

TERESA NOGA¹, ANNA OCHALSKA¹, ANNA BYSIEK¹, PATRYCJA MORYL¹, ANITA PORADOWSKA²

¹Zakład Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, ²Pracownia Architektury Krajobrazu; Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Nauk Rolniczych Ochrony i Kształtowania Środowiska
e-mail: moga@ur.edu.pl

**MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA I ZASTOSOWANIA
MORSZCZYNU (*FUCUS*) W ROLNICTWIE**

Przedstawiciele rodzaju *Fucus* od wieków mają zastosowanie jako źródło pożywienia dla ludzi i zwierząt, w rolnictwie oraz jako środek leczniczy w medycynie ludowej. Charakteryzują się wysokimi wartościami odżywczymi, stanowiąc dobre źródło błonnika pokarmowego i mineralów, zwłaszcza jodu. *Fucus vesiculosus* – najczęściej badany – zawiera znaczne ilości specyficznych związków fenolowych (florotaniny PT), barwnika fukoksantyny, mineralów (głównie I oraz Ca) a także bioaktywnych polisacharydów (fukoidanów, laminaranów i alginianów). Uważa się, że makroglony będące podstawowym pożywieniem w wielu krajach azjatyckich, mogą także stać się żywnością lub składnikiem żywności i pasz na rynkach europejskich. Świat zachodni interesuje się makroglonami i postrzega je jako „superżywność”, przede wszystkim przez zwiększone zainteresowanie zdrowym stylem życia i dietą oraz bardziej zrównoważoną produkcją żywności. Praca prezentuje przegląd najnowszego piśmiennictwa dotyczącego możliwości wykorzystania glonów z rodzaju *Fucus* w rolnictwie, także w kontekście retardacji niekorzystnych przemian ekosystemów.

Słowa kluczowe: ekstrakty, biostymulatory, dodatki do pasz, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*, retardacja

I. WSTĘP

Wzrost populacji ludzkiej wpływa na zwiększone zapotrzebowanie na białko wysokiej jakości, które może być zaspokajane m.in. przez rośliny lądowe. Jednakże zwiększanie produkcji roślin lądowych budzi obawy środowiskowe, związane np. ze zużyciem wody, wylesianiem czy degradacją gleb [Henchion i in. 2017]. Poszukiwane są sposoby na retardację niekorzystnych zmian w środowisku towarzyszących antropopresji [Kostecka 2010].

Makroglony morskie można wykorzystać jako alternatywną biomasę w celu dostarczenia wysokiej jakości białka wymaganego na rynkach żywności i pasz. Ponadto glony te posiadają wiele zalet w porównaniu do upraw roślin lądowych, np.: szybszy wzrost i tempo reprodukcji, wyższa produktywność i wydajność fotosyntezy, a także łatwiejsze procesy uprawy i mniejsze wykorzystanie gruntów ornych [García-Vaquero 2018]. Największymi producentami makroglonów w Europie są Norwegia, Francja i Irlandia, w mniejszym stopniu także: Islandia, Rosja, Portugalia, Hiszpania, Włochy, Estonia, Dania i Bułgaria. Większość produkcji składa się z gatunków: *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Fucus* spp., *Himantalia elongata*,

Laminaria hyperborea, *Laminaria digitata*, *Palmaria palmata*, *Porphyra umbilicalis*, *Sachharina latissima* i *Ulva* spp. [Rahikainen i Yang 2020 i literatura tam zamieszczona].

Makroglony suszone lub świeże oraz ekstrakty płynne wykorzystywane są w coraz większym stopniu przez rolników i ogrodników jako nawozy organiczne i użyźniacze gleby. Wszystkie produkty z glonów wpływają pozytywnie na: 1) stan gleby (tj. strukturę i zatrzymywanie wilgoci w glebie oraz drobnoustroje w ryzosferze), 2) wzrost i zdrowie roślin (rozwój korzeni i wzrost pędów, wchłanianie minerałów, fotosyntezę, rozmnażanie wegetatywne, plony) oraz 3) odporność na stres środowiskowy biotyczny i abiotyczny [Khan i in. 2009, Berthon i in. 2021, Michalak i Baśladyńska 2021]. Ekstrakty z makroglonów, nawet w niskich stężeniach, pobudzają wzrost roślin, poprawiają kwitnienie i plony, a nawet wydłużają okres przydatności do spożycia. Stwierdzono, że zastosowanie różnych rodzajów ekstraktów zwiększa tolerancję roślin na zasolenie, suszę i ekstremalne temperatury [Battacharyya i in. 2015, Catarino i in. 2017]. Ekstrakty i zawiesiny pochodzące z morskich brunatnic od wielu lat stosowane są w rolnictwie i ogrodnictwie. W Europie i Ameryce Północnej najczęściej wykorzystuje się *Ascophyllum nodosum*, ale także inne gatunki, np. *Laminaria digitata*, *L. hyperborea* i *Fucus serratus*. Gatunki te są wykorzystywane do produkcji bionawozów ze względu na wysoką zawartość betain, organicznych związków osmotycznych, które mogą potencjalnie odegrać kluczową rolę w ochronie przed zasoleniem, suszą i stresem temperaturowym. Ponadto makroelementy (N, P, K, Ca, Na) oraz mikroelementy (Fe, Zn, Mn, Cu) sprzyjają wzrostowi i plonowaniu owoców [Khan i in. 2009, Blunden i in. 2010, Hamouda i in. 2016, Hamed i in. 2018]. W przeciwieństwie do nawozów chemicznych, nawozy pochodzące z wodorostów (*Fucus*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Sargassum*, itp.) są biodegradowalne, nietoksyczne, niezanieczyszczające i nieszkodliwe dla ludzi i zwierząt [Dhargalkar i Pereira 2005, Chatzissavvidis i Therios 2014]. Glony i ich ekstrakty wykazują również właściwości przeciwdrobnoustrojowe, chwastobójcze oraz owadobójcze i nicieniobójcze wobec patogenów upraw i dlatego mogą być stosowane jako biopestycydy [Esserti i in. 2017, Asimakis i in. 2022, Boutjagualt i in. 2022].

Brunatnice (Phaeophyta) zostały dokładniej zbadane w porównaniu do innych makroglonów i są częściej wykorzystywane do karmienia zwierząt ze względu na ich duże rozmiary i łatwość zbioru. Choć odznaczają się mniejszą wartością odżywczą niż krasnorosty (Rhodophyta) i zielenice (Chlorophyta), ze względu na niższą zawartość białka, jednak zawierają w swym składzie więcej minerałów (14–35% suchej masy) i wiele związków bioaktywnych [Makkar i in. 2016].

Rodzaj *Fucus* spp. należy do szeroko rozprzestrzenionych, wieloletnich i jadalnych morskich brunatnic, rozwijających się w przybrzeżnych i sublitoralnych strefach zimnych wód półkuli północnej. Dominuje w między płytywowych i płytkich rafach skalistych północnego Atlantyku i północnego Pacyfiku [Catarino i in. 2018, Hatchett i in. 2022].

Plechki kilku gatunków *Fucus* są od dawna zbierane i wykorzystywane jako źródło pożywienia, głównie w Azji Wschodniej, ale także w niektórych krajach Europy Zachodniej i na Alasce. Stanowią pokarm dla dużych zwierząt roślinożernych (zarówno dzikich, jak i domowych) oraz ludzi. Karmione są nimi m.in. owce, bydło, świnie a renifery w regionach Arktyki żywią się *Fucus*, kiedy pokrywa śniegowa jest zbyt głęboka i pokryta lodem (utrudnia pozyskanie porostów spod śniegu). Wysoka zawartość makro- i mikroelementów u *Fucus vesiculosus*, zwłaszcza N, P, K, J, Mo oraz Br, pozwala uznać ten glon za obiecujący nawóz naturalny. Ekstrakty z plech *Fucus* sp. działają przeciwutleniająco i przeciwgrzybicze, np. przeciwko *Fusarium culmorum* oraz stymulują wzrost roślin. Ponadto, ze względu na wysoką zawartość jodu i związków bioaktywnych (fukoidany, florotaniny, fukoksantyna), plechy *Fucus* są powszechnie wykorzystywane w przemyśle: kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym

i nutraceutycznym [Díaz-Rubio i in. 2009, Pereira 2016, Catarino i in. 2018, Michalak i Baśladyńska 2021, Hatchett i in. 2022, Obluchinskaya i in. 2022, Yurkevich i in. 2022, Circuncisão i in. 2024 i literatura zamieszczona w tych artykułach].

Obecnie wzrasta stosowanie biologicznie aktywnych dodatków paszowych, w tym m.in. różnych ekstraktów roślinnych i naturalnych stymulatorów. Zadaniem ich jest pomoc w uzyskaniu wysokiej jakości produktów rolnych, przyjaznych dla środowiska, a także wykorzystywane są w żywieniu zwierząt gospodarskich, drobiu i w akwakulturach. Stosowanie glonów w żywieniu zwierząt rośnie, ponieważ zawierają szereg związków biologicznie czynnych i można je stosować jako prebiotyki [Wells i in. 2017, Buryakov i in. 2023].

Obluchinskaya i współautorzy [2022] badali zawartość pierwiastków w plechach *Fucus vesiculosus* zebranych z różnych mórz regionu Arktyki i stwierdzili, że glon ten nie kumuluje toksycznych dawek pierwiastków. Z tego względu można go bezpiecznie stosować w produkcji żywności i leków i jako źródło aktywnych związków biochemicznych. Podobnie Krautforst i współautorzy [2023] badali plechy *Fucus vesiculosus* pochodzące z Morza Bałtyckiego. Skład pierwiastkowy ekstraktu zawierał głównie Na, S i K (88–144 mg/L) oraz dość wysokie wartości Mg, P, Al i Fe (4–30 mg/L). Pierwiastki te mogą odpowiadać za potencjalną stymulację roślin do wzrostu. Autorzy jednocześnie podkreślają w swej pracy, że z biomasy nie wyekstrahowano toksycznych jonów metali As, Cd, Cr, Hg i Pb (ich stężenie w ekstrakcie było poniżej granicy wykrywalności). Z tego względu ekstrakt uzyskany z *Fucus vesiculosus* jest bezpieczny i może być stosowany jako potencjalny biostymulator wzrostu roślin, bez ryzyka skażenia gleby lub roślin metalami toksycznymi.

Niestety, większość dostępnej literatury na temat makroglonów morskich koncentruje się głównie na ich zastosowaniach w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym, natomiast ich potencjalne wykorzystanie w rolnictwie (zwłaszcza w zrównoważonym rozwoju rolnictwa) pozostaje nadal na drugim planie. W tym przeglądzie podsumowano zastosowanie makroglonów z rodzaju *Fucus* w różnych dziedzinach rolnictwa, co pokazuje duże możliwości w kontekście retardacji niekorzystnych przemian ekosystemów rolniczych.

II. METODA PRACY

Dokonano przeglądu dostępnej literatury, a następnie podsumowano informacje dotyczące możliwości wykorzystania i zastosowania makroglonów z rodzaju *Fucus* sp. (*Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*) w różnych gałęziach rolnictwa. Dane literaturowe zamieszczone w pracy wyszukiwano w dostępnych bazach danych (m.in. Google Scholar, Scopus, etc.), uwzględniając zarówno prace oryginalne, jak i przeglądowe. Podczas przeglądania i wyszukiwania danych literaturowych zwrócono szczególną uwagę na najnowsze piśmiennictwo, tj. opublikowane w ostatnim dwudziestoleciu.

III. SKŁAD CHEMICZNY

Morskie makroglony, stanowiące w wielu regionach świata niejednokrotnie trudne do zagospodarowania odpady, mogą być źródłem łatwo dostępnej biomasy. Surowiec taki jest cenny ze względu na unikalny skład chemiczny (tab. 1), tj.: polisacharydy (m.in. fukoidan, agar, laminaryna), aminokwasy, lipidy (w tym wielonienasycone kwasy tłuszczowe), liczne makro- (np. K, Ca, Mg) i mikroelementy (np. Fe, Cr, Mn), witaminy (m.in. A, B, C, E), naturalne pigmenty oraz związki o działaniu przeciwutleniającym, np. polifenole [Krautforst i in. 2023 i literatura tam zamieszczona]. Plechy morskich makroglonów zawierają minerały z wody morskiej w ilości 10–20 razy większej w porównaniu do roślin lądowych [Makkar i in. 2016]. Wilgotność plech *Fucus* jest bardzo wysoka i sięga blisko 90% biomasy. Stężenia wielu pierwiastków są zmienne w zależności od sezonu, warunków środowiskowych, rozmieszczenia

geograficznego oraz innych czynników. Plechy *Fucus* zawierają bardzo dużo węglowodanów, natomiast zawartość lipidów i białek jest niska (tab. 1) i związana z sezonowością, przy czym najwyższa obserwowana jest pod koniec zimy i wiosną. Generalnie makroglony charakteryzują się niską zawartością tłuszczu (najczęściej poniżej 4%).

Tabela 1 – Table 1

Morfologia, występowanie i skład chemiczny gatunków z rodzaju *Fucus* / *Morphology, occurrence and chemical composition of thalli of the Fucus species*

	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Fucus spiralis</i>
morfologia / morphology	brunatne plechy, rozgałęzione widlasto, 20–100 cm wysokie, 0,5–2 cm szerokie, z gładkimi brzegami oraz pęcherzami powietrznymi <i>brown thalli, fork-branched, 20–100 cm high, 0.5–2 cm wide, with smooth edges and air bladders</i>	oliwkowobrunatne plechy, widlasto rozgałęzione, do 60 cm wysokie, 1,5 cm szerokie, brzegi plechy piłkowane (pojedynczo lub podwójnie), bez pęcherzy powietrznych <i>olive-brown thalli, fork-branched, up to 60 cm high, 1.5 cm wide, thalli edges serrated (singly or doubly), no air bladders</i>	plechy brązowe lub oliwkowo-zielone, widlasto rozgałęzione, do 30 cm wysokie (rzadko do 60 cm), bez pęcherzy powietrznych <i>brown or olive-brown thalli, fork-branched, up to 30 cm high (rarely to 60 cm), no air bladders</i>
Literatura / References: Van Patten i Yarish [2009], Pliński i Surosz [2013], Laekeman [2015]			
występowanie / occurrence	środkowa strefa pływów w morzach chłodnych i zimnych półkuli północnej o dużym zasoleniu, rozwija się na kamieniach i na muszlach mięczaków <i>middle intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity, developing on rocks and mollusk shells</i>	górną strefą pływów w morzach chłodnych i zimnych półkuli północnej o dużym zasoleniu, rozwija się na kamieniach i na muszlach mięczaków <i>main intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity, developing on rocks and mollusk shells</i>	dolna i środkowa strefa pływów w chłodnych i zimnych morzach półkuli północnej o dużym zasoleniu <i>down and middle intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity</i>
Literatura / References: Pliński i Surosz [2013], Catarino i in. [2018]			
skład chem. / chem. composition %	węglowodany: 34–66, białka: do 14, lipidy: do 4,6, związki popielne: 14–36, minerały (najwięcej K, Na, Ca, mniej licznie Mg, P, Mn, Fe) <i>carbohydrates: 34–66, protein: up to 14, lipids: up to 4,6, ash: 14–36, minerals (the most K, Na and Ca, less numerous Mg, P, Mn, Fe)</i>	węglowodany: 26–62, białka: 10–17, lipidy: do 3, związki popielne: do 23,8, minerały (najwięcej Br, I, Fe, mniej licznie Mn, Zn, Ca, Mn, Cu, P) <i>carbohydrates: 26–62, protein: 10–17, lipids: up to 3, ash: up to 23,8, minerals (the most Br, I, Fe, less numerous Mn, Zn, Ca, Mn, Cu, P)</i>	węglowodany: 63, białka: do 11, lipidy: do 5, związki popielne: do 22, minerały (najwięcej Fe, Br, I, mniej licznie Zn, Mn, Ca, Mg) <i>carbohydrates: 63, protein: up to 11, lipids: up to 5, ash: up to 22, minerals (the most Fe, Br, I, less numerous Zn, Mn, Ca, Mg)</i>
Literatura / References: Peinado i in. [2014], Garcia-Vaquero i Hayes [2016], Cabrita i in. [2016], Lorenzo i in. [2017], Catarino i in. [2018], Morais i in. [2020], Obluchinskaya i in. [2022]			

Brunatnice zawierają mniej białka w porównaniu z zielenicami (11–26%) i krasnorostami (11–33%), natomiast podobną ilość jak rośliny bogate w białko (np. soja, zboża), jaja i ryby [Herbretau i in. 1997, Fleurence 1999, Denis i in. 2010, Peinado i in. 2014, Garcia-Vaquero i Hayes 2016, Lorenzo i in. 2017]. Zawartość minerałów w glonach jest na ogół wysoka, jednak zmienia się w zależności od rozmieszczenia geograficznego i miejsca zbioru, ekspozycji na fale, sezonowości, a różnice widoczne są nawet między gatunkami w tym samym rodzaju. Gatunki z rodzaju *Fucus* zawierają od 19% do 36% związków popielnych, czyli znacznie więcej niż rośliny lądowe (tab. 1). *Fucus vesiculosus* zawiera najwięcej K, Na i Ca. Warto podkreślić, że brunatnice, w tym także *Fucus*, zawierają bardzo duże ilości jodu – od 13 do 73 mg/100 g suchej masy [Kraan 2013, Lorenzo i in. 2017, Catarino i in. 2018]. Brunatnice z rodzaju morszczyń są szczególnie bogate w fukoidany. *Fucus vesiculosus* był pierwszym gatunkiem, u którego w 1913 roku Kylin odkrył fukoidan [FUKOSAN 2017–2020].

IV. WPLYW NAWOZÓW I EKSTRAKTÓW Z *FUCUS* NA GLEBĘ I ROŚLINY

Morskie makroglony odgrywają ważną rolę jako nawóz organiczny albo jako kompost, zwłaszcza w rolnictwie na terenach nadmorskich. Często wykorzystywane są w przybrzeżnych regionach Szkocji poprzez rozrzucanie na gruntach ornych plech brunatnic w celu poprawy właściwości gleb. Glony zbierane są w miesiącach jesienno-zimowych, kiedy morze wyrzuca na brzeg duże ilości plech, głównie gatunki z rodzajów *Ascophyllum*, *Laminaria* i *Fucus serratus* [WSH 2016, Oluwadare i in. 2020]. Badania prowadzone przy zastosowaniu doglebowo plech *Fucus serratus*, wykazały, że brunatnica ta może być tanim i łatwo dostępnym nawozem organicznym oraz stanowi źródło szybko uwalniającego się, labilnego cynku w glebie. *Fucus vesiculosus* lub gatunki z rodzaju *Laminaria* można nakładać na glebę jako ściółkę (bardzo szybko ulega rozkładowi) lub można je dodawać do kompostu. Galaretowaty alginian pomaga wiązać okruchy gleby i zawiera wszystkie składniki odżywcze (0,3% N, 0,1% P, 1,0% K i pełną gamę pierwiastków śladowych) oraz aminokwasy [Khan i in. 2009, Craigie 2011].

Dokładna analiza składu chemicznego *Fucus vesiculosus* wykazała, że może być on potencjalnym źródłem otrzymywania nawozów zawierających azot i związków biologicznie czynnych. Badana biomasa nie jest fitotoksyczna, sprzyja wzrostowi roślin rolniczych i ma duży potencjał w zrównoważonym rolnictwie. Dodatek biomasy glonów do gleby sprzyjał wzrostowi i rozwojowi systemu korzeniowego u nasion *Avena sativa* [Bikovens i in. 2017].

Pozytywny wpływ na wzrost roślin mogą mieć nie tylko ekstrakty z glonów, ale także biomasa i pozostałości poekstrakcyjne w formie dodatków do gleby. Właściwości biostymulujące ekstraktów z *Fucus vesiculosus* można przypisać zawartości mikro- i makroelementów niezbędnych do rozwoju roślin. Sama zaś biomasa tego glonu może pełnić podwójną rolę – jako dodatek do gleby oraz jako środek bioremediacyjny metali ciężkich w glebie. Takie podejście jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju i pomaga chronić środowisko [Krautforst i in. 2023].

Jedną z metod wykorzystania biomasy jest jej kompostowanie. Kompost otrzymywany z makroglonów morskich może stanowić alternatywę dla konwencjonalnych nawozów. Badania dotyczące technologii kompostowania w celu wytworzenia kompostu i ekstraktu z alg, przeprowadzono z wykorzystaniem różnych gatunków *Fucus* sp. Wykazano, że uzyskany kompost i ekstrakt były dobrej jakości pod względem dużej zawartości składników odżywczych i niskiej zawartości metali toksycznych. Właściwości kompostu testowano podczas kiełkowania nasion *Lepidium sativum*. W doświadczeniu, w którym zastosowano kompost algowy, średnia długość roślin i biomasa były prawie dwukrotnie większe niż

w grupie kontrolnej. Ponadto biomasa nawożona kompostem z *Fucus* sp. była bogata w mikro- i makroelementy, w szczególności: B, Fe, Cu, Zn, Ca, K, S [Michalak i in. 2016].

Uważa się, że wzrost plonów roślin traktowanych makroglonami morskimi jest związany z fitohormonami obecnymi w ekstraktach, zwłaszcza cytokininami. U morskizynu stwierdzono występowanie auksyn, cytokinin i giberelin [Craigie 2011, Chatzissavidis i Therios 2014].

Ekstrakty z glonów są stosowane w celu ograniczenia stresu abiotycznego i zwiększenia produktywności roślin. Makroglony są również skutecznymi biostymulatorami – stymulują procesy wzrostu roślin i poprawiają odporność na stres poprzez zwiększenie efektywności pobierania i wykorzystania składników odżywczych. Najczęściej wytwarzane są z brunatnic (Phaeophyta): *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* i *Macrocystis pyrifera*, które zawierają cenne pierwiastki śladowe (Fe, Cu, Zn, Mn) i hormony. *Fucus* sp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., i inne brunatnice stosowane są jako bionawozy w rolnictwie. Ostatnio w obu rolnictwie i ogrodnictwie stosowane są także wodne ekstrakty z różnych gatunków glonów (zwłaszcza brunatnic) dostępnych na rynku do opryskiwania liści, doglebowo, lub często w obu kombinacjach [Blunden i in. 2013, Oluwadare i in. 2020, Mzibra i in. 2021, Kisvarga i in. 2022]. Mzibra i współautorzy [2021] wykazali w swoich badaniach, że różne gatunki morskich glonów (w tym m.in. *Fucus spiralis*) mogą być potencjalnymi kandydatami do produkcji skutecznych biostymulatorów. Ekstrakty takie wywołują wczesne kiełkowanie nasion pomidorów oraz stymulują rośliny do wzrostu, dlatego można je stosować zamiast związków syntetycznych. Należy podkreślić, że ekstrakty glonowe powinny być stosowane dopiero po rozcieńczeniu, gdyż mogą one uszkodzić rośliny. Niewielkie ilości ekstraktu mogą przynieść bardzo korzystne wyniki dla roślin, nie tylko w zakresie optymalnych warunków wzrostu, ale także w różnych warunkach stresu biotycznego i abiotycznego [Górka i in. 2018, Krautforst i in. 2023 i literatura tam zamieszczona]. Ekstrakt z *F. spiralis* (1%) wpłynął na maksymalną długość części nadziemnej i korzeniowej oraz suchą masę roślin papryki. Wodne ekstrakty natomiast pozwoliły na uzyskanie maksymalnych wartości zawartości materii organicznej i azotu w liściach papryki [Baroud i in. 2024].

Innym produktem z makroglonów jest mączka. Wytwarzana jest zazwyczaj z suszonych i mielonych plech brunatnic, które są najłatwiej dostępne w dużych ilościach (głównie gatunki z rodzajów *Ascophyllum*, *Ecklonia* i *Fucus*). Tego typu glony sprzedawane są jako dodatki do gleby. Działają jako nawóz i środek poprawiający właściwości gleby. Mają odpowiednią zawartość N i K, ale znacznie niższą zawartość P w porównaniu do tradycyjnych nawozów zwierzęcych i chemicznych [Chatzissavidis i Therios 2014 i literatura tam zamieszczona].

V. MAKROGLONY I ICH EKSTRAKTY W DIECIE ZWIERZĄT

Makroglony morskie wykorzystywane były już od czasów starożytnych jako pasza dla zwierząt, zwłaszcza na obszarach przybrzeżnych. Zazwyczaj stanowią dodatki do pasz, ponieważ spożywane samodzielnie mogą negatywnie wpływać na zwierzęta. Metabolity i minerały zawarte w glonach są naturalnym źródłem dodatków, które mogą zastąpić stosowanie antybiotyków u różnych zwierząt [Morais i in. 2020]. Przeżuwacze preferują glony należące do brunatnic, zwłaszcza: *Palmaria palmata*, *Alaria esculenta*, *Laminaria digitalata*, *Saccharina latissimi*, *Ascophyllum nodosum* i *Fucus* spp. [Hansen i in. 2003, Campbell 2020]. Wiele morskich glonów (w tym także brunatnice) działają jako prebiotyki dla zwierząt, kiedy podawane są w małych dawkach (do 5% w diecie). Generalnie makroglony powinny być włączane do diety drobiu i świń jedynie w niewielkich ilościach, zwykle do 5–6% u zwierząt rosnących i maksymalnie do 10% [Makkar i in. 2016]. Inni badacze uważają, że w przypadku drobiu makroglony można włączać do diety w wysokim stopniu do >50%. Poziom włączenia do diety makroglonów w diecie koni jest silnie ograniczony zawartością jodu (maksymalnie do 50 mg I dziennie w diecie).

W przypadku przeżuwaczy (bydła i owiec) włączenie makroglonów do diety jest ograniczone głównie zawartością jodu, następnie bromu i magnezu. Zastosowanie makroglonów w regularnym żywieniu zwierząt wymaga dokładnego rozważenia poziomu minerałów, takich jak: Mg, Br, Fe, I, Ar i Al. Poziom włączenia do diety różnych gatunków makroglonów jest silnie zależny od poziomu pierwiastków potencjalnie toksycznych, a także od poziomów pierwiastków niezbędnych, które spożyte w dużych ilościach mogą prowadzić do toksyczności [Cabrita i in. 2016]. Pandey i współautorzy [2023] blanszowali świeżą biomasę brunatnic (m.in. *Fucus vesiculosus*) w średnio-wysokiej temperaturze (40–80°C) wody i stwierdzili, że zabieg ten skutecznie minimalizuje poziom popiołu, nadmiaru minerałów (Na, K, P, Br, I) i metali ciężkich (np. As). Z drugiej strony blanszowanie zmienia skład cukrów i węglowodanów złożonych, a przez to pogarsza strawność biomasy u przeżuwaczy i zwierząt jednożołądkowych.

W Szwecji w XIX i na początku XX wieku karmiono świnie mieszkanką mąki zbożowej i gotowanych plech *Fucus vesiculosus*. Okazało się jednak, że stosowanie większych ilości brunatnic w diecie może być szkodliwe dla świń. Obecnie makroglony stosuje się w niewielkich ilościach (1–2%) jako dodatki do karmy, ze względu na jakość mięsa i potencjalne korzyści dla zdrowia świń [Sauvageau 1920, Makkar i in. 2016].

Owce zamieszkujące Orkady przez większą część roku żywią się prawie wyłącznie morskimi glonami. Preferują glony należące do Phaeophyta, głównie z rodzaju *Laminaria*, ale zjadają także inne brunatnice, w tym różne gatunki *Fucus*. Pokarm taki może stanowić nawet do 90% diety latem, w zależności od dostępności. Dieta tego typu zaspokaja w znacznym stopniu zapotrzebowanie na składniki odżywcze, jednak zwierzęta cierpią z powodu przeciążenia minerałami [Hansen i in. 2003, Makkar i in. 2016].

W Rosji prowadzono badania z wykorzystaniem plech *Fucus vesiculosus*, które dodawano do paszy krowom mlecznym w postaci suchego grysu wraz z mineralnym adsorbentem (szungit). Doświadczenie wykazało, że poprawiały się skład mleka, strawność składników odżywczych oraz wykorzystanie azotu, jednocześnie nie powodując szkodliwego wpływu na wskaźniki biochemiczne krwi [Buryakov i in. 2023].

Glony należące do Fucales (*Ascophyllum nodosum* i *Fucus vesiculosus*) charakteryzują się silnymi właściwościami antymetanogennymi. Prowadzone badania wykazują, że mogą stanowić opłacalny składnik pasz w poszukiwaniu naturalnych strategii żywienia, łagodzących powstawanie metanu podczas hodowli przeżuwaczy [Campbell 2020].

Rozwój akwakultury przyczynia się także do wykorzystywania funkcjonalnych składników immunostymulujących, którymi są pozyskiwane z makroglonów mączki, ekstrakty i izolowane związki. W Portugalii prowadzono badania nad wpływem suplementacji diety makroglonami na wydajność wzrostu, zdolność trawienia oraz reakcję immunologiczną i reakcję na stres u ryb *Dicentrarchus labrax*. Potwierdzono hipotezę, że glony można wykorzystać do wzmocnienia odporności i obrony antyoksydacyjnej u ryb, bez zaburzeń wzrostu [Peixoto i in. 2016].

Informacje o ilości makroglonów lub produktów z nich stosowanych w Europie do produkcji pasz i żywności są w dalszym ciągu skąpe. Obecnie w większości krajów nadal nie ma przepisów dotyczących maksymalnych poziomów metali ciężkich w makroglonach, dlatego potrzebna jest kontrola produktów paszowych w celu zabezpieczenia przed nadmiernym spożyciem soli, jodu i metali ciężkich, takich jak: As, Al, Cd, Pb, Rb, Si, Sr oraz Sn [Chen i in. 2018, Morais i in. 2020 i literatura tam zamieszczona]. Nieliczne dane dotyczące zawartości metali w makroglonach wskazują, że np. glony norweskie mogą zawierać podwyższony poziom arsenu i kadmu, szczególnie u Phaeophyta. Poziomy arsenu i kadmu mogą ograniczać zastosowanie niektórych makroglonów jako składników pasz i żywności. Makroglony zawierają polisacharydy jednak wiedza na temat dostępnej zawartości energii w nich jest niska. Często zawierają więcej błonnika niż związków dających energię. Większe spożycie składników niestrawnych oraz zmniejszenie

spożycia składników wysokoenergetycznych jest korzystne z punktu widzenia zdrowia człowieka, jednak z punktu widzenia paszy może to stanowić problem [Duinker i in. 2016].

UE ustanowiła przepisy mające na celu kontrolę składu i bezpieczeństwa pasz dla zwierząt oraz dodatków paszowych. Ograniczenia i wymagania dotyczące materiałów paszowych na bazie makroglonów są ustanowione w przepisach paszowych UE, gdzie, w zależności od przepisów, materiały paszowe z glonów są albo uważane za osobną kategorię paszową podlegającą szczegółowym przepisom bezpieczeństwa, albo objęte wspólnymi zasadami mającymi zastosowanie do wszystkich materiałów paszowych [Rahikainen i Yang 2020 i rozporządzenia tam zamieszczone].

VI. PODSUMOWANIE

Ekstrakty i zawiesiny pochodzące z morskich makroglonów, zwłaszcza brunatnic (Phaeophyta), stosowane są w rolnictwie i ogrodnictwie od wielu lat. Obecnie, w krajach na terenie Europy i Ameryki Północnej, wykorzystywane są najczęściej *Ascophyllum nodosum* i inne gatunki z gromady brunatnic, m.in.: *Laminaria digitata*, *L. hyperborea* i *Fucus serratus*. Nawet niskie stężenia ekstraktów z makroglonów pobudzają wzrost roślin, wpływają pozytywnie na kwitnienie i plony, a także wydłużają okres przydatności do spożycia. Stosowanie różnych rodzajów ekstraktów zwiększa tolerancję roślin na zasolenie, suszę i ekstremalne temperatury. Makroelementy (N, P, K, Ca, Na) i mikroelementy (Fe, Zn, Mn, Cu) zawarte w glonach, sprzyjają wzrostowi i plonowaniu owoców. Na terenie Azji Wschodniej, ale także w niektórych krajach Europy Zachodniej i na Alasce od dawna zbierane są i wykorzystywane jako źródło pożywienia plechy kilku gatunków z rodzaju morskoczyn (*Fucus*). Karmione są nimi m.in. owce, bydło, świnie oraz żywią się nimi renifery w regionach Arktyki. Wysoka zawartość makro- i mikroelementów u *Fucus vesiculosus* (głównie N, P, K, J, Mo i Br) sprawia, że glon ten stosowany jest jako nawóz naturalny. Ekstrakty z plech morskoczynu działają przeciwutleniająco i przeciwgrzybiczo oraz stymulują rośliny do wzrostu. Plechy morskoczynu, ze względu na wysoką zawartość jodu i związków bioaktywnych (fukoidany, florotaniny, fukoksantyna), są powszechnie wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, np. kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym i nutraceutycznym. Stosowane są również w żywieniu zwierząt gospodarskich, drobiu oraz w akwakulturach, ponieważ zawierają szereg związków biologicznie czynnych i można je stosować jako prebiotyki. Wykazane korzyści sprzyjają retardacji niekorzystnych przemian spowodowanych antropopresją w agroekosystemach. Obecnie większość badań nad makroglonami morskimi koncentruje się przede wszystkim na ich zastosowaniach w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym, natomiast zdecydowanie w mniejszym stopniu na wykorzystaniu w rolnictwie. W przyszłości powinno się zintensyfikować badania dotyczące kumulacji metali ciężkich w plechach *Fucus*, pochodzących zarówno z hodowli, jak i pozyskiwanych ze środowisk naturalnych, aby móc bezpiecznie stosować te glony jako biostymulatory wzrostu roślin, bez ryzyka skażenia gleb lub roślin toksycznymi metalami.

Autorki składają serdeczne podziękowania Pani Profesor dr hab. Joannie Kosteckiej, Redaktorowi Naczelnemu Polish Journal for Sustainable Development, za wnikliwą korektę manuskryptu i cenne uwagi dotyczące zagadnień związanych z retardacją.

BIBLIOGRAFIA

1. Asimakis E., Shehata A.A., Eisenreich W., Acheuk F., Lasram S., Basiouni S., Emekci M., Ntougias S., Taner G., May-Simera H., Yilmaz M., Tsiamis G. 2022. Algae and their metabolites as potential bio-pesticides. *Microorganisms*. 10. 307. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020307>.

2. Baroud S., Tahrouch S., Hatimi A. 2024. Effect of brown algae as biofertilizer materials on pepper (*Capsicum annuum*) growth, yield, and fruit quality. *Asian Journal of Agriculture*. 8 (1). 25-31.
3. Battacharyya D., Zamani Babgohari M.Z., Rathor P., Prithviraj B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 196. 39-48.
4. Berthon J.-Y., Michel T., Wauquier A., Joly P., Gerbore J., Filaire E. 2021. Seaweed and microalgae as major actors of blue biotechnology to achieve plant stimulation and pest and pathogen biocontrol – a review of the latest advances and future prospects. *The Journal of Agricultural Science*. 159. 523-534.
5. Bikovens O., Ponomarenko J., Janceva S., Lauberts M., Vevere L., Telyszewa G. 2017. Development of the approaches for complex utilization of brown algae (*Fucus vesiculosus*) biomass for the obtaining of value-added products. W: Raupelienė A. (ed.), *Proceedings of the 8 th International Scientific Conference Rural Development 2017*, Published by Aleksandras Stulginskis University, pp. 222-225.
6. Blunden G., El Barouni M.M., Gordon S.M., McLean W.F.H., Rogers D.J. 2013. Extraction, purification and characterisation of dragendorff-positive compounds from some British marine algae. *Bot. Mar.* 24. 451-456.
7. Blunden G., Morse P.F., Mathe I., Hohmann J., Critchley A.T., Morrell S. 2010. Betaine yields from marine algal species utilized in the preparation of seaweed extracts used in agriculture. *Nat. Prod. Commun.* 5. 581-585.
8. Boutjagualt I., Hmimid F., Errami A., Bouharrou R., Qessaoui R., Etahiri S., Benba J. 2022. Chemical composition and insecticidal effects of brown algae (*Fucus spiralis*) essential oil against *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) pupae and adults. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 40. 102308. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102308>.
9. Buryakov N.P., Sycheva L.V., Trukhachev V.I., Zaikina A.S., Buryakova M.A., Nikonov I.N., Petrov A.S., Kravchenko A.V., Fathala M.M., Medvedev I.K., et al. 2023. Role of dietary inclusion of phytobiotics and mineral adsorbent combination on dairy cows' milk. Production, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and biochemical parameters. *Vet. Sci.* 10. 238. <https://doi.org/10.3390/vetsci10030238>.
10. Cabrita A.R.J., Maia M.R.G., Oliveira H.M., Sousa-Pinto I., Almeida A.A., Pinto E., Fonseca A.J.M. 2016. Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *J. Appl. Phycol.* 28. 3135-3150.
11. Campbell M. 2020. The potential applications of brown seaweed as an alternative feed for ruminant livestock. Queen's University Belfast, PhD thesis.
12. Catarino M.D., Silva A.M.S., Cardoso S.M. 2017. Fucaceae: a source of bioactive phlorotannins. *Int. J. Mol. Sci.* 18. 1327. doi:10.3390/ijms18061327.
13. Catarino M.D., Silva A.M.S., Cardoso S.M. 2018. Phytochemical constituents and biological activities of *Fucus* spp. *Marine Drugs*. 16. 249. doi:10.3390/md16080249.
14. Chatzissavvidis Ch., Therios I. 2014. Role of algae in agriculture. Chapter 1. [In:] V.H. Pomin (ed.), *Seaweeds: agricultural uses, biological and antioxidant agents*. Wyd. Nova Science Publishers. 1-37.
15. Chen Q., Pan X.D., Huang B.F., Han J.L. 2018. Distribution of metals and metalloids in dried seaweeds and health risk to population in southeastern China. *Sci. Rep.* 8. doi: 10.1038/s41598-018-21732-z.
16. Circunção A.R., Ferreira S.S., Silva A.M.S., Coimbra M.A., Cardoso S.M. 2024. *Fucus vesiculosus*-rich extracts as potential functional food ingredients: a holistic extraction approach. *Foods*. 13. 540. <https://doi.org/10.3390/foods13040540>.
17. Craigie J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*. 23. 371-393.

18. Denis C., Moranchais M., Li M., Deniaud E., Gaudin P., Wielgosz-Collin G., Barnathan G., Jaouen P., Fleurence J. 2010. Study of the chemical composition of edible red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). *Food Chem.* 119. 913-917.
19. Dhargalkar V.K., Pereira N. 2005. Seaweed: promising plant of millennium. *Science and Culture.* 71 (3-4). 60-66.
20. Díaz-Rubio M.E., Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F., Diaz-Rubio M.E., Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. 2009. Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucus vesiculosus* products. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60. 23-34.
21. Duinker A., Roiha I.S., Amlund H., Dahl L., Lock E.-J., Kögel T., Måge A., Lunestad B.T. 2016. Potential risks posed by macroalgae for application as feed and food – a Norwegian perspective. National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES), pp. 1-24. DOI:10.13140/RG.2.2.27781.55524.
22. Esserti S., Smaili A., Rifai L.A., Koussa T., Makroum K., Belfaiza M., Kabil E.M., Faize L., Burgos L., Alburquerque N., et al. 2017. Protective effect of three brown seaweed extracts against fungal and bacterial diseases of tomato. *J. Appl. Phycol.* 29. 1081-1093.
23. FAO 2019. Online query panels for aquaculture and capture production of seaweeds. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en>.
24. Fleurence J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends Food Sci. Technol.* 10. 25-28.
25. FUKOSAN 2017–2020. Result report. Algae sources, cultivation and collection. pp. 1-9, [file:///C:/Users/URz/Downloads/Fucosan_Result_Report_WP3_web.pdf; 08.04.2024].
26. Garcia-Vaquero M. 2018. Seaweed proteins and applications in animal feed. [In:] M. Hayes (ed.), *Novel proteins for food, pharmaceuticals, and agriculture: sources, applications, and advances*. First Edition. John Wiley & Sons Ltd., 139-161.
27. Garcia-Vaquero M., Hayes M. 2016. Red and green macroalgae for fish and animal feed and human functional food development. *Food Reviews International.* 32 (1). 15-45.
28. Górka B., Korzeniowska K., Lipok J., Wieczorek P.P. 2018. The biomass of algae and algal extracts in agricultural production. In: Chojnacka K., Wieczorek P.P., Schroeder G., Michalak I. (eds), *Algae biomass: characteristics and applications. Towards algae-based products. Developments in Applied Phycology 8*. Springer International Publishing AG, pp. 103-114.
29. Hamed S.M., Abd El-Rhman A.A., Abdel-Raouf N., Ibraheem I.B.M. 2018. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.* 7. 104-110.
30. Hamouda H.A., Khalifa R.K.M., El-Dahshouri M.F., Zahran N.G. 2016. Yield, fruit quality and nutrients content of pomegranate leaves and fruit as influenced by iron, manganese and zinc foliar spray. *Intl. J. Pharmtech. Res.* 9 (3). 46-57.
31. Hansen H.R., Hector B.L., Feldmann J. 2003. A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105. 21-28.
32. Hatchett W.J., Coyer J.A., Sjøtun K., Jueterbock A., Hoarau G. 2022. A review of reproduction in the seaweed genus *Fucus* (Ochrophyta, Fucales): background for renewed consideration as a model organism. *Front. Mar. Sci.* 9. 1051838. doi: 10.3389/fmars.2022.1051838.
33. Henchion M., Hayes M., Mullen A.M., Fenelon M., Tiwari B. 2017. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods.* 6 (7). 53. doi:10.3390/foods6070053.
34. Herbreteau F., Coiffard L.J.M., Derrien A., De Roeck-Holtzhauer Y. 1997. The fatty acid composition of five species of macroalgae. *Bot. Mar.* 40. 25-27.

35. Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.* 28. 386-399.
36. Kisvarga S., Farkas D., Boronkay G., Neményi A., Orlóci L. 2022. Effects of biostimulants in horticulture, with emphasis on ornamental plant production. *Agronomy*. 12. 1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>.
37. Kostecka J. 2010. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju. *Biuletyn KPZK PAN*. 242. 27-49.
38. Kraan S. 2013. Pigments and minor compounds in algae. [In:] Dominguez H. (ed.), *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 205-251.
39. Krautforst K., Szymczycha-Madeja A., Welna M., Michalak I. 2023. Brown seaweed: *Fucus vesiculosus* as a feedstock for agriculture and environment protection. *Scientific Reports*. 13. 10065. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36881-z>.
40. Laekeman G. 2015. Assessment report on *Fucus vesiculosus* L., thallus. European Medicines Agency, London, pp. 55. EMA/HMPC/313675/2012.
41. Lorenzo J.M., Agregán R., Munekata P.E.S., Franco D., Carballo J., Sahin S., Lacomba R., Barba F.J. 2017. Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Marine Drugs*. 15. 360. doi:10.3390/md15110360.
42. Makkar H.P.S., Tranb G., Heuzé V., Giger-Reverdin S., Lessire M., Lebas F., Ankers P. 2016. Seaweeds for livestock diets: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 212. 1-17.
43. Michalak I., Baśladyńska S. 2021. Effect of *Fucus* extract and biomass enriched with Cu(II) and Zn(II) ions on the growth of garden cress (*Lepidium sativum*) under laboratory conditions. *Italian Journal of Agronomy*. 16. 1799. doi:10.4081/ija.2021.1799.
44. Michalak I., Tuhy Ł., Chojnacka K. 2016. Co-composting of algae and effect of the compost on germination and growth of *Lepidium sativum*. *Pol. J. Environ. Stud.* 25 (3). 1107-1115.
45. Morais T., Inácio A., Coutinho T., Ministro M., Cotas J., Pereira L., Bahcevandziev K. 2020. Seaweed potential in the animal feed: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*. 8. 559. doi:10.3390/jmse8080559.
46. Mzibra A., Aasfar A., Benhima R., Khouloud M., Boulif R., Douira A., Bamouh A., Kadmiri I.M. 2021. Biostimulants derived from Moroccan seaweeds: seed germination metabolomics and growth promotion of tomato plant. *J. Plant Growth Regul.* 40. 353-370.
47. Obluchinskaya E.D., Pozharitskaya O.N., Zakharov D.V., Flisyuk E.V., Terninko I.I., Generalova Y.E., Smekhova I.E., Shikov A.N. 2022. The biochemical composition and antioxidant properties of *Fucus vesiculosus* from the Arctic Region. *Mar. Drugs*. 20. 193. <https://doi.org/10.3390/md20030193>.
48. Oluwadare D.A., Carney H.E., Sarker M.H., Ennis Ch. J. 2020. Kinetics of water-extractable zinc release from seaweed (*Fucus serratus*) as soil amendment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 183. 136-143.
49. Pandey D., Næss G., Fonseca A.J.M., Maia M.R.G., Cabrita A.R.J., Khanal P. 2023. Differential impacts of post-harvest hydrothermal treatments on chemical composition and in vitro digestibility of two brown macroalgae (Fucales, Phaeophyceae), *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*, for animal feed applications. *Journal of Applied Phycology*. 35. 2511-2529.
50. Peinado I., Girón J., Koutsidis G., Ames J.M. 2014. Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. *Food Res. Int.* 66. 36-44.
51. Pereira L. 2016. *Edible seaweeds of the world*. 1st ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
52. Peixoto M.J., Salas-Leitóna M., Pereira L.F., Queiroza A., Magalhães F., Pereirad R., Abreud H., Reisa P.A., Magalhães Gonçalves J.F., de Almeida Ozório R.O. 2016. Role of dietary

- seaweed supplementation on growth performance, digestive capacity and immune and stress responsiveness in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture Reports*. 3. 189-197.
53. Pliński M., Surosz W. 2013. Red Algae – Rhodophyta, Brown Algae – Phaeophyta. [In:] M. Pliński (ed.), *Flora Zatoki Gdańskiej i Wód Przyległych (Bałtyk Południowy)*. 6. Wyd. UG. 1-148.
 54. Rahikainen M., Yang B. 2020. Macroalgae as food and feed ingredients in the Baltic Sea region – Regulation by the European Union., pp. 1-20. [Available online: https://www.submarinetwork.eu/images/grass/GRASS_O3.4a_EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed.pdf].
 55. Sauvageau C. 1920. Utilisation des algues marines. Librairie Octave Doin, pp. 1-412.
 56. Sharma S.H.S., Lyons G., McRoberts C., McCall D., Carmichael E., Andrews F., Swan R., McCormack R., Mellon R. 2012. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). *J. Appl. Phycol.* 24. 1081-1091.
 57. Strand A., Herstad O., Liaaen-Jensen S. 1998. Fucoxanthin metabolites in egg yolks of laying hens. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A*. 119. 963-974.
 58. Van Patten M.S., Yarish Ch. 2009. *Bulletin No. 39: Seaweeds of Long Island Sound (Second edition)*. *Bulletins*. 40. <https://digitalcommons.conncoll.edu/arbbulletins/40>.
 59. WSH – Wild Seaweed Harvesting 2016. Strategic Environmental Assessment Environmental Report. Scottish Government. Glasgow. UK.
 60. Wells M.L., Potin P., Craigie J.S., Raven J.A., Merchant S.S., Helliwell K.E., Smith A.G., Camire M.E., Brawley S.H. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.* 29. 949-982.
 61. Yurkevich M., Suleymanov R., Ikkonen E., Dorogaya E., Bakhmet O. 2022. Effect of brown algae (*Fucus vesiculosus* L.) on humus and chemical properties of soils of different type and postgermination growth of cucumber seedlings. *Agronomy*. 12. 1991. <https://doi.org/10.3390/agronomy12091991>.

POTENTIAL USES AND APPLICATIONS OF *FUCUS* IN AGRICULTURE

Summary

Representatives of the Fucus genus have been used for centuries as a source of food for humans and animals, in agriculture, and as a medicinal agent in traditional medicine. They are characterized by high nutritional values, being a good source of dietary fibre and minerals, especially iodine. Fucus vesiculosus, the most extensively studied species of Fucus, contains significant amounts of specific phenolic compounds (phlorotannins PT), the pigment fucoxanthin, minerals (mainly I and Ca), and bioactive polysaccharides (fucoidans, laminarins, and alginates). It is believed that macroalgae, which form a staple food in many Asian countries, could also become a food or feed ingredient in European markets. The Western world is showing interest in macroalgae and views them as "superfoods", primarily due to the growing interest in a healthy lifestyle and diet, as well as more sustainable food production. This paper presents an overview of the latest literature on the possibilities of using and applying algae from the Fucus genus in agriculture also in the context of retarding unfavourable changes in ecosystems.

Keywords: seaweed extracts, biostimulant, feed additive, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*, retardation