

Przesłano: 23-06-2021

Zaakceptowano do druku: 31-08-2021

OGRANICZENIE SKUTKÓW SUSZY W UPRAWACH POPRZEZ STOSOWANIE KWASÓW HUMUSOWYCH I BIOHUMUSU

Damian Gawroński¹

Abstrakt: Zabezpieczenie roślin przed krótkotrwałymi i długotrwałymi niedoborami wody jest wyzwaniem ważnym i aktualnym w warunkach polskich. Potrzebę rewitalizacji gleb poprzez odbudowę próchnicy glebowej i przywrócenie równowagi mikrobiologicznej wymuszają zmiany klimatu i intensyfikacja rolnictwa, które wpływają ujemnie na bilans próchniczny oraz różnorodność biologiczną polskich gleb. Kluczowe w tym zakresie może okazać się wykorzystanie innowacyjnych produktów biotechnologicznych zawierających w swoim składzie kwasy humusowe, wyselekcjonowane szczepy bakterii i grzybów, naturalny biohumus oraz minerały ilaste to jest bentonit, montmorylonit czy illit. Szerokie spektrum oddziaływania produktów zawierających w swoim składzie powyższe komponenty oraz doświadczenia potwierdzające ich skuteczność, dowodzą potrzeby ich stosowania w produkcji roślinnej. Zwiększenie zawartości próchnicy w glebie to obecnie jeden z najbardziej efektywnych sposobów na trwałe podniesienie pojemności sorpcyjnej i wodnej gleb. W związku z powyższym produkty zawierające w swoim składzie skoncentrowane kwasy humusowe, naturalne biohumusy czy minerały ilaste zasługują na uwagę. Dzięki ich szerokiemu spektrum oddziaływania na właściwości bio-fizyko-chemiczne gleb mogą stanowić skuteczne wsparcie oraz alternatywę dla gospodarstw rolnych, które nie dysponują wystarczającą ilością nawozów naturalnych. Poprawne stosowanie biotechnologicznych produktów nawozowych może pomóc w skutecznym ograniczaniu strat przy produkcji roślinnej powodowanych przez niedobory wody.

Słowa kluczowe: uprawy, kwasy humusowe, biohumus, gleba, susza, niedobór wody, mikroorganizmy

REDUCTION OF THE EFFECTS OF DROUGHT ON CROPS BY USING HUMIC ACIDS AND BIOHUMUS

Damian Gawroński¹

Abstract: Protecting plants against short-term and long-term water shortages is an important and current challenge in Polish conditions. The needs for revitalizing soils by bul-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | ORCID 0000-0002-0398-8750 | e-mail: damian.gawronski@up.poznan.pl

ding up humus content and restoring the microbiological balance is forced by climate changes and intensification of agriculture, which have a negative impact on the humus balance and biological diversity of Polish soils. Essential in this area may be use of innovative biotechnological products containing: humic acids, selected bacteria and fungi, natural biohumus and clay minerals, i.e. bentonite, montmorillonite or illite. The wide range and field tests of products containing the above components confirm their efficiency and the need for their use in plant production. Increasing the humus content in soil is currently one of the most effective ways to permanently increase the sorption and water capacity of soils. Therefore, products containing concentrated humic acids, natural biohumus or clay minerals deserve due attention. Their wide spectrum of interaction on the bio-physico-chemical properties of soils, makes they can be an effective support and alternative for farms that haven't got a sufficient amount of natural fertilizers. Adequate application of biotechnological fertilizing products can help to effectively reduce losses in crop production, caused by water shortages.

Keywords: crop plants, humic acids, biohumus, soil, drought, water deficiency, microorganismy

1. Wstęp

Rośliny do życia potrzebują światła, odpowiedniej temperatury, składników pokarmowych oraz wody. Niedobór lub silne zakłócenia chociażby jednego z tych czynników uniemożliwiają prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Z wymienionych czynników, powtarzające się niedobory wody stały się w ostatnich latach czynnikiem limitującym plonowanie każdej rośliny uprawnej. Kolejnym kluczowym elementem jest jakość gleby wyrażana szczególnie zawartością materii organicznej (próchnicy glebowej). Dostępność wody w polskich warunkach często decyduje o sukcesie lub dużych stratach w uprawach. Poniżej przedstawiono mniej konwencjonalne metody zabezpieczenia upraw przed krótkotrwałymi niedoborami wody oraz suszą. Omówiono aspekty związane z celami oraz korzyściami zastosowania produktów tzw. humusami i biohumusami.

2. Zapoznanie się z tematyką – kwasy humusowe i biohumusy

■ Kwasy humusowe (humusy)

Definicja oparta na ustawie o nawozach i nawożeniu – Kwasy humusowe nie zostały wyodrębnione w Ustawie o Nawozach i Nawożeniu. W dotychczasowej praktyce były klasyfikowane łącznie z pozostałymi surowcami organicznymi (Ustawa o nawozach i nawożeniu, 2007).

Definicja naukowa – Kwasy humusowe są specyficznymi, bezpostaciowymi substancjami, naturalnie występującymi w środowiskach wodnych i lądowych.

W glebach powstają wskutek procesu humifikacji, któremu podlega martwa materia organiczna. Struktura cząsteczkowa kwasów humusowych dotychczas nie została jednoznacznie określona – związki te charakteryzuje odmienna budowa dla poszczególnych frakcji, ale też różnice w obrębie konkretnych frakcji. Najogólniej (według jednej z teorii) kwasy humusowe można opisać jako makrocząsteczki składające się z licznych grup funkcyjnych (najczęściej zawierających tlen) przyłączonych do aromatycznych jąder, które są ze sobą skondensowane bądź połączone mostkami łańcuchowymi (Huculak-Mączka i in., 2018).

Definicja przemysłowa (producencka) – Aktywowane i wyizolowane w procesie hydrolizy alkalicznej lub/i innym procesie reakcji kwasy humusowe, w tym kwasy huminowe, fulwowe, huminy, ulminy i sole kwasów humusowych. Na rynku polskim kwasy humusowe oferowane są w formie płynnej, sypkiej i granulowanej jako nawozy organiczne, organiczno-mineralne, polepszacze glebowe i biostymulatory.

■ Biohumusy

Definicja oparta na obowiązującej Ustawie o nawozach i nawożeniu oraz prawnym orzecznictwie sądów powszechnych (NSA, 2019) – Dżdżownica nie zmienia klasyfikacji nawozu, zatem Biohumus może być zarówno nawozem naturalnym jak i organicznym, w zależności od tego jakich surowców użyto do skarmiania dżdżownic. W związku z powyższym przyjmuje się, że dżdżownice skarmiane nawozem naturalnym np. obornikiem wytwarzają biohumus, który jest nawozem naturalnym. Natomiast dżdżownice skarmiane wszelkiego rodzaju kompostami kwalifikowanymi do nawozów i surowców organicznych wytwarzają tzw. wermikompost, czyli nawóz organiczny (Ustawa o nawozach i nawożeniu, 2007).

Definicja naukowa – Przetworzony materiał organiczny przy udziale dżdżownicy kalifornijskiej wywodzącej się z gatunku *Eisenia fetida* (Rabikowska i Piszcz, 1993).

Definicja przemysłowa (producencka) – Biohumus naturalny to dojrzały nawóz naturalny przerobiony przez dżdżownicę kalifornijską, gotowy do dalszej odsprzedaży w formie sypkiej lub płynnej, po rozтворzeniu w wodzie i konfekcji. Na rynku polskim możemy spotkać produkty o różnym składzie surowcowym i stopniu przetworzenia oferowane pod nazwą rodzajową Biohumus, w tym jako nawozy naturalne, organiczne nawozy i polepszacze gleby a nawet nawozy organiczno-mineralne.

3. Postępujące niedobory wody w glebie – zdążyć przed najgorszym

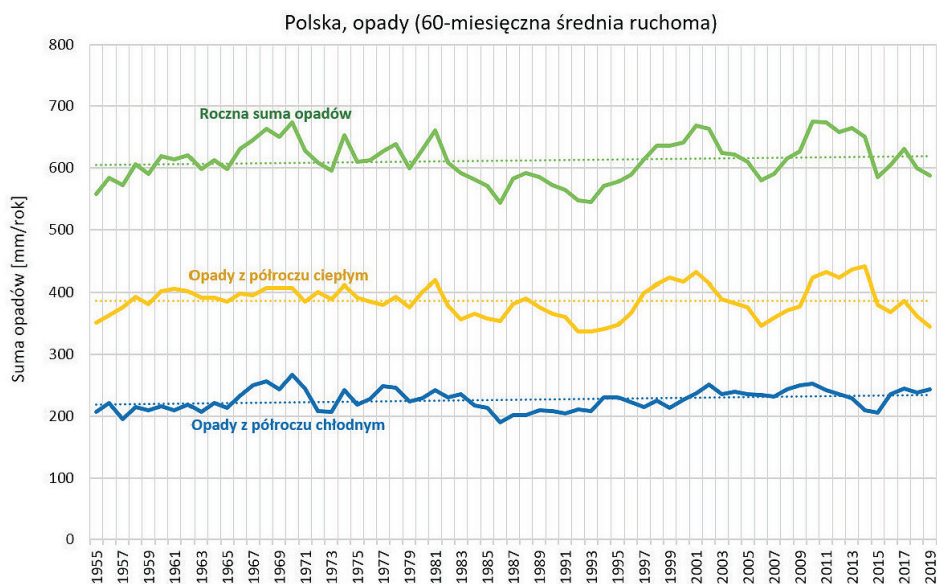
Jest to zjawisko, które między innymi z uwagi na zmiany klimatu coraz częściej negatywnie oddziałuje na produkcję roślinną w Polsce. Straty w plonach roślin powodowane okresowymi niedoborami wody oraz powtarzającą się suszą mo-

zemy ograniczyć tylko, kiedy zdamy sobie sprawę, że to zjawisko nie jest chwilowe i istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że będzie postępowało z roku na rok. Dowodzą temu dane statystyczne, przedstawiające informacje, iż w ostatnim trzydziestoleciu mieliśmy do czynienia z suszą w 18 latach (Somorowska, 2016). W polskim rolnictwie dominuje gospodarka wodna opadowo gruntowa. Szczególnie ostatnie lata pokazały, że to woda, a głównie jej deficyt w kluczowych fazach rozwoju roślin odpowiada za niższe plony w polskich gospodarstwach. Można zauważyć, w mniejszym lub większym stopniu, że klimat się zmienia a wraz z nim zmieniają się warunki meteorologiczne, w tym ilość, struktura i rozłożenie opadów atmosferycznych (rysunek 1).

Nie trzeba jednak prowadzić pogłębionych analiz, aby dostrzec skutki problemów związanych z niedoborami wody, które dotyczą zarówno producentów, jak i konsumentów. Warto zastanowić się zatem, co należy zrobić aby przygotować się do prognozowanej suszy i dostosować się do zmian klimatu.

Rysunek 1

Suma opadów w Polsce wraz z trendami liniowymi



linia zielona – roczna suma opadów,

linia żółta – opady w ciepłym półroczu (kwiecień-wrzesień),

linia niebieska – opady w półroczu chłodnym (styczeń-marzec oraz październik-grudzień).

Pokazane są średnie ruchome 60-miesięczne (punkt w 1955 roku to średnia z lat 1951-1955) oraz trendy liniowe.

Źródło: Meteomodel.pl, 21.06.2021.

4. Agrotechnika – konwencjonalne metody w niekonwencjonalnych czasach

Dobrze znane są metody agrotechniczne mające za zadanie optymalizować zawartość wody w glebie. Są to między innymi uprawki wykonywane w odpowiednim terminie, przy użyciu odpowiednio dobranych maszyn. Warto zwrócić szczególną uwagę również na płodozmian, przedplony, poplony, dobór gatunków i odmian w odniesieniu do stanowiska oraz na możliwość ograniczenia strat wody poprzez uproszczenie upraw (metody bezorkowe) (Bilski i Pikosz, 2020; Kuś, 2015). Nie należy również zapominać o małej retencji i pracach melioracyjnych, szczególnie w przypadku gospodarstw nawadniających swoje uprawy.

Zjawisko niedoborów wody i walki z tymi niedoborami w wymiarze rolniczym jest tak szerokie, że szczegółowe opisanie każdej z metod agrotechnicznych złożyłoby się na szereg obszernych opracowań. Z tego względu, w niniejszym artykule podjęto się przybliżenia rozwiązań mających na celu długotrwałe podniesienie pojemności wodnej gleby, które nie są tak szeroko opisywane w literaturze zarówno naukowej, jak i fachowej.

Kluczem do rozwiązań, które mogą stosunkowo szybko i długotrwałe podnieść pojemność wodną gleb są: optymalne gospodarowanie materią organiczną oraz bardziej powszechne wykorzystanie rozwiązań biotechnologicznych opartych na naturalnych biohumusach i kwasach humusowych pozyskiwanych z rodzimych surowców takich jak torfy, komposty czy węgiel brunatny. Działania na rzecz wzrostu zawartości próchnicy w polskich glebach to strategia, która długofalowo pozwoli podnieść pojemność wodną użytków rolnych. Szacuje się, że podniesienie poziomu próchnicy w glebie o 1% umożliwia zmagazynowanie 2 razy większą ilość wody (tabela 1) (Zmarlicki i in., 2015).

Tabela 1

Wpływ zawartości próchnicy glebowej na możliwości magazynowania wody

Zawartość próchnicy w glebie (%)	Możliwość magazynowania wody przez próchnicę (humus) (L/ha)
0,50	80 000
1,00	16 0000
2,00	320 000
3,00	480 000
4,00	640 000
5,00	800 000

Źródło: Zmarlicki i in., 2015.

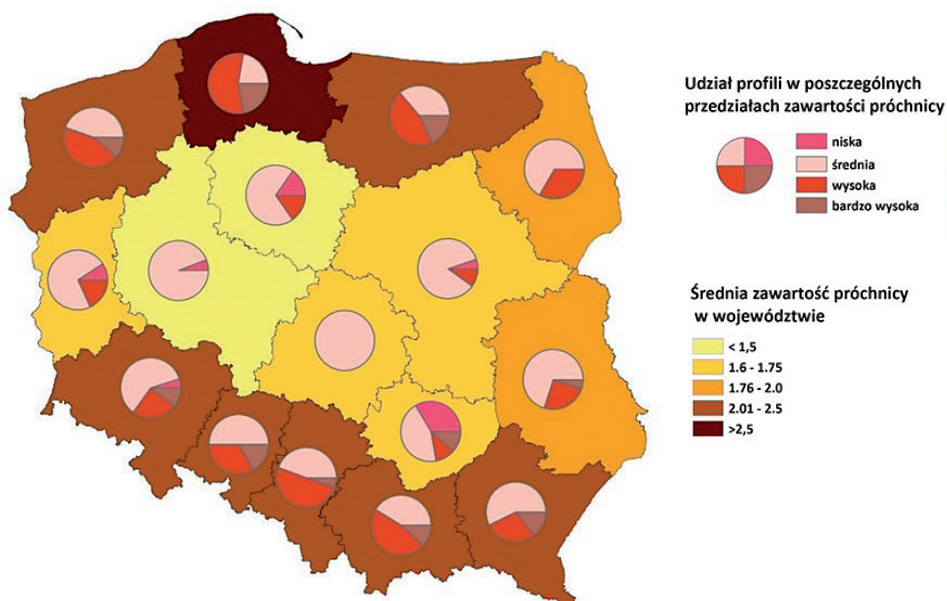
Obecnie duża część gospodarstw rolnych ze względu na specjalizację w produkcji roślinnej i restrukturyzację gospodarstw, nie posiada nawozów naturalnych, które stanowiłyby dodatkowe uzupełnienie materii organicznej w glebie i pozwalałyby utrzymać dodatni bilans próchniczny. Często nawet rolnicy prowadzący hodowlę zwierząt nie posiadają wystarczającej ilości obornika, aby regularnie stosować go na całym areale. Przy obecnej intensyfikacji produkcji roślinnej oraz strukturze zasiewów, niezbędne wydaje się przemyślenie i zrewidowanie strategii dotyczącej obiegu materii organicznej w produkcji rolnej.

5. Technologiczne alternatywne wsparcie – stabilność i efektywność organiczna

Alternatywą dla niewystarczającej ilości nawozów naturalnych oraz sposobem na podniesienie urodzajności polskich gleb uprawnych, które w większości odznaczają się niskim i średnim poziomem próchnicy (rysunek 2) może być bardziej powszechne wykorzystanie w produkcji roślinnej kwasów humusowych oraz bogactwa mikrobiologicznego pochodzącego z naturalnych biohumusów.

Rysunek 2

Przestrzenna zmienność zawartości próchnicy na podstawie statystyk dla województw



Źródło: https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/ (19.07.2021).

Biorąc pod uwagę fakt, że kwasy humusowe w bardzo małym procencie występują w stanie wolnym w glebie, lecz tworzą połączenia z mineralną częścią gleby (Ksieżopolska, 1999), warto zwrócić uwagę na produkty, które w swoim składzie łączą kwasy humusowe z różnego rodzaju minerałami znanymi z właściwości wspomagających magazynowanie wody to jest bentonit, illit czy montmorylonit.

Wielu badaczy (Rombel-Bryzek i Pisarek, 2017; Wyzińska i Mikos-Szymańska, 2018) wskazuje na szerokie pozytywne oddziaływanie kwasów humusowych na glebę i rośliny w niej rosnące. Oddziaływanie kwasów humusowych na glebę, roztwór glebowy i rośliny przedstawia schemat interakcji (rysunek 3).

Analizując rysunek 3 w kierunku żywienia roślin, warto zwrócić szczególną uwagę na zdolność kwasów humusowych do tworzenia połączeń organiczno-mineralnych, ich możliwości adsorpcyjnych oraz właściwości chelatujące pozwalające na efektywniejsze odżywianie roślin i ograniczenie negatywnego wpływu ksenobiotyków, czyli wszystkich substancji pochodzenia obcego, które mogą mieć negatywny wpływ na rośliny. Kwasy humusowe pełnią również bardzo ważną rolę w retencji wodnej gleb. Szczególnie znane są w tym zakresie strukturotwórcze właściwości kwasów humusowych oraz ich rola w tworzeniu optymalnych stosunków powietrzno-wodnych w glebie (Stevenson, 1982).

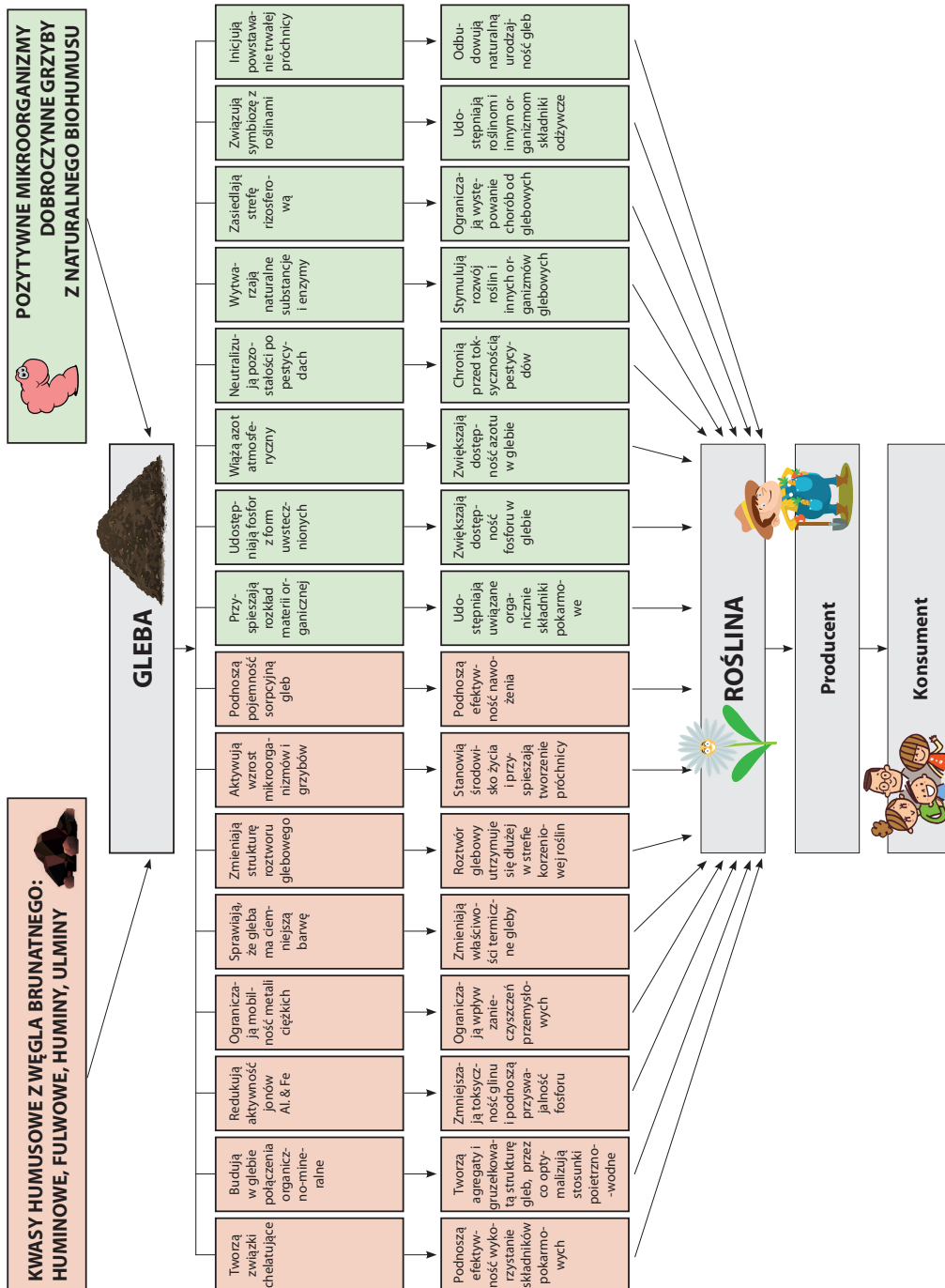
Kwasy humusowe są głównym składnikiem próchnicy glebowej. Badania wykazują, że w strukturze próchnicy glebowej dominują kwasy huminowe, w mniejszym stopniu znajdują się tam również kwasy fulwowe, huminy i ulminy (Brodowska, 2019). Znane są również badania wskazujące węgiel organiczny i kwasy humusowe jako aktywator mikrobiologiczny, pozwalający na przyspieszenie rozwoju w glebie rodzimej mikroflory bakteryjnej (Sas-Paszt, 2015).

6. Biohumusy – dwa w jednym

Wpływ mikroorganizmów na produkcję rolną jest coraz częściej badany przez naukowców oraz oceniany przez praktyków, w powszechnym stosowaniu (Supel, 2003; Krawczyk i in., 2015). Na rynku dostępnych jest coraz więcej produktów mikrobiologicznych opartych o wybrane szczepy bakterii np. *Bacillus* czy *Rhizobium*. Można napotkać również produkty wzbogacone konsorcjami bakterii kwasu mlekowego czy drożdży. Wśród wszystkich tych produktów dużą dostępnością na rynku i zaufaniem klientów cieszą się również biohumusy. Warto zwrócić przy tym uwagę, aby biohumus był produktem naturalnym, bo to gwarantuje jego bogactwo mikrobiologiczne.

Rysunek 3

Wpływ kwasów humusowych oraz biohumusu na glebę i rośliny



Źródło: (Gawroński, 2021).

W składzie naturalnych biohumusów znajdują się zarówno cenne rodzaje mikroorganizmów tj. bakterie *Azotobacter* – wiążą wolny azot atmosferyczny i udostępniają go roślinom za pośrednictwem nitrogenazy, czyli enzymu, który pozwala na redukcję azotu atmosferycznego do azotu w formie amonowej (NH_4^+), bakterie fosforowe np. *Bacillus megaterium* – udostępniają fosfor z form uwsteczniionych i sprawiają, że powraca on do formy przyswajalnej dla roślin. Bakterie fosforowe to bardzo znacząca grupa, zwłaszcza w polskich glebach, które z reguły mają odczyn kwaśny lub lekko kwaśny i tendencję do zakwaszania się. Kwaśny jak i zasadowy odczyn gleby sprawia, że fosfor staje się niedostępny dla roślin a bakterie fosforowe skutecznie potrafią odwrócić ten stan rzeczy. Bakterie celulolityczne występujące również w składzie biohumusów – odpowiedzialne są między innymi za rozkład celuloz czy hemiceluloz, które są głównymi składowymi związkami słomy pozostającej na polach po kombajnowym zbiorze zbóż oraz resztek poźniwnych pozostających po zbiorze rzepaku, kukurydzy czy roślin strączkowych. Bakterie z tej grupy znacząco przyspieszają rozkład masy organicznej i udostępniają roślinom uwiązane organicznie składniki pokarmowe. W naturalnych biohumusach znajdują się również bakterie, przetrwalnikujące, naturalne substancje i enzymy stymulujące wzrost oraz substancje organiczne wspierające rozwój dobroczynnych grzybów takich jak Mikoryza czy *Trichoderma*.

7. Oczekiwania rynku polskiego na wsparcie humusami oraz biohumusami

Na rynku polskim można znaleźć już produkty płynne, które w swoim składzie zawierają jednocześnie wysokie stężenie kwasów humusowych (huminowych i fulwowych), szczepy mikrobiologiczne z naturalnego biohumusu oraz minerały ilaste. Obecnie do sprzedaży oferowane są też nawozy organiczno-mineralne w formie granulatu, z wysokim stężeniem kwasów humusowych, minerałami ilastymi i niezbędnymi makroelementami. Polski rynek nawozów rośnie, w części odpowiedzialnej za poprawę jakości gleb, biostymulację roślin, aktywację mikrobiologiczną gleby oraz proekologiczną ochronę roślin przed stresami abiotycznymi i agrofagami. Na rynku pojawia się wiele nowości, w związku z powyższym warto zwrócić szczególną uwagę na skład produktów, które wybiera się lub poleca do stosowania.

Bardzo ważne w przypadku produktów biotechnologicznych jest stosowanie zgodnie z zaleceniami producenta, tak aby mogły one przynieść zakładane efekty. Należy zwrócić szczególną uwagę na warunki optymalne do wykonania oprysku, możliwość łączenia produktu z innymi, czy chociażby konieczność przemieszania produktu z glebą niezwłocznie po zastosowaniu.

Z uwagi na wiodące znaczenie upraw zbożowych w Polsce oczywistym wydaje się, że rozważania na temat próchnicy powinny być rozpoczęte od zagospodarowania słomy. Warto w tym miejscu wspomnieć również o wartościowej masie organicznej pozostającej po kombajnowym zbiorze kukurydzy, rzepaku czy roślin strączkowych, których udział systematycznie rośnie w strukturze zasiewów. Wiele innych roślin powszechnie uprawianych w Polsce również pozostawia po zbiorze na polach cenną materię organiczną, której marnowanie lub niewłaściwe wykorzystanie przynosi ogromne straty.

Nasuwa się pytanie, dlaczego czytamy o słomie, materii organicznej i próchnicy w artykule poświęconym wodzie?

Dlatego, że to próchnica odpowiada za ok. 70% pojemności sorpcyjnej gleby (Weber, 2021). Podniesienie zdolności gleby do magazynowania wody, jest ściśle związane ze strukturą gleby i ilością materii organicznej w niej zawartej. Trwała próchnica, której źródłem jest dobrze zagospodarowana materia organiczna pozostająca po zbiorach w uprawach rolniczych, może gromadzić nawet 5 razy więcej wody w porównaniu do swojej masy. Ilość trwałej próchnicy, która pozostaje na polu po zbiorze zbóż ozimych to średnio około 500 kg (przyjmując współczynnik humifikacji na poziomie 0,2). Oznacza to, że co roku z samej tylko próchnicy powstającej ze słomy, można zbudować magazyn na 2 500 litrów wody na jednym hektarze.

Woda jest podstawowym czynnikiem umożliwiającym wykorzystanie potencjału plonowania i determinującym wzrost roślin w kluczowych momentach rozwoju. Można pomyśleć, jakie znaczenie ma 2 500 l na powierzchni jednego hektara? Owszem ma. Zwłaszcza w przypadku krótkookresowych niedoborów wody, z którymi głównie mamy do czynienia w warunkach Polski. Dodatkowo warto wspomnieć, że woda glebowa to również roztwór glebowy, który jest podstawowym źródłem składników pokarmowych dla roślin. Fakt, że podniesienie poziomu próchnicy o 1% może pozwolić glebie zatrzymać dodatkowo 120 000 litrów wody, sprawia, że nie sposób dłużej mówić o możliwościach walki z suszą nie rozwijając proporcjonalnie tematu próchnicy w glebie. Pamiętajmy jednak, że poziom próchnicy to jedno a jej jakość i struktura to drugie.

8. Ekologizacja upraw z wykorzystaniem humusów i biohumusów

Myśląc kompleksowo o przeciwdziałaniu niedoborom wody, warto wziąć pod uwagę produkty zawierające w swoim składzie jednocześnie wysokie stężenie kwasów humusowych (>50%), w tym kwasu huminowego, fulwowego, huminy, ulminy, pozytywną mikroflorę bakteryjną pozwalającą na szybszy rozkład masy

organicznej, poprzez przyspieszenie procesów bio-chemicznych oraz minerały ilaste bezpośrednio podnoszące zdolność gleby do magazynowania wody. Trwała aktywna próchnica w formie kwasów humusowych aktywnie uczestniczy w tworzeniu agregatowej struktury gleb i odbudowie pojemności wodnej gleb. Dlatego warto regularnie stosować produkty oparte o kwasy humusowe, mikroflorę bakteryjną i minerały ilaste. Szczególnie jesienią w okresie kiedy gleba jest wilgotna a opady występują z dużą częstotliwością. Zastosowanie produktów tego typu w takich warunkach umożliwi jednocześnie szybszy rozkład resztek poźniwnych oraz podniesie zdolność gleby do zmagazynowania wody i składników pokarmowych tak, żeby móc oddać je roślinom wtedy, kiedy najbardziej będą tego potrzebowały.

9. Wnioski

1. Postępujące zmiany klimatyczne przyczyniają się do częstszego występowania suszy w rolnictwie. Dlatego należy nieustannie poszukiwać skutecznych rozwiązań pozwalających na ograniczenie strat powodowanych niedoborami wody w uprawach rolnych.
2. Zwiększenie zawartości próchnicy w glebie to obecnie jeden z najbardziej efektywnych sposobów na trwałe podniesienie pojemności sorpcyjnej i wodnej gleb.
3. Odpowiednie zagospodarowanie materii organicznej pozostającej po zbiorach plonu głównego to jeden z najbardziej ekonomicznych sposobów na wzbogacanie gleb w próchnicę.
4. Poprawne stosowanie zaawansowanych biotechnologicznie produktów nawozowych opartych o kwasy humusowe, naturalne biohumusy czy minerały ilaste, może skutecznie ograniczyć straty związane z niedoborami wody.
5. Produkty zawierające w swoim składzie skoncentrowane kwasy humusowe, naturalne biohumusy czy minerały ilaste z uwagi na swoje szerokie spektrum oddziaływania na właściwości bio-fizyko-chemiczne gleb oraz procesy zachodzące w roślinach mogą stanowić wsparcie oraz alternatywę dla gospodarstw rolnych z niewystarczającą ilością nawozów naturalnych.

LITERATURA

1. Bilski, Z., Pikosz, M. (2020). Zasady Układania Płodozmianu. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu. 2/2020.
2. Huculak-Mączka, M., Braun-Giwerska, M., Niewś, D., Mulica, M., Hoffmann, J., Hoffmann, K. (2018). Proceeding of ECOOpole. „TORF I WĘGIEL BRUNATNY JAKO SUROWCE DO OTRZYMYWANIA KWASÓW HUMUSOWYCH”.
3. Krawczyk, A., Supel, P., Kaszycki, P., Lis-Krzyścin, A. (2015). Przemysł chemiczny. 94/7. 1183-1189. „Zastosowanie dwuskładnikowego bionawozu bakteryjno-mineralnego w uprawie roślin ozdobnych”.
4. Książopolska, A. (1999). Springer. Acta Agrophysica. Tom 23. S.59-64. „Powierzchnia właściwa jako parametr charakteryzujący stopień przereagowania kwasów humusowych z bentonitem i illitem”.
5. Kuś, J. (2015). Znaczenie płodozmianu we współczesnym rolnictwie. Studia i raporty IUNG-PIB. Zeszyt 43(17): 65-87.
6. Rabikowska, B., Piszcz, U. (1993). Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. „Następcze działanie obornika podźdźownicowego na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy”. Akademia Rolnicza. Wrocław.
7. Rombel-Bryzek, A., Pisarek, I. (2017). Proceeding of ECOOpole. 11(1). „Wpływ kwasów huminowych na aktywność metaboliczną buraka cukrowego w warunkach suszy”.
8. Somorowska, U. (2016). Springer. Acta Geophysica. Volume 64. „Changes in Drought Conditions in Poland over the Past 60 Years Evaluated by the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index”.
9. Stevenson, F.J. (1982). Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons.
10. Supel, P. (2003). EPISTEME czasopismo naukowo-kulturalne. 20. S. 201-218. „Bioremediacja gleby zanieczyszczonej ksenobiotykami z wykorzystaniem autochtonicznych drobnoustrojów glebowych”.
11. Wyzińska, M., Mikos-Szymańska, M. (2018). Wydawnictwo Naukowe Tygiel. „Współczesne problemy z zakresu inżynierii środowiska oraz architektury” – „Możliwości zastosowania węgla brunatnego w rolnictwie jako źródła materii organicznej”.
12. Zmarlicki, K., Brzozowski, P., Malusá, E., Sas-Paszt, L. (2015). Konferencja Eko-tech produkt. Skierniewice 2015.
13. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. z 2021 r. poz. 76).
14. Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 11 stycznia 2019 r. II GSK 5013/16.
15. Brodowska, M. <https://nawozy.eu/wiedza/porady-ekspertow/gleba/czy-kwasy-humusowe-w-glebie-sa-wazne.html> (dostęp: 21.06.2021 r.).
16. Sas-Paszt, L. (2015). <http://www.inhort.pl/files/ekotechprodukt/Informacja-koncowa-z-realizacji-projektu-EkoTechProdukt.pdf> (dostęp: 21.06.2021 r.).
17. Weber, J. <http://karnet.up.wroc.pl/~weber/rola1.htm> (dostęp: 21.06.2021 r.).