

Tomasz CIESIELCZUK¹, Czesława ROSIK-DULEWSKA², Joanna POLUSZYŃSKA³
i Kacper POLIS¹

NATURALNE SPOIWA KOSTEK NAWOZOWYCH JAKO ELEMENT ZRÓWNOWAŻONEJ UPRAWY ROŚLIN

NATURAL ADHESIVES OF FERTILIZER CUBES AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE PLANT CULTIVATION

Abstrakt: Zrównoważona uprawa roślin, stawiająca nowe wymagania praktyce rolniczej, dąży do ograniczania wykorzystania nawozów mineralnych na rzecz długo działających nawozów organicznych. W szczególności cenne są te nawozy, które powstają w obrębie gospodarstwa z uwagi na ich wysoką jakość oraz brak kosztów związanych z zakupem i transportem. Zwłaszcza materia organiczna zawarta w odpadach przemysłu spożywczego lub powstająca w gospodarstwach domowych, przy braku zanieczyszczeń innymi rodzajami odpadów, może służyć do wytwarzania nawozu, który mógłby być wykorzystywany nawet w organicznej produkcji roślin uprawnych. W pracy przedstawiono wyniki badań wiązania organicznych i mineralnych komponentów nawozów wytwarzanych w postaci tabletek. Jako naturalne spoiwa testowe, mające utrzymywać nawóz w pożądanej formie, a także wydłużać czas uwalniania składników pokarmowych dla roślin, zastosowano kolagen, skrobię ryżową oraz żelatynę spożywczą. Test wymywalności przeprowadzono zgodnie z normą PN-Z-15009. Uzyskane wyniki wskazują na różnicowanie wymywania biogenów oraz materii organicznej z tabletek w zależności od zastosowanego spoiwa. Zanotowano silną inhibicję emisji składników w przypadku zastosowanego spoiwa kolagenowego i żelatynowego w porównaniu do słabszych właściwości wiążących stwierdzonych w przypadku kostek ze skrobią.

Słowa kluczowe: spoiwa, nawozy tabletkowane, wymywanie, zrównoważone rolnictwo

Wstęp

Celem nawożenia gleby jest dostarczenie składników pokarmowych niezbędnych roślinom do prawidłowego rozwoju, wydania optymalnego plonu oraz poprawienia zarówno właściwości biologicznych, chemicznych, jak i fizycznych gleby w zakresie pożądanym dla roślin. Niedobór składników pokarmowych w glebie może powodować straty w plonie. Przenawożenie gleby może być także przyczyną zmniejszenia plonu, spadku jego jakości, wzrostu kosztów produkcji i zanieczyszczenia środowiska [1]. W Polsce rocznie zużywa się ponad 133 kg nawozów mineralnych na hektar, jednak najbardziej istotne z punktu widzenia żywności gleby jest nawożenie organiczne [2].

Dzięki temu, że nawozy organiczne, uwalniając w sposób stopniowy składniki pokarmowe do roztworu glebowego, stają się cennym źródłem materii organicznej oraz biogenów dla upraw roślinnych oraz poprawiają strukturę samej gleby. Jako nawozy organiczne główne zastosowanie znajdują: obornik, gnojowica, nawozy zielone, odpady pofermentacyjne z biogazowni oraz komposty (w tym także wermikomposty) [3]. Odpady

¹ Samodzielna Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Uniwersytet Opolski, ul. Oleska 22, 45-052 Opole, tel. 77 401 60 20, email: tciesielczuk@uni.opole.pl

² Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, Polska Akademia Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, tel. 32 271 70 40, email: czeslawa.rosik-dulewska@ipis.zabrze.pl

³ Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, ul. Oświęcimska 21, 45-641 Opole, tel. 77 745 32 01, email: j.poluszynska@icimb.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

ulegające biodegradacji mogą być wykorzystywane w formie nieprzetworzonej jedynie w wyjątkowych przypadkach, jednak zwykle muszą być kierowane do kompostowania lub fermentacji metanowej [4]. Odpady organiczne po procesie kompostowania mogą być z powodzeniem stosowane jako nawóz, jednak wymaga to upływu czasu oraz nakładów pracy przy kompostowaniu, a jakość gotowego produktu (kompostu) może czasem wykluczać go z zastosowania nawozowego [5].

Odpadem, który może być zastosowany niemal bez obróbki, jest materiał pozostający po procesie parzenia kawy, czyli tzw. „fusy”. Jest to odpad powstający w każdym gospodarstwie domowym i w przeważającej części wyrzucany wraz z innymi odpadami biodegradowalnymi, zmieszanymi lub nawet kierowany do kanalizacji sanitarnej. Jako dodatek mineralny dostępny w wielu gospodarstwach domowych proponuje się zastosować popiół ze spalania biomasy. Popiół, którego właściwości, jeśli są dobrze poznane, umożliwiają wykorzystanie go do zrównoważonego nawożenia roślin, pod warunkiem zespolenia go z częścią organiczną proponowanego nawozu. Wykorzystanie popiołu umożliwi dostarczenie roślinom potrzebnych pierwiastków w formach przyswajalnych oraz pozwala na odzysk tego kłopotliwego odpadu. Połączenie części mineralnej i organicznej stwarza możliwość nie tylko nawożenia roślin, ale także dostarcza substancji organicznej do gleby, co sprzyja m.in. retencji wody, co jest szczególnie istotne w przypadku gruntów zdegradowanych [6]. Tego rodzaju nawozy po raz pierwszy zaproponowane zostały przez Ciesielczuka i in. [7], jednak materiały opisane w owej pozycji literaturowej były wyposażone w membranę spowalniającą uwalnianie biogenów, co zwiększało prędkość wykonania takiego materiału. Popioły z biomasy pochodzące z energetyki zawodowej były także proponowane jako czynnik stabilizujący osady ściekowe [8]. Powolne uwalnianie biogenów jest kluczem w nawożeniu stosowanym w zrównoważonym rolnictwie oraz ogrodnictwie zawodowym i amatorskim. W szczególności nawozy te mogą być wykorzystywane w uprawach pojemnikowych. Dotyczy to zwłaszcza roślin dużych, kłopotliwych do przesadzania. Zalety takiego powolnego uwalniania biogenów to: oszczędność roboczogodzin przeznaczonych na prace związane z nawożeniem, minimalizowanie strat biogenów wymywanych w głąb profilu glebowego, a co za tym idzie zwiększenie ilości biogenów, które będą pobrane przez rośliny, oraz możliwość zastosowania nawozu w momencie siewu lub sadzenia roślin. Ponadto proponowane nawozy mogą być wykonywane na bieżąco w miarę potrzeby, eliminując konieczność kupowania nawozu oraz gromadzenia go w gospodarstwie, co wymaga dodatkowej powierzchni magazynowej.

Zastosowanie właściwego czynnika wiążącego będzie gwarantowało powolne uwalnianie biogenów do roztworu, jednak spoiwo takie musi być nietoksyczne, tanie oraz powszechnie dostępne. Zrównoważona produkcja roślinna jest niezwykle popularna w Polsce i areał upraw ekologicznych stale wzrasta. W 2010 roku wynosił 308 095 ha, natomiast w 2013 już 492 472 ha, co spowoduje wzrost zainteresowania tanimi nawozami organicznymi i mineralno-organicznymi wysokiej jakości [2].

Podstawy prawne

Prawo polskie definiuje nawozy zapisem Ustawy z dnia 10 lipca 2007 o nawozach i nawożeniu (DzU 147, poz. 1033) [9] jako produkty przeznaczone do dostarczania

roślinom składników pokarmowych lub zwiększenia żyzności gleb albo zwiększania żyzności stawów rybnych, którymi są nawozy mineralne, nawozy naturalne, nawozy organiczne oraz nawozy organiczno-mineralne. Podstawowe parametry (w tym zawartość metali ciężkich) określające jakość nawozów zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 21 grudnia 2009 w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [10]. W przypadku nawozów tabletkowanych analizowanych w niniejszej pracy należy brać pod uwagę normy zawartości biogenów oraz zanieczyszczeń dla nawozów organicznych. Definicja biomasy zawarta jest w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [11]. W świetle tego rozporządzenia biomasę stanowi produkt składający się w całości lub części z substancji roślinnych, które pochodzą z rolnictwa, leśnictwa i które są spalane w celu odzyskania zawartej w nich energii. Jako biomasa traktowane są także odpady pochodzące z rolnictwa, leśnictwa, roślinne z przemysłu spożywczego. Zgodnie z tymi przepisami także odpady poekstrakcyjne kawy (OPK) są uznawane jako biomasa. Jednak nawet jeśli analizowany materiał spełnia wszelkie wymogi stawiane nawozom organicznym, nie może być oficjalnie wprowadzony do obrotu bez raportu jednostki certyfikującej.

Materiał i metody

Do badań użyto odpadów poekstrakcyjnych kawy, powstałych po przygotowaniu napoju kawowego (pod ciśnieniem 15 atmosfer), wysuszonych na słońcu oraz dosuszonych do stałej masy w temperaturze 105°C. Jako dodatek mineralny zastosowano popiół powstały po spaleniu biomasy drewna dębowego. Drewno dębowe w postaci zrębków spalane było wraz z korą. W celu uzyskania popiołu biomasę tę spalano w temperaturze 600°C przez 3 godziny w piecu muflowym, a następnie dopalano w tej temperaturze przez 1 godzinę [12]. Tak powstały popiół (P) przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm, a następnie suszono do stałej masy. Mieszaninę odpadów poekstrakcyjnych i popiołu wykonano w dużej ilości, a następnie z tak ujednoliconej masy pobierano odważki do zastosowania z poszczególnymi spoiwami. Jako środków wiążących użyto: skrobi ryżowej (R), kolagenu (C) oraz żelatyny spożywczej (G). Wszystkie zastosowane składniki są dostępne w handlu. Roztwór wiążący skrobi ryżowej otrzymano z pozostałości po gotowaniu 100 g ryżu w 500 cm³ wody destylowanej. Roztwór kolagenu otrzymano z dostępnego w handlu surowca w postaci perełek poprzez zmieszanie z wodą destylowaną w stosunku objętościowym 1 : 20, a następnie podgrzanie do temperatury 70°C. Roztwór wiążący żelatyny wykonywano poprzez namoczenie odważki żelatyny (5 g) w zimnej wodzie dejonizowanej, a następnie tak uzyskany żel przenoszono do wrzącej wody dejonizowanej i ponownie zagotowywano. Ostatecznie objętość roztworu wiążącego wynosiła 100 cm³, przez co otrzymano roztwór 2,6 razy bardziej stężony od typowego roztworu żelatyny do przygotowywania potraw.

W celu wykonania nawozu tabletkowanego zmieszano wysuszone do stałej masy odpady poekstrakcyjne kawy z popiołem z biomasy w stosunku masowym 9 : 1, a następnie tak powstałą mieszaninę zalano gorącym roztworem wiążącym w ilości 100 cm³/50 g mieszaniny popiołu i odpadów poekstrakcyjnych. Tak powstałą pulpę umieszczono w matrycach o zagłębieniach sześciennych. Matryce umieszczono

w temperaturze 10°C na 24 godziny, a następnie kostki nawozowe zostały usunięte z matrycy i wysuszone w temperaturze pokojowej.

W celu określenia wymywania biogenów z badanych nawozów wykonano wyciąg wodny zgodnie z normą PN-Z-15009 (16 godzin wstrząsania, 4 godziny przerwy, 2 godziny wstrząsania, filtracja). W otrzymanym wyciągu oznaczono odczyn (pH) oraz przewodność elektrolityczną właściwą (PEW) metodami elektrometrycznymi (pH-metr i konduktometr firmy ELMETRON). Zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO) oznaczono, wykorzystując detektor NDIR po katalizowanej mineralizacji w temperaturze 850°C. Poziomy stężen jonów nieorganicznych wykonano metodą chromatografii jonowej (IC) za pomocą chromatografu 850 Professional IC AnCat - MCS firmy Metrohm.

Wyniki i dyskusja

Wykonane w identycznych matrycach kostki nawozowe miały zbliżoną masę (tab. 1). Najniższą masę zanotowano dla kostek R, natomiast kostki C oraz G były cięższe o odpowiednio o 4 i 7%. Różnice te wynikają z zastosowanego spoiwa, jednak w praktyce nie mają większego znaczenia.

Masy badanych kostek nawozowych [g] ($n = 9$)

Tabela 1

Mass of investigated fertilizer's cubes [g] ($n = 9$)

Table 1

	R	C	G
Średnia	4,64	4,83	4,97
SD	0,18	0,24	0,11
Mediana	4,68	4,84	4,97

W przeprowadzonym teście wymywalności kostki nawozowe R uległy częściowemu rozpadowi już po 60 min od rozpoczęcia testu. Podkreślić należy, iż nie prowadzi się wówczas wytrząsania, a test jest wykonywany w warunkach statycznych. Kostki typu G oraz C nie rozpadły się, a jedynie napęczniały, a drobinki, które odpadły od wytrząsanych kostek, występowały w niewielkiej ilości. Trwałość formy nawozu jest istotna z punktu widzenia dynamiki uwalniania biogenów do roztworu. Zbyt miękkie kostki szybko się rozpadają, a uwolnione biogeny mogą zostać wymyte w głąb profilu. Prowadzi to nie tylko do strat nawozu (a więc obniżenia plonowania lub zdrowotności upraw), ale także stanowi niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód gruntowych. W związku z tym skrobia ryżowa stanowi prawdopodobnie zbyt słaby czynnik wiążący i pomimo iż jest składnikiem dostępnym bezkosztowo, być może jego wykorzystanie może być ograniczone.

Skład otrzymanego wyciągu wodnego w znacznym stopniu zależy będzie od jakości zastosowanego popiołu i gatunku kawy oraz hydrofilnych właściwości obu tych składników w wykonanym nawozie. Otrzymany roztwór w przypadku każdego typu nawozu był lekko zasadowy, co jest cenne z uwagi na stabilizację odczynu gleby (tab. 2). Uzyskane wartości są wyższe od otrzymanych dla wyciągów z kostek K10, co wskazuje na istotne oddziaływanie membrany półprzepuszczalnej na skład wyciągu wodnego [7]. Lekko zasadowy odczyn testowanych nawozów jest istotny z punktu widzenia tendencji gleb do zakwaszania się unieruchamiania metali ciężkich, a stopień rozpadu kostek nie miał

wpływu na wartość pH eluatu [13]. Istotnym parametrem świadczącym o uwalnianiu biogenów jest przewodność elektrolityczna właściwa (PEW).

Tabela 2

Charakterystyka wyciągu wodnego z badanych tabletek nawozowych ($n = 10$)

Table 2

Characteristic of water extract of investigated fertilizer tablets ($n = 10$)

	R	C	G
Odczyn pH [-]	7,96-8,04	8,09-8,14	8,08-8,13
PEW [mS/cm]	1,928	1,743	1,836
N _{Tot} [mg/dm ³]	181,9	166,3	120,2
NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]	4,0	4,1	4,1
NO ₂ ⁻ [mg/dm ³]	2,974	2,878	2,852
NO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	9,939	12,82	9,955
PO ₄ ³⁻ [mg/dm ³]	34,94	7,548	5,933
Cl ⁻ [mg/dm ³]	17,29	30,64	27,15
F ⁻ [mg/dm ³]	51,91	39,20	41,15
K ⁺ [mg/dm ³]	1637	1188	1295
Ca ²⁺ [mg/dm ³]	166	103	94
Mg ²⁺ [mg/dm ³]	68	43	39
Na ⁺ [mg/dm ³]	212	320	165
OWO [g/dm ³]	3,54	1,42	1,20

Najwyższa wartość PEW została zanotowana dla kostek R, najniższa dla kostek typu C, co odpowiada stabilności kostek w czasie testu wymywalności. Spodziewano się jednak wyższej przewodności wyciągu z kostek R z uwagi na uwolnienie popiołu zawartego w nawozie do roztworu. Zasolenie gleb spowodowane przedawkowaniem nawozów mineralnych skutkuje słabszym wzrostem i zamieraniem roślin, jednak zanotowane wyniki nie stwarzają takiego zagrożenia [14]. Silny wzrost zasolenia stwierdzono w przypadku testu wymywalności przeprowadzonego dla tabletek nawozowych typu K12 w efekcie zastosowania dodatku siarczanu magnezowego. Zastosowanie zbyt wysokiej dawki takiego nawozu może skutkować szkodliwym zasoleniem gleby, co jest szczególnie istotne w przypadku roślin o niewielkich wymaganiach nawozowych i może powodować zakłócenia w pobieraniu fosforu, magnezu i azotu przez rośliny [7, 15].

Rozpad kostek R spowodował także najwyższe stężenie azotu ogólnego, jednak zanotowana ilość azotu w wyciągach C oraz G także była wysoka. Oznaczany azot występuje niemal wyłącznie w formie organicznej, gdyż popiół zawiera tak niskie ilości tego pierwiastka, że do uzyskania stężenia 100 mg N/dm³ należałoby rozpuścić ponad 390 g popiołu w 1 dm³ wody. Jest to istotne z punktu widzenia upraw trwałych, dla których nawożenie mineralnymi formami azotu można prowadzić jedynie do połowy lipca z uwagi na przygotowanie roślin do sezonu zimowego. Niska zawartość jonów amonowych oraz azotanów w otrzymanym wyciągu jest ważna nie tylko z punktu widzenia zrównoważonego nawożenia, ale także z powodu ryzyka zanieczyszczenia wód podziemnych, szczególnie w przypadku gdy wykorzystywane są one jako wody pitne.

Jony ortofosforanowe, niezwykle istotne z punktu widzenia produktywności roślin, były uwalniane podobnie w przypadku kostek C oraz G, natomiast wyższe stężenia zanotowano dla kostek typu R, co może być wynikiem szybkiego rozpadu kostek

nawozowych i możliwości uwalniania jonów fosforanowych z frakcji organicznej spoiwa skrobiowego. Zrównoważone nawożenie roślin wymaga dostarczania potrzebnych biogenów w sposób równomierny, tak aby system korzeniowy był w stanie wykorzystać maksymalną ilość nawozu, co może być problematyczne w przypadku zastosowania testowanych kostek R na glebach piaszczystych o niewielkim kompleksie sorpcyjnym [16, 17]. Zawartość jonów chlorkowych i fluorkowych w otrzymanych wyciągach jest na tyle niewielka, iż nie stanowi zagrożenia dla upraw oraz wód podziemnych, a jedynie zrównoważone źródło tych mikroelementów.

Zawartość potasu w analizowanych wyciągach jest podobna dla typów G oraz C, a niewielką przewagą w wyciągu otrzymanym z kostek R. Różnice te są niewielkie i korelują ze stopniem rozpadu kostek. Otrzymane wyniki wskazują na zbyt szybkie uwalnianie potasu do roztworu, przez co może być on wymywany w głąb profilu.

Zawartość wapnia oraz magnezu korelowała ze stopniem rozpadu kostek nawozowych - najwyższą ilość tego pierwiastka zanotowano dla wyciągu R, natomiast najniższą w przypadku wyciągu G. Jednak należy zauważyć, iż różnice pomiędzy wyciągami C oraz G są niewielkie - rzędu kilkunastu lub kilkudziesięciu miligramów w zależności od analizowanego jonu.

Zawartość węgla organicznego - pochodzącego zarówno ze spoiwa, jak i SCG - zanotowano w największym stężeniu w wyciągu R, natomiast ponad 2-krotnie mniejszym w przypadku wyciągów z kostek C i G, co odpowiada stopniowi rozpadu kostek, a także zawartości węgla uzyskanej dla kostek K0 [7].

Jednym z istotniejszych czynników, które są brane pod uwagę przy analizie nawozów, w szczególności wytwarzanych w oparciu o odpady organiczne, jest zawartość metali ciężkich [5, 17]. Zapisy Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu dla nawozów organicznych precyzują maksymalną zawartość niklu, kadmu, chromu, ołowiu i rtęci [10]. Wyniki takich analiz przeprowadzonych dla mieszanek nawozów wykonanych w oparciu o odpady poekstrakcyjne kawy i popiół z biomasy publikowali Ciesielczuk i in. [7], gdzie wykazano niezwykle niskie zawartości niepożądanych pierwiastków. Aby zapewnić wysoką jakość wytwarzanych kostek nawozowych, należy zawsze zwracać uwagę na zawartość metali ciężkich w stosowanym popiele z biomasy, który jest tu głównym donorem tych pierwiastków. Jednakże w przypadku pozyskiwania tego komponentu z własnego gospodarstwa domowego ciągła kontrola zawartości metali nie jest konieczna. Pamiętać należy, iż metale ciężkie (Zn, Cu, Mo, Mn, Fe) są niezbędnym składnikiem (kofaktorem) oksydoreduktaz roślinnych, bez których niemożliwy jest wzrost i rozwój upraw [18].

Z ekonomicznego punktu widzenia spośród testowanych kostek nawozowych najlepszym produktem jest nawóz spajany skrobią ryżową. Jest ona dostępna po przygotowywaniu ryżu do celów spożywczych i zwykle jest usuwana wraz z wrzątkiem, w której jest rozpuszczona jako zbędna. Zastosowanie gorącego roztworu skrobi w procesie wytwarzania kostek nawozowych jest wykorzystaniem energii zużytej na podgrzanie wody. Pozostałe materiały wiążące (C oraz G) nie tylko wymagają inwestycji na ich zakup, ale także wymagają energii dla uzyskania roztworów roboczych, co obniża efektywność ekonomiczną całego procesu. Cena 1 kg żelatyny lub kolagenu pozwalających na wykonanie 10 kg nawozu wynosi odpowiednio 30 i 20 PLN. Zatem cena surowców

potrzebnych do produkcji nawozu generuje produkt w cenie 3 i 2 PLN/kg. Należy oczywiście dodać wartość zużytej energii (np. dosuszanie odpadów poekstrakcyjnych lub podgrzewania wody do wykonania spoiw) oraz robocizny. Nawozy długo działające dostępne w handlu są około 8-12-krotnie droższe od proponowanych tu produktów.

Korzyści z proponowanych kostek nawozowych to przede wszystkim łatwość ich wykonania w warunkach domowych. Składniki do produkcji kostek są tak bezpieczne, że nawóz taki można przygotowywać z dziećmi, uwrażliwiając je tym samym na problematykę właściwego, zrównoważonego odżywiania roślin, które nie tylko ogranicza masę wytwarzanych odpadów biodegradowalnych, ale także nie szkodzi środowisku poprzez unikanie wykorzystywania procesów przemysłu nawozowego oraz transportu. Odpady poekstrakcyjne kawy są dostępne za darmo w każdym gospodarstwie domowym, a dobrej jakości popiół także jest dostępny jako uboczny produkt spalania biomasy w kominku lub kotle centralnego ogrzewania. Gotowy nawóz o spowolnionym uwalnianiu biogenów działa długo, zawiera niewielką ilość metali ciężkich, a także jest tani.

Testowane spoiwa są łatwe w użyciu oraz dostępne dla każdego. Skrobia ryżowa jest zawarta we wrzątku pozostałym po gotowaniu ryżu - jej wykorzystanie jest proste pod warunkiem skoordynowania prac związanych z przygotowaniem posiłków oraz wytwarzania nawozów, które to nawozy nie stanowią zagrożenia zdrowotnego, co umożliwi wykonywanie wszystkich zaplanowanych czynności w kuchni. Żelatyna jest produktem spożywczym, stosowanym szeroko w praktyce kucharskiej. Kolagen jest dostępny na rynku, a jego przygotowanie do użycia jest proste i przypomina przygotowanie żelatyny. Ujemną stroną proponowanych spoiw jest konieczność zakupu kolagenu i żelatyny oraz konieczność schładzania żelatyny, aby nastąpił proces tężenia. Ponadto przygotowanie kolagenu i żelatyny wymaga podgrzania wody, co powoduje zużycie energii pierwotnej. Do zminimalizowania zużycia energii w okresie letnim można wykorzystać pomalowany ma czarno zbiornik wystawiony na działanie promieni słonecznych, gdzie nastąpi wstępne podgrzanie wody. Proponuje się także wykorzystanie energii odpadowej np. w postaci wrzątku pozostałego po przygotowaniu posiłku do sporządzenia kąpieli wodnej w procesie przygotowywania roztworu kolagenu lub żelatyny. Tylko wówczas będzie można uważać wytworzone kostki nawozowe za produkt w pełni odpowiadający wymogom zrównoważonej uprawy roślin.

Wnioski

1. Nawozy tabletkowane o powolnym uwalnianiu biogenów są powszechne zarówno w zawodowej, jak i amatorskiej praktyce ogrodniczej, jednak tego rodzaju produkty są bardzo drogie. Proponowane kostki nawozowe mogą być ekonomiczną i ekologiczną alternatywą dla takich produktów dostępnych obecnie na rynku.
2. W procesie przygotowania proponowanych kostek nawozowych wykorzystywane są głównie odpady poekstrakcyjne kawy oraz popiół z biomasy, które dostępne są bezkosztowo w wielu gospodarstwach domowych. Te dwa składniki połączone spoiwem mogą przyczynić się do poprawy żyzności ziemi ogrodniczej, co jest istotne szczególnie w przypadku prowadzenia produkcji roślinnej w pojemnikach.
3. Najlepszym testowanym spoiwem, które rzeczywiście spowalnia działanie nawozu, jest żelatyna - tani produkt powszechnie dostępny na rynku. Kolagen także spełnia

- zadanie spoiwa regulującego uwalnianie biogenów z proponowanych kostek nawozowych, jednak oba te spoiwa powinny być stosowane z wykorzystaniem energii odpadowej.
4. Najstabszym z testowanych spoiw jest skrobia ryżowa. Jakkolwiek uzyskiwana jest jako odpad po procesie gotowania ryżu, to siła, z jaką wiąże składniki nawozu, jest zbyt mała. Może to prowadzić do rozpadu kostek w czasie transportu lub przechowywania, a także nie można uzyskać wymaganego spowolnienia uwalniania biogenów do roztworu glebowego.
 5. Tanie, wykonywane w warunkach domowych nawozy w postaci kostkowanej zrobione z odpadów poekstrakcyjnych kawy oraz popiołu z biomasy wiązanych kolagenem lub żelatyną, lub nawet skrobią ryżową mogą stanowić dobre rozwiązanie stosowane w zrównoważonym ogrodnictwie lub nawet rolnictwie.

Literatura

- [1] Jankowski K, Jodełka J, Sosnowski J. The influence of nitrogen fertilization applied in different doses on fodder quality of meadow sward. *J Ecol Eng.* 2013;14(3):59-62. DOI: 10.5604/2081139X.1056044.
- [2] Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2014. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny; 2015; 65. <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rolnictwa-2014,6,8.html>.
- [3] Boruszko D. Badania i ocena wartości nawozowej kompostów i wermikompostów. *Rocz Ochr Środ.* 2011;13:1417-1428. http://ros.edu.pl/images/roczniki/archive/pp_2011_089.pdf.
- [4] Kazmierowicz J. Organic waste used in agricultural biogas plants. *J Ecol Eng.* 2014;15(2):88-92. DOI: 10.12911/22998993.1094983.
- [5] Tognetti C, Mazzarino MJ, Laos F. Improving the quality of municipal organic waste compost. *Biores Technol.* 2007;98:1067-1076. DOI:10.1016/j.biortech.2006.04.025.
- [6] Evanylo G, Sherony C, Spargo J, Starmer D, Brosius M, Haering K. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agr Ecosyst Environ.* 2008;127:50-58. DOI:10.1016/j.agee.2008.02.014.
- [7] Ciesielczuk T, Rosik-Dulewska C, Wiśniewska E. Possibilities of coffee spent ground use as a slow action organo-mineral fertilizer. *Rocz Ochr Środ.* 2015;17:422-437. http://ros.edu.pl/images/roczniki/2015/026_ROS_V17_R2015.pdf.
- [8] Poluszyńska J. Możliwości zastosowania popiołów z biomasy w gospodarowaniu osadami ściekowymi. *Prace ICIMB* 2013;13:49-59. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element/baztech-b597c291-d4da-4a9a-9004-b97facca1142>.
- [9] Ustawa z dnia 10 lipca 2007 o nawozach i nawożeniu (DzU 2007 Nr 147, poz. 1033). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20071471033>.
- [10] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 21 grudnia 2009 r. w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (DzU 2009 Nr 224, poz. 1804). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20092241804+2010%2401%2414&min=1>.
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (DzU 2014, poz. 1546). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20140001546>.
- [12] Xiao R, Chen X, Wang F, Yu G. The physicochemical properties of different biomass ashes at different ashing temperature. *Renew Energy.* 2011;36:244-249. DOI:10.1016/j.renene.2010.06.027.
- [13] Kuziemska B, Kalembasa S. Influence of liming and organic fertilization on yield and content of selected heavy metals in the biomass of orchard grass. *Ecol Chem Eng A.* 2010;17;(4-5):423-430. http://tchie.uni.opole.pl/ece_a/A_17_4-5/ECE_A_17%284-5%29.pdf.
- [14] Mazur Z, Radziemska M, Tomaszewska Z, Świątkowski Ł. Effect of sodium chloride salinization on the seed germination of selected vegetable plants. *Sci Rev Eng Env Sci.* 2013;62:444-453. http://iks_pn.sggw.pl/z62/art9.
- [15] Pączka G, Kostecka J. The influence of vermicompost from kitchen waste on the yield-enhancing characteristics of peas *pisum sativum* l. var. *saccharatum* ser. bajka variety. *J Ecol Eng.* 2013;14;(2):49-53. DOI: 10.5604/2081139X.1043183.

- [16] Wójcik P, Dyśko J, Kaniszewski S, Kowalczyk W, Nowak J. Zrównoważone nawożenie roślin ogrodnich. Skierniewice: Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice; 2014. http://iung.pl/dpr/publikacje/Nawozenie_roslin_ogrodnich.pdf.
- [17] Fekri M, Kaveh S. Heavy metal accumulation in soil after application of organic wastes. Arab J Geosci. 2013;6:463-467. DOI: 10.1007/s12517-011-0328-1.
- [18] Szatanik-Kloc A. Wpływ pH i stężenie wybranych metali ciężkich w glebie na ich zawartość w roślinach. Acta Agrophys. 2004;4(1):177-183. <http://www.old.acta-agrophysica.org/pl/polrocznik.html?stan=detail&paper=373&i=20&vol=4&numer=1>.

NATURAL ADHESIVES OF FERTILIZER CUBES AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE PLANT CULTIVATION

¹ Department of Land Protection, University of Opole

² Institute of Environmental Engineering of the Polish Academy of Sciences, Zabrze

³ Institute of Ceramics and Building Materials, Opole

Abstract: Fertilization is one of the most important treatments of modern agriculture. Sustainable plant cultivation that puts new demands for agricultural practice, seeks to minimization of use of mineral fertilizers in the opposite to long-acting organic fertilizers. Especially valuable are those fertilizers which are produced on the farm, due to their high quality and the absence of additional costs associated with the purchase and transport. In particular, we were focused on the organic matter contain in the waste of the food industry or coming from households, no polluted by other types of waste. Such waste can be used to produce fertilizer that could be used even in organic plant cultivation. In this work, the results of studies of binding properties of organic and mineral fertilizer's components manufactured in cubes form have been shown. As natural adhesives, designed to keep the fertilizer in the desired form, and provide nutrients to plants, a collagen, rice starch and gelatine have been used. Leaching test was performed in accordance with PN-Z-15009. Obtained results indicate considerable differences in nutrient and organic matter leaching from the tablets, depending on the binder. There was observed a strong inhibition of the elution of biogens in case of collagen and gelatine binder use. The worst results were obtained for rice starch but even this could be use as fertilizer adhesives in sustainable crop production.

Keywords: adhesives, fertilizer cubes, leaching, sustainable agriculture