

PRZETWARZANIE ODPADÓW BIODEGRADOWALNYCH NA ORGANICZNO-WAPNIOWY NAWÓZ ORAZ DYSTRYBUCJA I PLONOTWÓRCZA EFEKTYWNOŚĆ NAWOZU

Małgorzata Kacprzak^{1*}, Tomasz Chabelski², Janusz Zakrzewski²

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa

² Evergreen Solutions Sp. z o.o., ul. Stargardzka 8, 74-200 Pyrzyce

* Autor do korespondencji: mkacprzak@is.pcz.czest.pl

STRESZCZENIE

Gospodarowanie bioodpadami powinno opierać się na przejrzystym, kompleksowym podejściu, z uwzględnieniem cyklu życia. Pakiet Komisji Europejskiej dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym wprowadza restrykcyjne wymogi dotyczące recyklingu odpadów, w tym wskazuje odzysk materiałowy jako preferowany dla odpadów biodegradowalnych. W związku z wprowadzeniem selektywnej zbiórki frakcji bio-odpadów komunalnych, problemami związanymi z bezpośrednim zagospodarowaniem przyrodniczym osadów ściekowych – technologie przetwarzania odpadów ulegających biodegradacji w nawozy organiczno-mineralne stwarzają możliwość odzysku cennej substancji organicznej. Produkty z serii OrCal[®] i OrCal[®] pHregulator zostały zaklasyfikowane jako środki poprawiające właściwości gleby i nawozy organiczno-mineralne do zastosowania na gruntach ornyczych oraz do rekultywacji gruntów. W ich skład wchodzi związek wapnia (Ca) oraz związki organiczne. 1 tona OrCal[®] zawiera około 47 kg azotu (N), około 25 kg fosforu (P₂O₅), 13,8 kg potasu (K₂O) oraz co najmniej 250 kg wapnia (CaO). Działanie nawozu OrCal[®] na rośliny można podzielić na dwa rodzaje: 1. Bezpośredni wpływ, czyli dostarczanie składników pokarmowych (mineralnych i organicznych), stymulację korzeni (szczególnie włosników) do wzrostu i rozwoju; 2. Pośredni wpływ, czyli regulację pH gleby, wzbogacanie gleby o substancję organiczną, stymulowanie rozwoju pożytecznych mikroorganizmów glebowych, poprawę parametrów fizycznych i chemicznych gleby i inne. Wszystkie te efekty, w sumie przyczyniają się do stworzenia roślinom uprawnym lepszych warunków do wzrostu, do rozwoju oraz plonowania.

Słowa kluczowe: odpady biodegradowalne, przetwarzanie, nawóz organiczno-wapniowy, środek poprawiający właściwości gleby, efektywność plonotwórcza

PROCESSING OF BIODEGRADABLE WASTE INTO ORGANIC-CALCIUM FERTILIZER; DISTRIBUTION AND YIELD EFFECTIVENESS OF FERTILIZER

ABSTRACT

The management of bio-waste should be based on a transparent, comprehensive approach, including the life cycle. The European Commission's circular economy package introduces restrictive waste recycling requirements, including material recovery as the preferred for biodegradable waste. In connection with the introduction of selective collection of municipal bio-waste fractions, problems related to direct management of sewage sludge – technologies for processing biodegradable waste into organic and mineral fertilizers create the possibility of recovery of valuable organic matter. The OrCal[®] fertilizer has been classified as an organic-mineral fertilizer for use on arable land and for land reclamation. It consists of calcium compounds (Ca) and organic compounds. 1 ton of OrCal[®] contains about 47 kg of nitrogen (N), about 25 kg of phosphorus (P₂O₅), 13,8 kg of potassium (K₂O) and at least 250 kg of calcium (CaO). The effect of OrCal[®] fertilizer on plants can be divided into two types: 1. Direct influence, that is supply of nutrients (mineral and organic), root stimulation (especially root hair) for growth and development; 2. Intermediate influence, i.e. soil pH regulation, soil enrichment with an organic substance, stimulation of beneficial soil microorganisms, improvement of physical and chemical parameters of soil and others. All these effects, in total, contribute to the creation of better conditions for plants growth, development and crops.

Keywords: biodegradable waste, processing, organic-calcium fertilizer, yield efficiency

MIEJSCE ODPADÓW BIODEGRADOWALNYCH W GOSPODARCE OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

Biogospodarka opiera się na rozwoju technologii przekształcania odpadów w wartościowe produkty mogące stać się surowcami w kolejnych procesach technologicznych. Krajowe strategie gospodarowania bioodpadami powinny opierać się na przejrzystym, kompleksowym podejściu, z uwzględnieniem cyklu życia (ang. *life cycle assesment*). Pakiet dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym GOZ (ang. *circular economy*) wprowadzony przez Komisję Europejską w grudniu 2015 r. wyznacza wyraźne cele w zakresie zmniejszenia ilości odpadów. Cele te obejmują np. wspólny unijny cel dotyczący recyklingu 65% odpadów komunalnych do 2030 r. Pakiet zwraca też uwagę na odpady biodegradowalne. Zgodnie z założeniami GOZ odpady ulegające biodegradacji powinny zostać selektywnie zebrane, a następnie użyte w sposób kaskadowy w kolejnych generacjach produktów bazujących na początkowej biomase. Co ciekawe taka ścieżka zagospodarowania odpadów organicznych nie przewiduje spalania, ponieważ proces ten niszczy zawarte w nich związki organiczne ważne dla użyźniania gleb [Bachorz 2017].

Główne grupy odpadów ulegających biodegradacji to (zgodnie z katalogiem odpadów):

- grupa nr 2 (odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa);
- grupa nr 3 (odpady z przetwórstwa drewna oraz z produkcji płyt i mebli, masy celulozowej, papieru i tektury);
- grupa nr 19 (odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych);
- grupa nr 20 (odpady komunalne łącznie z frakcjami gromadzonymi selektywnie).

FRAKCJA BIO ODPADÓW KOMUNALNYCH

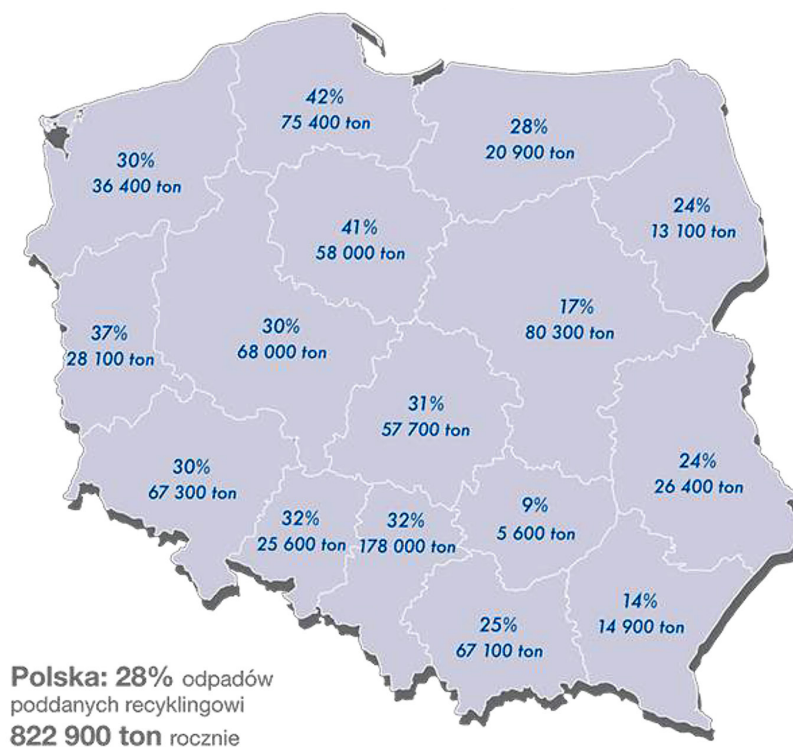
Zgodnie z danymi GUS-u w 2016 roku na jednego mieszkańca Polski przypadało średnio 303 kg zebranych odpadów komunalnych, czyli o 20 kg więcej niż rok wcześniej, łącznie było to 11,6 mln ton. Od 1 lipca 2017 roku w kraju zaczęły obowiązywać jednolite zasady selektywnego

zbierania odpadów, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska, wprowadzającego tzw. Wspólny System Segregacji Odpadów (Dz. U. z 2017 r. poz. 19).

Rozporządzenie ujednotacza proces zbierania odpadów w całym kraju. Ministerstwo Środowiska dało 5 lat lokalnym samorządom na dopasowanie gospodarowania odpadami do nowych warunków. Jednak uważa się, że zmiany wymuszają niski poziom recyklingu (wzrost o 0,7% w skali roku), który jest nieadekwatny do wymagań Unii Europejskiej.

Obowiązek prowadzenia (zorganizowania) przez gminy selektywnej zbiórki odpadów komunalnych, w tym odpadów biodegradowalnych, wynika z samej ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 13 września 1996 r. (Dz. U. z 2017 r. poz. 1289). Regulamin gminny nie może znieść obowiązku selektywnej zbiórki odpadów biodegradowalnych gdyż byłoby to sprzeczne z ustawą. Na podstawie art. 3c ustawy UCPG 22 grudnia 2017 r. opublikowano Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2017 r. w sprawie poziomów ograniczenia składowania masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji (Dz. U. z 2017 r. poz. 2412). Rozporządzenie weszło w życie z dniem 31 grudnia 2017. Jest brakującym ogniwem do nowelizacji ww. aktu z roku 2011, w której wprowadzono tzw. nowy system gospodarki odpadami komunalnymi, w tym obowiązki gmin dotyczące m.in. ograniczania masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania. W art. 3 ust. 2 pkt 5 UCPG wskazuje się, że „gminy ustanawiają selektywne zbieranie odpadów komunalnych obejmujące co najmniej następujące frakcje odpadów: papieru, metalu, tworzywa sztuczne, szkła i opakowań wielomateriałowych oraz odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, w tym odpadów opakowaniowych ulegających biodegradacji”, przy czym przez ustanowienie należy rozumieć zorganizowanie, stworzenie warunków do selektywnego zbierania w/w frakcji odpadów. W rozporządzeniu określono poziomy ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania, które gmina jest obowiązana osiągnąć w poszczególnych latach – w 2017 45%, w 2018 – 40%, w 2019 – 40%, a w do 31 lipca 2020 r – 35%.

Raport Głównego Urzędu Statystycznego „Ochrona środowiska 2017” podał, że w roku 2016 selektywnie zebranych zostało w Polsce



Polska: 28% odpadów
poddanych recyklingowi
822 900 ton rocznie

Rys. 1. Odsetek odpadów komunalnych poddanych recyklingowi.

Masa zebranej frakcji odpadów ulegających biodegradacji w 2016 r.

[<https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/Recykling-opadów-komunalnych-w-Polsce-2016-4291.html>]

2 942 300 ton odpadów, co stanowi 25 proc. masy wszystkich odpadów komunalnych. Jest to wynik lepszy niż rok wcześniej, kiedy GUS odnotował 2 230 800 ton odpadów zebranych selektywnie, odpowiadających wówczas za 20 proc. masy odpadów komunalnych. Największą część odpadów zebranych selektywnie stanowią bioodpady: w skali całego kraju to 28 proc., pamiętać jednak należy że sama zbiórka to nie wszystko liczy się przede wszystkim sposób przetwarzania i możliwość włączenia przetworzonych odpadów ponownie w cykle technologiczne.

BIO ODPADY Z ROLNICTWA I PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Uprawa roślin, chów zwierząt i przemysł przetwórczy wytwarzają każdego roku ogromne ilości odpadów organicznych zarówno w formie płynnej i pół-stałej. Do organicznych odpadów rolniczych (stałych, płynnych albo półstałych) należą:

- naturalne pozostałości (słoma zbożowa, kukurydziane i bawełniane odpady, łodygi winorośli itp.),
- pozostałości zwierzęce (mocz i kał zwierząt, pomiot drobiu, ściółka itp.),

- rolno-przemysłowe odpady po procesach technologicznych.

Odpady organiczne z rolnictwa i przemysłu spożywczego zawierają cenne substancje, które są istotne dla żyzności gleby. Wymagają jednak odpowiedniego przetworzenia. Mogą być kompostowane, poddane fermentacji, elektrodializie, utlenianiu lub też przetwarzane w tzw. biokomponenty (bioetanol, ester metylowy). W dokumencie *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020* założono, że w każdej polskiej gminie do 2020 roku powstanie średnio jedna biogazownia wykorzystująca biomasę pochodzenia rolniczego przy założeniu posiadania przez gminę odpowiednich warunków do uruchomienia takiego przedsięwzięcia [KPGO 2016]. Zgodnie z art. 24 ust. 1 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2018 r. poz. 1269, z późn. zm.), organem prowadzącym rejestr wytwórców biogazu rolniczego jest Dyrektor Generalny Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. Stan na dzień: 14.09.2018 r. wskazuje na 85 wytwórców biogazu rolniczego, roczna wydajność instalacji do wytwarzania biogazu wynosi 405 175 966,8 m³/rok.

Pamiętać jednak należy, że biogazownie generują dużą ilość odpadu tzw. pofermentu, który wymaga zagospodarowania.

KOMUNALNE OSADY ŚCIEKOWE

Komunalne osady ściekowe zgodnie z danymi GUS-u powstały w 2016 roku na 3253 komunalnych oczyszczalni ścieków w ilości 568,3 tys. ton s.m. Stosowanie osadów ściekowych do gleb reguluje ostatnia nowelizacja Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 6 lutego 2015 r. Zwiększyły się wymogi wobec rolników, stosujących osady ściekowe na swych polach. Jednak przyrodnicze zagospodarowanie osadów wciąż dominuje – w 2016 roku było to 40%, w tym około 20% to bezpośrednie stosowanie w rolnictwie. Jednak pomimo tego, że jest to najtańsza metoda zagospodarowania osadów, zawartość zanieczyszczeń normowanych (metali ciężkich) systematycznie spada, wiele oczyszczalni ma problem ze znalezieniem rolników, którzy będą chcieli stosować osady ściekowe na swoje pola (Kacprzak, 2018).

PRODUKTY ORGANICZNO-WAPNIOWE Z SERII ORCAL® I ORCAL® PHREGULATOR®

Zgodnie z Decyzją Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nr 183/07 z 2007 r OrCal® i nr G-653/17, produkty z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® zostały zaklasyfikowane jako nawóz organiczno-mineralny oraz środek poprawiający właściwości gleby do zastosowania na gruntach ornych oraz do rekultywacji gruntów. W ich skład wchodzi związek wapnia (Ca) oraz związki organiczne.

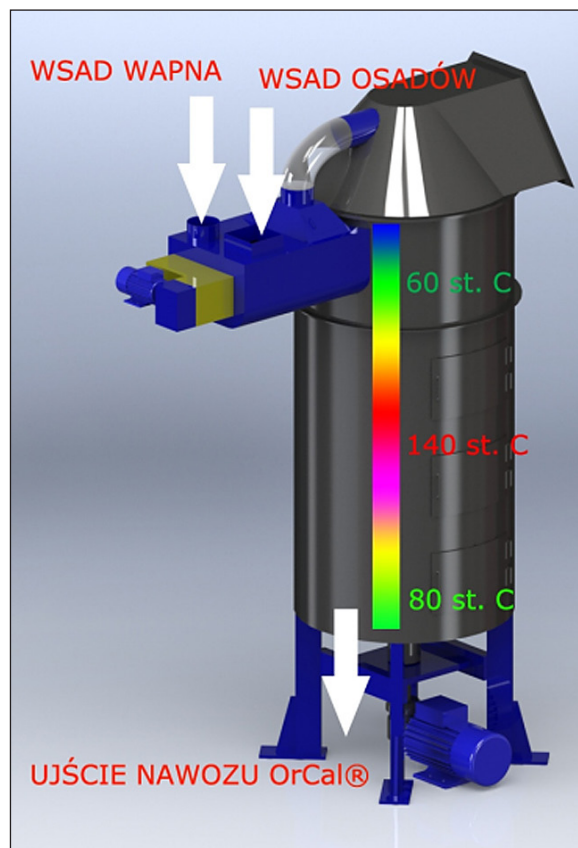
Część organiczna produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® składa się z szeregu związków organicznych powstałych w procesie przemian hydrolitycznych wyjściowej substancji organicznej. W reaktorach RCal 120 oraz RCal 250 (fot. 1) w obecności wody i pary wodnej oraz tlenu i wodorotlenku wapnia temperatura wynosi 60–140°C (fot. 2). Warunki te sprzyjają rozkładowi substancji organicznej do związków bioaktywnych: białek, polipeptydów, peptydów, aminokwasów, związków aromatycznych, glikoproteidów, flawonoidów, estrów, prekursorów fitohormonów i regulatorów wzrostu.

Związki wapnia, to związki powstające w reaktorach po wymieszaniu tlenu wapnia bardzo wysokiej reaktywności WapCal® (zgodnego z normą R.292513) z wodą zawartą w surowcu organicznym. W egzotermicznej reakcji powstają wodorotlenek wapnia (hydrat wapnia), węglan wapnia oraz sole wapniowe kwasów organicznych.

W procesie technologicznym cząsteczki substancji organicznej są pokrywane tlenkiem wapnia WapCal® (certyfikowany reagent WapCal®), który w reakcji z wodą i ditlenkiem węgla (reakcja karbonizacji) tworzy trwałe węglany wapnia, które otoczkują związki organiczne i substancje mineralne w nich zawarte. Sprawia to, że po zastosowaniu do gleb, nie ulegają one szybkiemu rozkładowi (mineralizacji), lecz stopniowo uwalniają.

Z tego powodu, w tytule patentu chroniącego prawa własnościowe do zmodyfikowanej technologii mowa jest o „wytwarzania nawozu o kontrolowanym uwalnianiu”. To kontrolowane uwalnianie dotyczy właśnie związków organicznych, otoczonych węglanami wapnia tj. CaCO_3 .

Pod względem chemicznym, 1 tona produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® zawiera około 47 kg azotu (N), około 25 kg fosforu (P_2O_5), 13,8 kg potasu (K_2O) oraz co najmniej



Fot. 1. Reaktor do wytwarzania nawozu OrCal®



Fot. 2. Instalacja FuelCal® do wytwarzania produktów OrCal®



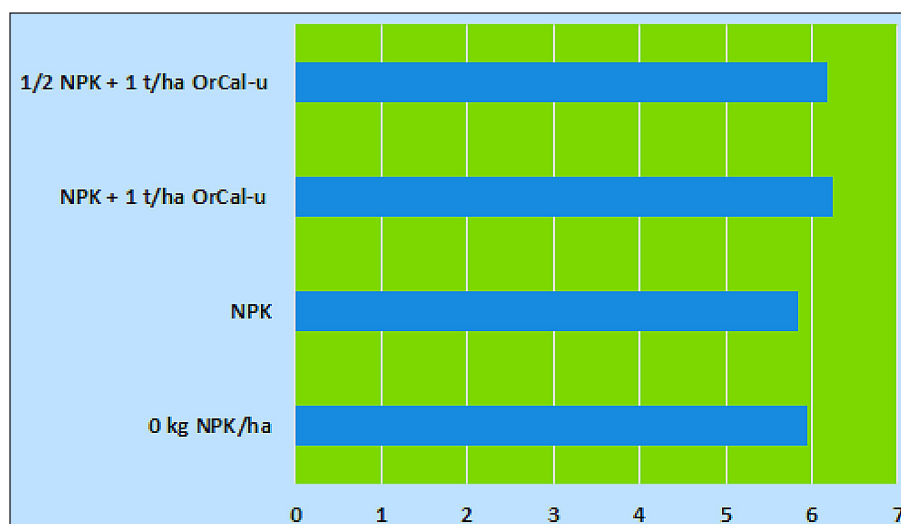
Fot. 3. Wiata magazynowa z produktem OrCal®

250 kg wapnia (CaO). Stanowią one źródło składników pokarmowych dla roślin uprawnych oraz pożytecznych mikroorganizmów gleby. Produkty OrCal® występują w postaci gruzelkowatej, o różnej średnicy i kształcie gruzelków (fot. 3). Poddaje się go dodatkowemu przesiewaniu, w celu uzyskania bardziej jednorodnego materiału, co umożliwi jego wysiew przy pomocy rozsiewaczy. Produkty z serii OrCal i OrCal pHregulator powstają jedynie przy użyciu certyfikowanego reagenta WapCal® (BWR – wapna Bardzo Wysokiej Reaktywności) akredytowanego dla Technologii FuelCal® zgodnego z wewnętrzną normą zakładową nr R.292513 opisaną i certyfikowaną przez dostawcę Technologii FuelCal® firmę Evergreen Solutions Sp. z o.o.

EFEKTYWNOŚĆ PRODUKTÓW Z SERII ORCAL® I ORCAL® PHREGULATOR®

Odkwaszanie gleby

Związki wapnia w nawozie, a szczególnie powstałe jony OH^- (z dysocjacji w glebie hydratu wapnia i węglanów wapnia), łączą się z jonami wodorowymi H^+ skutecznie podwyższając pH roztworu glebowego. Według dr hab. Piotra Szulca z UP Poznań wzrost pH pod wpływem produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® wyniósł nawet o 1–1,5 jednostki pH w ciągu 2–3 miesięcy (rys. 2). W tym doświadczeniu prowadzonym przez UP Poznań, nawożenie NPK spowodowało lekkie obniżenie pH gleby, w porównaniu do kontroli, bez nawożenia NPK.



Rys. 2. Kwasowość gleby po 60 dniach od daty stosowania nawożenia mineralnego [Szulc 2018]

Zwiększanie zawartości substancji organicznej w glebie

Produkty z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® zawierają co najmniej 20% masy organicznej w suchej masie. W praktyce, zawartość masy organicznej może być dużo wyższa, gdyż substancja organiczna jest zaoczkowana węglanami wapnia i w standardowych analizach chemicznych (spalanie w temperaturze 550 °C) tylko jej część jest określana. W praktyce, zawartość masy organicznej oceniana metodą spalania w temperaturze 750 °C wynosi ponad 50% w suchej masie nawozu.

Przy powszechnym spadku zawartości masy organicznej w glebach uprawnych, produkty z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® może być dobrym źródłem jej uzupełniania i odbudowy próchnicy glebowej. Tym bardziej, że jest to substancja częściowo rozłożona do form prostych, a więc bardziej przydatna do budowy związków próchnicznych.

Wzrost zawartości substancji organicznej w glebie, w połączeniu z dużą ilością kationów wapnia Ca^{++} doskonale wpływa na poprawę struktury gleby. Jony wapnia Ca^{++} tworzą mostki łączące części mineralne i organiczne gleby, sprzyjają agregatowaniu drobnych cząsteczek gleby. Struktura gruzelkowata gleby, która tworzy w takim procesie, jest warunkiem odtworzenia poprawnych stosunków powietrzno-wodnych i systemu kapilar, które odprowadzają nadmiar wody lub doprowadzają wodę do korzeni z głębszych warstw gleby, w przypadku suszy. Prawidłowe napowietrzenie gleby wskutek po-

prawy jej struktury warunkuje także wzrost korzeni, które, tak jak części nadziemne rośliny, potrzebują tlenu do wzrostu. Tlenu atmosferycznego potrzebują także organizmy zasiedlające ryzosferę i wspomagające roślinę w pobieraniu składników pokarmowych oraz pełniące funkcje ochronne dla korzeni.

Stymulacja wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego oraz mikroorganizmów glebowych

Optymalizacja odczynu pH gleby jest czynnikiem, który sam w sobie stwarza korzystne warunki dla rozwoju korzeni roślin, a szczególnie delikatnych włośników. W niskim pH, w glebach kwaśnych dochodzi do zahamowania wzrostu korzeni przez jony glinu Al^{+++} , które masowo uwalniają się do roztworu glebowego z kompleksu sorpcyjnego i minerałów ilastych. Zastosowanie produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® znacznie ogranicza toksyczność glinu i wodoru, pozwalając rozwijać się korzeniom roślin w sposób prawidłowy. Ponadto, związki powstające wskutek rozkładu substancji organicznej nawozu OrCal®, stymulują wprost stożki wzrostu korzeni i włośników.

Produkty z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® oddziałują też korzystnie na rozwój i namnażanie się pożytecznej flory grzybowej i bakteryjnej gleby pomagając w utrzymaniu prawidłowej homeostazy w glebie. Jest to skutek zmiany pH, oraz działania bioaktywnych związków organicznych, pochodzących z hydrolizy substancji organicznej zawartej w nawozie.

Na polach jest to zauważalne w postaci szybszej mineralizacji resztek poźniwnych. Zresztą potwierdzają to zalecenia producenta, który rekomenduje zastosowanie produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® na ściernisko, tuż po zbiorze roślin, oraz opinii użytkowników, którzy zdecydowanie podkreślają efektywność takiego zabiegu i jego skuteczność w rozkładzie słomy.

Dostarczanie roślinom mineralnych składników pokarmowych

Jedna tona produktów z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® zawiera około 47 kg azotu (N), około 25 kg fosforu (P_2O_5), 13,8 kg potasu (K_2O) oraz co najmniej 250 kg wapnia (CaO). Oprócz tego, w nawozie są magnez i mikroelementy. Mimo, że nie są to duże ilości, to biorąc pod uwagę fakt, że uwalniają się stopniowo z gruzełków otoczonych skorupką węglanu wapnia, można zakładać, że będą wykorzystane w całości w ciągu okresu wegetacyjnego- stopniowo w zależności od aktywności glebowej. Dla porównania, z nawozów mineralnych, rośliny wykorzystują tylko od 70 do 30% składników pokarmowych. Z pewnością OrCal® można potraktować jako dobre źródło wapnia i naturalnych składników odżywczych dla roślin. Wapń jest pierwiastkiem, który odpowiada za prawidłowe funkcjonowanie ścian komórkowych, ich sztywność, przepuszczalność i selektywność. Wapń reguluje także podziały komórek i wzrost tkanek. Wapń ogranicza skutki stresów, neutralizując reaktywne formy tlenu (ROS), które powstają podczas stresów i działają destrukcyjnie na

organelle komórkowe. Wapń uczestniczy także w mechanizmach przekazywania sygnałów ze środowiska. Skala zmian stężenia wapnia w roślinie jest dla niej informacją o rodzaju i natężeniu bodźca środowiskowego. Ponieważ zmiany tego typu następują w bardzo dużej ilości komórek, możliwa jest reakcja całej rośliny, np. zmiana ustawienia liści, stałe podążanie (ze wschodu na zachód) tarczy słonecznika za słońcem.

Kwintesencją efektów, które wywołują produkty z serii OrCal® i OrCal® pHregulator® jest plonowanie roślin. Zrozumiałym jest, że rolnik nie stosuje nawozów, tylko w celu poprawy jakości gleby, lub poprawy warunków życia dla mikroorganizmów gleby. Nawozy stosuje się w celu wywołania określonego i pożądanego efektu w postaci wzrostu plonu, jego jakości, lub chociażby po to, aby zabezpieczyć się przed spadkiem plonu.

W badaniach wazonowych w IUNG PIB w Puławach, wcześniej przytoczonych, uzyskano wzrost plonów jęczmienia i kukurydzy, w stosunku do kontroli bez wapnowania (tab. 1 i 2). W przypadku plonu ziarna jęczmienia wzrost wynosił on od 29 do 40% (w zależności od dawki nawozu OrCal®). W przypadku kukurydzy badano wpływ nawozu OrCal® na plony świeżej i suchej masy całych roślin. W warunkach wazonowych, wzrost ten wynosił od 5 do ponad 10% w przypadku suchej masy roślin z wazonu. Należy jednak pamiętać, że doświadczenia wazonowe nie są odpowiednim sposobem na badania nad kukurydzą, ze względu na duże rozmiary tej rośliny i jej duże potrzeby wodne.

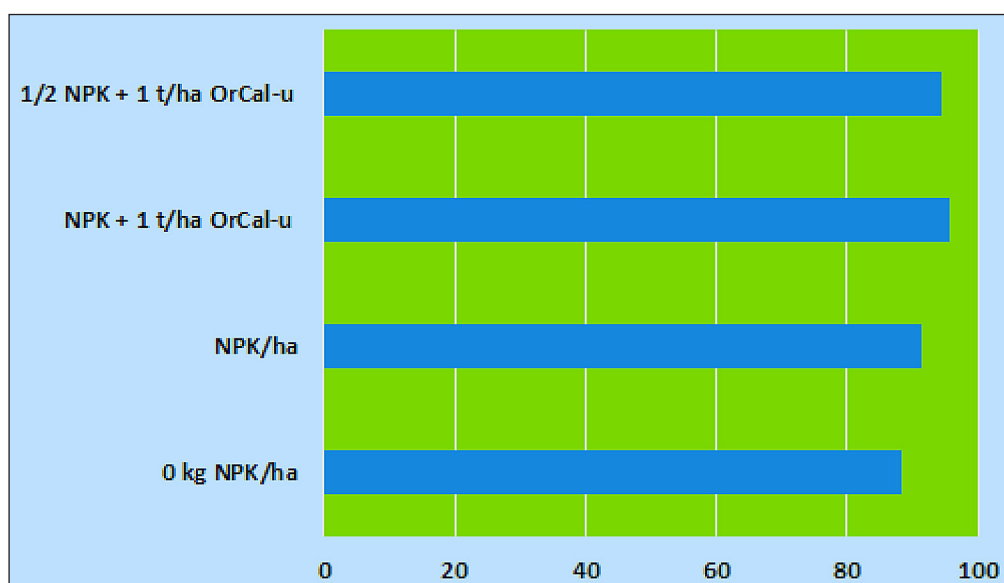
Wpływ nawożenia na kukurydzę, w doświadczeniu polowym, w ubiegłym roku badał

Tabela 1. Plon ziarna i słomy jęczmienia po zastosowaniu nawozu OrCal® [IUNG Puławy, 2006]

Kombinacja	Ziarno (g/wazon)	Słoma (g/wazon)	Razem biomasa (g/wazon)	Przyrósł plonu, %		
				Ziarno	Stoma	Biomasa
1. Kontrola	51,2	62,5	113,7	-	-	-
2. Bez CaO + 2,6 g N	67,4	66,9	134,3	-	-	-
3. CaO 6,75 g + 2,6 g N	91,7	86,7	178,4	36	30	33
4. CaO 13,5 g + 2,6 g N	88,2	93,4	181,6	31	40	35
5. CaO 20,25 g + 2,6 g N	90,4	95,4	185,8	34	43	38
6. OrCal 25 g	70,7	79,1	149,8	38	27	32
7. OrCal 25 g + 2,6 g N	86,9	88,0	174,9	29	32	30
8. OrCal 50 g + 2,6 g N	95,3	90,4	185,7	41	35	38
9. OrCal 75 g + 2,6 g N	94,2	93,3	187,5	40	40	40
10. CaO 6,75 g + 0,6 g N	74,3	76,4	150,7	45	22	33

Tabela 2. Plony kukurydzy w g/wazon po zastosowaniu nawozu OrCal® [IUNG Puławy 2006]

Kombinacja	Świeża masa	Sucha masa	Liczba kolb	Przyrost plonu, %
1. Kontrola	861,3	243,3	16	-
2. Bez CaO + 2,6 g N	1535,0	399,2	19	64
3. CaO 6,75 g + 2,6 g N	1636,3	422,4	20	74
4. CaO 13,5 g + 2,6 g N	1710,0	428,6	20	76
5. CaO 20,25 g + 2,6 g N	1685,0	445,9	20	83
6. OrCal 25 g	831,3	229,1	13	-
7. OrCal 25 g + 2,6 g N	1691,3	441,7	20	81
8. OrCal 50 g + 2,6 g N	1673,8	419,3	20	72
9. OrCal 75 g + 2,6 g N	1695,0	427,2	20	76
10. CaO 6,75 g + 0,6 g N	1071,0	293,2	18	21

**Rys. 3.** Plon ziarna kukurydzy [dt/ha] w zależności od zróznicowanego nawożenia mineralnego [Szulc 2018]

zespół z Uniwersytetu Przyrodniczego z Poznania [Szulc 2018]. W ciekawie dobranej metodyce kontrolą był obiekt bez nawożenia NPK i bez zastosowania OrCal® oraz z nawożeniem NPK i bez zastosowania OrCal®. Obiektami doświadczalnymi były dwie kombinacje:

- pełna dawka NPK plus OrCal®,
- połowa dawki NPK plus OrCal®.

Oczywiście, zastosowanie nawożenia NPK, w porównaniu od kontroli bez nawożenia spowodowało wzrost plonu kukurydzy (rys. 3). Dodanie nawożenia OrCal® do nawożenia NPK spowodowało dalszy przyrost plonowania. Najciekawsze była jednak sytuacja na czwartym obiekcie, z obniżoną dawką NPK i zastosowaniem OrCal®. Okazało się, że plon ziarna kukurydzy, w tej kombinacji był prawie równy plonowi ziarna z kukurydzy na-

wożonej pełną dawką NPK i OrCal®. Wniosek nasuwa się tylko jeden: przy zastosowaniu nawozu OrCal® można obniżyć dawki nawozów NPK z zachowaniem takiego poziomu plonowania, jak w przypadku pełnego nawożenia azotowo-fosforowo-potasowego.

Należy jednak być ostrożnym i nie wyciągać pochopnych wniosków na podstawie wyników z doświadczenia z jednej lokalizacji i jednego roku badań. Jednak wielu rolników używających OrCal® systematycznie, obniża dawki nawozów, szczególnie fosforowych i potasowych. Wynika to z tego, że OrCal® poprzez poprawę parametrów gleby, zwiększenie mineralizacji substancji organicznej ułatwia jej przyswajanie, sprzyja uwalnianiu do rozтворu glebowego składników pokarmowych, dotychczas niedostępnych dla roślin.

PODSUMOWANIE

Gospodarka obiegu zamkniętego powoli staje się koniecznością. Przetwarzanie odpadów biodegradowalnych w nawozy organiczno-mineralne (np. OrCal®) to proces technologiczny który z jednej strony wypełnia zasady gospodarki obiegu zamkniętego, a z drugiej tworzy produkty przyjazne dla środowiska. Działanie nawozu OrCal® na rośliny można podzielić na dwa rodzaje:

1. Bezpośredni wpływ, czyli dostarczanie składników pokarmowych (mineralnych i organicznych), stymulację korzeni (szczególnie włóśników) do wzrostu i rozwoju. Mimo, że OrCal® zawiera niedużo pierwiastków przydatnych dla roślin, należy je uwzględnić w ocenie nawozu i kalkulowania planu nawożenia uprawy.
2. Pośredni wpływ, czyli regulację pH gleby, wzbogacanie gleby o substancję organiczną, stymulowanie rozwoju pożytecznych mikroorganizmów glebowych, poprawę parametrów fizycznych i chemicznych gleby i inne. Wszystkie te efekty, w sumie przyczyniają się do stworzenia roślinom uprawnym lepszych warunków do wzrostu, do rozwoju oraz plonowania.

Podziękowania

Pracę zrealizowano na podstawie materiałów dostarczonych przez Evergreen Solutions oraz w ramach badań statutowych Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej nr BS PB 401/01-304/11.

LITERATURA

1. Bachorz M. 2017 Polska droga do gospodarki o obiegu zamkniętym opis sytuacji i rekomendacje. Wyd. Europejskie Biuro Ochrony Środowiska.
2. <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/Recykling-odpadow-komunalnych-w-Polsce-2016-4291.html>
3. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2016.
4. Kacprzak M. 2018. Przegląd dostępnych metod zagospodarowania osadów ściekowych i perspektywy ich wykorzystania w Polsce. Materiały konferencyjne 12-tej Międzynarodowej Konferencji „Metody zagospodarowania osadów ściekowych” 25-27.09.2018 Poznań-Berlin.
5. Szulc P. 2018, Nowe spojrzenie na nawożenie kukurydzy (www.agropolska.pl), Przedsiębiorca Rolny, nr 1-2018.
6. Sprawozdanie z badań rolniczych prowadzonych w 2006 r nt. Ocena rolniczej przydatności nawozu OrCal®, IUNG Puławy, 2006.