

УДК 581.6+631.871+631.873.3+582.52/.59
DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2021-1-06>

Вплив екстрактів чорноморських водоростей-макрофітів на показники проростків м'якої пшениці

Собітняк М. Т., Ткаченко Ф. П.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
aleskyerova@gmail.com

Ключові слова: екстракти водоростей *Ulva compressa*, *Polysiphonia sanguinea*, *Pylaiella littoralis*, проростки *Triticum aestivum*, довжина пагона, сумарна довжина коренів, сумарна кількість коренів, сира маса, суха маса, вміст пігментів.

Останнім часом у багатьох країнах світу віддається перевага використанню регуляторів росту, отриманих із біологічних об'єктів, оскільки вони краще засвоюються рослинами та в екологічному плані більш прийнятні. У результаті досліджень учених низки країн доведена можливість використання як джерел стимуляторів росту біомаси морських водоростей. Однак в Україні це питання залишається маловивченим. З огляду на наявні дані літератури встановлено, що прибережжя Чорного моря містить значні запаси та широке біологічне різноманіття морських рослинних ресурсів, до складу яких входить значний спектр біологічно активних речовин. У роботі з'ясовується вплив екстрактів із чорноморських водоростей-макрофітів із відділів *Ochrophyta* (*Phaeophyceae*), *Rhodophyta* та *Chlorophyta* на біометричні показники та вміст пігментів у проростках пшениці в лабораторних умовах. Матеріалом для дослідження слугувало насіння озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. сорту «Асканійська», яке пророщувалося в екстрактах морських макроводоростей. Екстракти готували зі свіжозібраної рослинної маси таких видів водоростей, як *Pylaiella littoralis* Kjellm., *Polysiphonia sanguinea* (C. Agardh) Zanard. та *Ulva compressa* L. Водорості були відібрані у квітні в Одеській затоці Чорного моря з поверхонь твердих субстратів на глибині 0,5 м. Приготування екстрактів та експеримент проводився на основі попередньо апробованих методів. Пророщування впродовж тижня мали значний рістстимулюючий вплив. На 7-й день довжина пагона збільшилася на 12–19%, тоді як загальна довжина кореневої системи (без корневих волосків) зросла на 27–43% порівняно з контролем. Встановлено стимулюючий ефект отриманих екстрактів на фотосинтетичний апарат проростків через значне збільшення кількісного вмісту хлорофілу *a* (на 19–42%), хлорофілу *b* (на 25–32%) і каротиноїдів (на 25–45%). Зазначено, що макроводорості Чорного моря є джерелом ростових речовин на етапі проростання насіння та мають перспективи застосування як підкормка та біостимулятори росту рослин.

Influence of Black Sea algae-macrophyte extracts on soft wheat seedling parameters

Sobitnyak M. T., Tkachenko F. P.

Odessa I. I. Mechnikov National University

aleskyerova@gmail.com

Key words: *extracts of algae Ulva compressa, Polysiphonia sanguinea, Pylaiella littoralis, seedlings of Triticum aestivum, length of shoots, total length of roots, number of roots, raw mass, dry mass, pigment content.*

Recently, many countries around the world prefer to use growth regulators derived from biological objects, as they are better absorbed by plants and more environmentally friendly. As a result of research by scientists in several countries, the possibility of using seaweed biomass growth stimulants as sources has been proven. However, in Ukraine this issue remains quite unexplored. Based on the existing literature, it is established that the Black Sea coast contains significant reserves and a wide biological diversity of marine plant resources, which include a significant range of biologically active substances. The paper examines the effect of extracts of Black Sea algae-macrophytes from the departments of *Ochrophyta (Phaeophyceae)*, *Rhodophyta* and *Chlorophyta* on biometric, physiological parameters and pigment content in wheat seedlings in the laboratory. The material for the study was the seeds of winter soft wheat *Triticum aestivum* L. variety "Askaniyskaya", which germinated in extracts of marine macroalgae. Extracts were prepared from freshly harvested plant mass of the following species of algae: *Pylaiella littoralis* Kjellm., *Polysiphonia sanguinea* (C. Agardh) Zanard. and *Ulva compressa* L. Algae were selected in April in the Odessa Bay of the Black Sea from the surfaces of solid substrates at a depth of 0,5 m. Preparation of extracts and the experimental scheme was carried out on the basis of previously tested methods. Germination during the week had a significant growth-promoting effect. On day 7, the length of the shoots increased by 12–19%, while the total length of the root system (without root system) by 27–43% compared with the control. The stimulating effect of the obtained extracts on the photosynthetic apparatus of seedlings due to a significant increase in the quantitative content of chlorophyll *a* (by 19–42%), chlorophyll *b* (by 25–32%) and carotenoids (by 25–45%) was noted. It is shown that macroalgae of the Black Sea serve as a source of growth substances at the stage of seed germination and have prospects for use as fertilizers and biostimulators of plant growth.

Вступ

В останні десятиріччя в багатьох країнах світу стає дедалі популярнішим органічне землеробство, у якому не використовуються штучні хімічні добрива й пестициди. Це дало поштовх до застосування морських водоростей як добрив у сталому розвитку сільського господарства¹. Тому для сільськогосподарського виробництва значний інтерес становлять добрива, отримані безпосередньо з водоростей, або інші органічні добрива, виготовлені на їх основі. Ці продукти є абсолютно натуральними, значно покращують структуру ґрунту та сприяють росту й розвитку рослин. Зазвичай водорості як добрива використовують у сирому вигляді, закладаючи у ґрунт цілі або посічені слані, а також у вигляді перегною, золи й витяжок для кореневих і позакореневих підживлень.

Нині зусилля дослідників зосереджені на створенні з біомаси водоростей високоцінних рідких

добрив, суспензій та екстрактів, що матимуть комерційне значення^{2,3}. Біологічно активні сполуки можуть бути вилучені з біомаси водоростей декількома методами (механічними, термічними, фізичними, хімічними та ферментативними) з використанням звичайної екстракції та гідролізу поглиначів⁴. У процесі виробництва екстрактів морських водоростей шляхом хімічного лізису додаються кислотні або лужні речовини (соляна чи сірчана кислоти або гідроксид натрію), щоб гідролізувати біомасу до складових молекул, які потім можуть засвоюватися рослинами⁵.

Нові біоактивні речовини, екстраговані з морських водоростей, використовуються у вирощуванні польових і садових культур як біодобрива, стимулятори та регулятори росту, для підвищення врожайності рослин і поліпшення їхньої якості. При цьому зменшується негативний вплив на навколишнє середовище⁶. Численними дослі-

дженнями підтверджується, що екстракти морських водоростей підвищують схожість насіння, стимулюють ріст рослин і збільшують вміст фотосинтетичних пігментів, а також підвищують стійкість до стресу^{7,8}.

Проте, незважаючи на те, що проводиться значна кількість досліджень у цій галузі, а морські водорості та продукти їх переробки дедалі частіше використовуються в сільському господарстві, механізми їх фізіологічної дії на рослини з'ясовані не до кінця. Крім того, важливо розробити прості методи *in vitro* для попереднього скринінгу сполук як біостимуляторів із подальшим випробовуванням на рослинній моделі. Дослідники припускають, що механізми, які призводять до стимулюючого впливу екстрактів водоростей, полягають у синергичній дії багатьох речовин, що входять у різних концентраціях до їх складу⁹. Основними стимуляторами росту рослин у складі екстрактів морських водоростей вважають ауксини, цитокініни, гібереліни, бетаїни, поліаміни, а також рослинні гормони. Крім того, вони містять мікроелементи, вітаміни, амінокислоти, антибіотики, які також покращують ріст рослин¹⁰.

З огляду на наявні дані можна зробити висновок, що використання дози 1–2 кг водоростевого концентрату на гектар може підвищити врожайність і його якість. У дослідях на овочевих, квіткових та плодкових культурах було показано, що водоростеві екстракти прискорювали метаболізм рослин і підвищували рівень поглинання ними поживних речовин. У літературі наведено чимало прикладів посилення водоростевими екстрактами толерантності рослин до змін навколишнього середовища та деяких шкідників (попелиць, кліщів), збільшення поглинання поживних речовин із ґрунту, покращення водного режиму та стимулювання антиоксидантних властивостей. Наявність регуляторів росту в екстрактах водоростей сприяє проростанню, вкоріненню та цвітінню рослин, позитивно впливає на утворення рослинних ферментів, необхідних для синтезу білка, регуляцію клітинних процесів, підтримку енергетичного обміну та створює сприятливі умови для запилення рослин комахами¹⁰.

Таким чином, екстракти морських водоростей є екологічно чистими й безпечними для здоров'я людей та можуть слугувати «містком» між врожаєм і добривами, економічно збалансовуючи ринок сільськогосподарської продукції.

Українське узбережжя північно-західної частини Чорного моря багате морськими рослинними ресурсами як за обсягами їх запасів, так і за біологічним різноманіттям. Загалом флористичний склад макрофітів цього регіону містить 61,2% видів від їх загального числа, відомого для Чорного моря. Частка зелених водоростей у цьому

порівнянні становить 68,8%, червоних – 55,6%, бурих – 57,1%, жовто-зелених – 66,7%¹¹.

Особливий інтерес становлять штормові викиди водоростей як цінної сировини для виробництва екологічно чистих добрив. Вони містять велику кількість калію та азоту, незначну кількість фосфатів, а також багаті на мікроелементи, містять гормони й регулятори росту рослин¹¹.

На території України використання цих ресурсів ще не набуло значного поширення, хоча для цього є достатня сировинна база. Необхідно дослідити придатність чорноморських макроводоростей як біодобрива та стимуляторів росту рослин.

Мета дослідження – визначити біометричні показники та вміст пігментів у проростках м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) за пророщування в екстрактах чорноморських водоростей-макрофітів.

Матеріали та методи

Вплив екстрактів на біометричні показники та вміст пігментів у проростках пшениці досліджували в лабораторних умовах. Досліди проводили на кафедрі ботаніки Одеського національного університету імені І.І. Мечникова у 2018 р.

Матеріалом для дослідження слугувало насіння озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. сорту «Асканійська», яке пророщували в екстрактах морських макроводоростей у чашках Петрі за температури 24°C в умовах помірного природного освітлення впродовж 7 діб. Екстракти готували зі свіжо зібраної рослинної маси таких видів водоростей, як *Pylaiella littoralis* (Ochrophyta, Phaeophyceae), *Polysiphonia sanguinea* (Rhodophyta) та *Ulva compressa* (Chlorophyta). Водорості були відібрані у квітні в Одеській затоці Чорного моря з поверхонь твердих субстратів на глибині до 0,5 м. Підготовку екстрактів та схему досліду здійснювали на основі попередньо апробованих методик^{12, 13, 14, 15}. Для отримання екстрактів наважку (5 г) свіжі слані водоростей розтирали у фарфоровій ступці з додаванням невеликої кількості кварцового піску. До гомогенату доливали дистильовану воду у співвідношенні 1:20. Отриману суспензію фільтрували через паперовий фільтр. Об'єм екстракту, який доливали в чашки Петрі, становив 10 мл, кількість зернівок – по 20 шт. у кожній чашці. Дно чашок було вистелене двома шарами фільтрувального паперу. Дослід включав такі варіанти: а) контроль – насіння пророщували на папері, змоченому дистильованою водою; б) дослід – насіння пророщували на папері, змоченому екстрактом відповідного виду водоростей. Повторність дослідів – п'ятикратна.

Довжину пагона кожного окремого проростка вимірювали лінійкою, після чого розраховували середню величину. Таким самим чином вимірювали довжини бічних коренів та визначали їх сумарну довжину для кожного проростка.

Сиру масу проростків визначали ваговим методом на електронних вагах ТВЕ-2,1-0,01. Зважували всі проростки з однієї повторності та вираховували середню величину.

Сушу біомасу проростків визначали шляхом попереднього висушування в алюмінієвих бюксах, поміщених у сушильну шафу за температури $(100 \pm 2)^\circ\text{C}$ впродовж 6 год. Масу абсолютно сухої органічної речовини розраховували у відсотках щодо сирови.

Вміст пігментів у проростках визначали шляхом їх попереднього екстрагування 96% спиртом. Для визначення концентрації пігментів використовували спектрофотометр СФ-26. Екстинкцію визначали за відповідних довжин хвиль згідно із загальноприйнятим спектрофотометричним методом¹⁶.

Результати досліджень були оброблені за допомогою методів варіаційної статистики¹⁷. Для обробки статистичних даних використовували пакет програм MS Office 2007.

Результати

Пророщування насіння пшениці в екстрактах зі свіжозібраної маси чорноморських водоростей упродовж тижня позитивно впливало на подальший ріст проростків. На 7-й день довжина пагона збільшилася на 12–15%, тоді як загальна довжина коренів (без кореневих волосків) – на 21–30% порівняно з контролем ($P \leq 0,05$) (див. табл. 1).

Інтегральним показником, що відображає інтенсивність фізіологічних процесів у клітинах проростків пшениці, є їх біомаса. Процеси зростання, що відображають загальні функціональні та метаболічні зміни в рослинах, найбільш тісно корелюють із ходом накопичення ними біомаси та маси сухої речовини. У проведеному дослідженні обробка екстрактами не привела до достовірної різниці між контролем і варіантами досліду за накопиченням сирови маси та вмісту сухої речовини в них (див. табл. 1).

Кількісний і якісний вміст фотосинтетичних пігментів є показником рівня перебігу основних біохімічних процесів рослинного організму, зокрема фотосинтезу²⁰. Встановлено також стимулюючий вплив отриманих екстрактів на фотосинтетичний апарат проростків завдяки достовірному підвищенню кількісного вмісту хлорофілів та каротиноїдів (див. табл. 2).

Зокрема, вміст хлорофілу *a* в дослідних зразках збільшувався на 30%, 23% та 16% відповідно порівняно з контролем. Для хлорофілу *b* достовірна різниця виявлена лише між варіантом з екстрактом бурої водорості *Pylaiella littoralis* та контролем (25%). Вміст каротиноїдів у проростках пшениці за дії екстрактів чорноморських макроводоростей порівняно з контролем збільшувався на 31%, 19% та 10% відповідно.

Таблиця 1 – Вплив екстрактів чорноморських водоростей-макрофітів на біометричні та фізіологічні показники проростків м'якої пшениці

Біометричні показники	Варіанти			
	Контроль	Екстракти		
		<i>Ulva compressa</i>	<i>Polysiphonia sanguinea</i>	<i>Pylaiella littoralis</i>
Довжина пагона, мм	9,6±0,3	10,8±0,4*	11,2±0,6*	11,4±0,5*
Сумарна довжина коренів, мм	29,6±1,9	37,6±1,6*	41,0±1,2*	42,3±2,2*
Кількість коренів, од./проросток	3,7±0,3	4,2±0,2	4,5±0,4	4,4±0,5
Сира маса, г/проросток	1,6±0,3	1,3±0,1	1,6±0,1	1,6±0,2
Суша маса, % від сирови маси	12,6±0,4	12,0±2,8	11,0±3,7	10,8±4,8

* – дані статистично значущі за t-критерієм Стьюдента ($P \leq 0,05$)

Таблиця 2 – Вплив екстрактів чорноморських водоростей-макрофітів на вміст пігментів у проростках м'якої пшениці

Вміст пігментів, мг/г сирови маси	Варіанти			
	Контроль	Екстракти		
		<i>Ulva compressa</i>	<i>Polysiphonia sanguinea</i>	<i>Pylaiella littoralis</i>
Хлорофіл <i>a</i> ,	0,384±0,007	0,549±0,029*	0,500±0,020*	0,457±0,018*
Хлорофіл <i>b</i>	0,091±0,009	0,110±0,007	0,113±0,009	0,120±0,006*
Каротиноїди	0,227±0,010	0,330±0,025*	0,309±0,015*	0,285±0,020*

* – різниця достовірна за $P \leq 0,05$

Обговорення

Збільшення параметрів росту м'якої пшениці може бути зумовлене наявністю у водоростевих екстрактів рiстстимулюючих речовин. Зокрема, гормони росту відіграють вагомую роль у збільшенні розмірів клітин та їх поділі, доповнюючи дію один одного. Наприклад, цитокініни ефективні у формуванні пагонів, а ауксини – у розвитку коренів. Інші тісно споріднені сполуки, такі як полісахариди, також можуть бути стимуляторами росту рослин¹. Крім того, прискорення зростання проростків пшениці може бути зумовлене й наявністю в морських водоростях макро- та мікроелементів¹⁰.

Важливими складниками характеристики, що визначають особливості росту та розвитку проростків, є довжина пагона, кількість і сумарна довжина коренів. За умови обробки насіння пшениці препаратом спостерігається стимулююча дія на ростові процеси в ранньому онтогенезі, про що свідчить достовірна різниця між дослідним варіантом та контролем за цими показниками.

Отримані результати співпадають із попередніми повідомленнями, зробленими нами та іншими авторами, щодо стимулюючого впливу екстрактів отриманих із деяких видів зелених (*Ulva intestinalis*, *Cladophora vagabunda*), бурих (*Cystosiera barbata*, *Punctaria latifolia*, *Scytosiphon lomentaria*) і червоних (*Ceramium rubrum*, *Polysiphonia denudata*, *Porphyra leucosticta*) водоростей Чорного моря^{12, 13, 14, 15}.

Пророщування насіння пшениці м'якої в екстрактах чорноморських водоростей-макрофітів не впливало на кількість коренів, накопичення сирі та сухої маси у проростках. Збільшення довжини пагона та кореневої системи, яке відбувається на цьому тлі, безперечно дає змогу рослині отримати необхідні речовини з екстрактів за звичайного розвитку. У попередньому дослідженні впливу витяжки з водорості *Cystosiera barbata* на проростання насіння пшениці схожий результат пояснюється тим, що збільшення сирі маси відбувалося не через підвищення обводнювання тканин, а завдяки інтенсифікації процесів анаболізму¹⁵.

Фотосинтезу пшениці як найважливішої сільськогосподарської культури приділяється значна увага.

Вміст пігментів фотосинтезу в їх асимілюючих органах є одним з основних показників потенційного розвитку рослин та має певне практичне значення. Він певною мірою визначає потенційну фотохімічну активність листя пшениці та продуктивність її посівів, необхідність додаткового застосування добрив тощо¹⁸.

У дослідженні встановлено, що у варіантах із водоростевими екстрактами вміст фотосинтетичних пігментів у проростках м'якої пшениці був значно вищим, ніж у контрольному варіанті.

Згідно з даними, наведеними в науковій літературі, такі особливості реакції пігментної системи пояснюються наявністю у складі водоростевих екстрактів значної кількості цитокінінів, ауксинів і бетаїнів, які підвищують концентрацію хлорофілу в листі, збільшують кількість і розмір хлоропластів та покращують розвиток гран^{19, 20}.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує, що широкий спектр діючих речовин, які містяться в екстрактах чорноморських макроводоростей, збільшує основні показники ростових процесів проростків пшениці: довжину коренів і пагона, вміст хлорофілів та каротиноїдів. Таким чином, встановлено, що використання витяжки з водоростей *Ulva compressa*, *Polysiphonia sanguinea* та *Pyraliella littoralis* у концентрації 5% як біостимулятора зумовлює посилення розвитку пагона та кореневої системи, збільшення вмісту пігментів фотосинтезу. Отримані дані передбачають перспективи для подальших досліджень, зокрема, щодо визначення біологічно активних сполук, які входять до складу водоростей-макрофітів Чорного моря, та випробування водоростевих екстрактів у польових умовах на різних сільськогосподарських культурах. Підтвердженням ефективності цього прийому буде визначення біометричних, фізіологічних, біохімічних та агробіологічних показників упродовж онтогенезу рослин за дії отриманих екстрактів та оцінки цього впливу. Такі дослідження мають певне практичне значення, оскільки надалі можуть слугувати допоміжним матеріалом у процесі розроблення нової концепції використання сучасних біопрепаратів в агрокліматичних умовах півдня України.

Література

- (1) Craigie, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture *Journal of Applied Phycology*, **2011**, 23, pp. 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>.
- (2) Шевченко, В.Н. (Федеральное государственное унитарное предприятие «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»). Способ производства удобрения из морских водорослей. Патент России RU 2272799 С1, Февраль 8, 2004.
- (3) Van Iersel, S.; Flammini, A. Algae-based biofuels: applications and co-products. *FAO Environment and natural resources management working paper*, **2010**, 44, p. 23.
- (4) Michalak, I.; Chojnacka, K. Algal extracts: Technology and advances. *English Life Science*, **2014**, 14, pp. 581–591. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400139>.

- (5) Michalak, I.; Tuhy, L.; Chojnacka, K. Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant. *Open Chemistry*, **2015**, 13, pp. 1183–1195. <https://doi.org/10.1515/chem-2015-0132>.
- (6) Houssien, A.A.; Ismail, A.A.; Sabra, F.S. Bioactive substances extracted from seaweeds as biocontrol agents, effects and identification. *Journal Agriculture Resource Kafer El-Sheikh University*, **2011**, 37, pp. 460–473.
- (7) Battacharyya, D.; Babbohari, M.Z.; Rathor, P.; Prithiviraj B. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture *Science Horticulture*, **2015**, 196, pp. 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>.
- (8) Mansori, M.M.; Chernane, H.; Latique, S.; Benaliat, A.; Hsissou, D.; Kaoua El. Effect of seaweed extract (*Ulva rigida*) on the water deficit tolerance of *Salvia officinalis* L. *Journal Applied Phycology*, **2016**, 28, pp. 1363–1370. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0671-9>.
- (9) Panda, D.; Pramanik, K.; Nayak, B.R. Use of seaweed extracts as plant growth regulators for sustainable agriculture. *International Journal Bioresource Stress Management*, **2012**, 3, pp. 404–411.
- (10) Khan, W.; Rayirath, U.P.; Subramanian, S. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Plant Growth Regulators*, **2009**, 28, pp. 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>.
- (11) Ткаченко, Ф.П. *Морські водорості-макрофіти України (північно-західна частина Чорного моря)*. Одеса: Астропринт, 2011, с. 89–93.
- (12) Ткаченко, Ф.П. Влияние водных экстрактов из морских водорослей на начальные этапы развития твердой пшеницы. *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: тезисы докладов IV Международной научной конференции, Минск, Беларусь, 26–28 октября 2005 г.* Минск: Колорград, **2005**, с. 231.
- (13) Ткаченко, Ф.П.; Топтиков, В.А. Экстракты водорослей как стимуляторы начальных этапов развития растения ячменя. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія»*, **2008**, 7 (814), с. 199–204.
- (14) Ткаченко, Ф.П.; Ружицька, О.М. Вплив екстрактів водоростей на інтенсивність проростання і початковий ріст насіння пшениці. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія «Біологія»*, **2008**, 4 (38), с. 35–39.
- (15) Мусатенко, Л.І.; Кабузенко, С.М.; Володькін, С.А.; Омельченко, О.В. Вплив витяжки з водоростей *Cystosiera barbata* на адаптацію рослин пшениці до сольовому стресу. *Екосистеми, їх оптимізація та охорона*, **2009**, 20, с. 100–104.
- (16) Коробко, В.В.; Касаткин, М.Ю. Большой практикум по физиологии растений. Саратов: СГУ, 2017, с. 50–54.
- (17) Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований), 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985, с. 193–196.
- (18) Anantharaj, M.; Venkatesalu, V. Effect of seaweed liquid fertilizer on *Vigna catajung*. *Seaweed Res. Utiln.*, **2001**, 23, pp. 33–39.
- (19) Gireesh, R.; Haridevi, C.K.; Salikutty, J. Effect of *Ulva lactuca* extraction growth and proximate composition of *Vigna unguiculata* (L.). *Walp. J. Res. Biol.*, **2011**, 8, pp. 624–630.
- (20) Castellanos-Barriga, L.G.; Santacruz-Ruvalcaba, F.; Hernández-Carmona, G. et al. Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Applied Phycology*, **2017**, 29, pp. 2479–2488. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1082-x>.