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 mineralisation 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, O.Y. (2014). Effect of mammals' excretory function on Aspartate Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* leaves in conditions of Cd pollution. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 22(2), 105–109. (in Ukrainian).
- Vasilyuk, O.M, Pakhomov, O.E (2015). Effect of *Capreolus capreolus* and *Sus scrofa* excreta on Alanine Aminotransferase activity in *Glechoma hederacea* leaves in



conditions of Cd pollution. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 23(2), 216-220. (in Ukrainian).

Vasilyuk, O.M., Vinnichenko, O.M. (2006). Effect of biological active substances on the activity of Catalase enzyme in maize different genotypes in condition of atsenit herbicide pollution. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 3(1), 26-30. (in Ukrainian).

Vinnichenko, O.M., Vasilyuk, O.M. (2006). Effect of biological active substances on the activity of Catalase enzyme in maize of different genotypes in condition of herbicide pollution. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*. 14(2), 38-43. (in Ukrainian).

Venetsky, S.I. (1985). *Stories about metals*. Moscow. Metallurgy. (in Russian).

Поступила в редакцію 24.02.2016

Как цитировать:

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 Bllletin of Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University*. 6 (1), 342-360.

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201620>

© Василюк, 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](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)