

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Adama Kubaczyńskiego pt.:
ROLA BIEWĘGLA W OGRANICZANIU EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z
GLEBY PŁOWEJ

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr Adama Kubaczyńskiego pt.,: ROLA BIEWĘGLA W OGRANICZANIU EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z GLEBY PŁOWEJ wykonana w Instytucie Agrofizyki im. Henryka Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk pod kierownictwem naukowym Promotora: prof. dr hab. Małgorzaty Brzezińskiej oraz Promotora pomocniczego: dr inż. Anny Walkiewicz.

Recenzje wykonałem zgodnie z uchwałą RN IA PAN na prośbę Dyrektora IA PAN prof. dr. hab. Cezarego Sławińskiego zgodnie z pismem RN-431-3/20

Praca składa się z 10 rozdziałów, w tym 4 rozdziałów tekstu zasadniczego 3 rozdziały publikacji doktoranta będących podstawą rozprawy i 3 rozdziałów dokumentacyjnych oraz streszczenie i abstrakt. Praca zawiera w tekście 9 rycin i 6 tabel. Bibliografia obejmuje 243 pozycje, w tym 225 angielskojęzycznych, 15 polskich i 3 internetowe.

2. Problematyka rozprawy

Problematyka rozprawy mieści się w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Szybko rosnąca populacja ludzka wymagająca coraz większych ilości pokarmu do jej wyżywienia i rosnący stopień mechanizacji rolnictwa przyczyniły się do pogorszenia parametrów fizykochemicznych gleb rolniczych i spadek ich agropotencjału, a to z kolei prowadzi do zagrożenia egzystencji ludzkiej. Poszukiwanie sposobów przeciwdziałaniu temu zagrożeniu jest ze wszech miar godnym poparcia. Dlatego wybór problematyki rozprawy należy uznać za bardzo trafny tak z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia.

3. Ocena treści rozprawy.

Zasadnicza treść rozprawy podzielna jest na 4 rozdziały.

1. Wprowadzenie – przegląd literatury.

W pierwszym podrozdziale 1.1. doktorant przedstawia problematykę rozprawy. Wzrost intensywności i wielkości produkcji rolniczej ma dwa aspekty: społeczny i klimatyczny. Zwiększona eksploatacja agropotencjału gleb prowadzi z jednej strony do jego spadku i w efekcie zagrożenia wyżywienia ludzkości, ale z drugiej strony, gleba emitując takie gazy cieplarniane jak NH_4 , CO_2 , czy N_2O przyczynia się do wzrostu niebezpiecznych zmian klimatycznych. Najgroźniejsze zmiany parametrów fizykochemicznych gleby to ubytek materii organicznej, zubożenie mikroflory glebowej i pogorszenie struktury gleby. Doktorant w swej rozprawie analizuje możliwość wykorzystania biologicznych odpadów produkcji rolniczej do przeciwdziałania tym zagrożeniom, poprzez wprowadzenie do gleby biowęgla.

W drugim podrozdziale 1.2. doktorant najpierw omawia znaczenie gazów cieplarnianych szczególną uwagę poświęcając metanowi i dwutlenkowi węgla oraz roli rolnictwa w ich produkcji a roli gleby w utlenianiu metanu. Omawia także znaczenie środowiska glebowego w obiegu gazów cieplarnianych.

W trzecim podrozdziale 1.3. przedstawiony jest problem roli mikroflory glebowej, a szczególnie bakterii metanotroficznych w procesach związanych z produkcją metanu, jego emisji i redukcji. Doktorant omawia znaczenie parametrów fizycznych i chemicznych gleby w tych procesach.

W czwartym podrozdziale 1.4. doktorant przedstawiony jest stan wiedzy na temat roli biowęgla jako dodatku do gleby. Podkreśla szczególnie znaczenie dodatku biowęgla do gleby jako czynnika korzystnie wpływającego na właściwości fizyko-wodne gleby i na kształtowanie środowiska glebowego przyjaznego bytowaniu mikroflory istotnej dla procesów ograniczających emisję metanu z gleby do atmosfery

Tak wyczerpujące przedstawienie problemu było dobrą podstawą sformułowania celu dysertacji i hipotez badawczych przedstawione w następnym, 2 rozdziale rozprawy.

2. Cel i hipotezy badawcze rozprawy

Głównymi celami rozprawy były:

1. Ocena wpływu użytego do produkcji biowęgla substratu na właściwości biowęgla i ich potencjału ograniczania emisji gazów.
2. Ocena wpływu dodatku biowęgla do gleby i czasu jego pozostawiania w glebie na właściwości fizykochemiczne gleb, utlenianie CH₄, emisję CO₂ i ubytek O₂, a także na skład i aktywność mikrobioty gleby, ze szczególnym uwzględnieniem bakterii metanotroficznych.
- 3 Opracowanie wydajnego sposobu otrzymywania biowęgla, posiadającego bardzo dobrą zdolność do samodzielnego pochłaniania metanu z atmosfery, w warunkach ciśnienia atmosferycznego.

Dla osiągnięcia tych celów doktorant sformułował 3 hipotezy badawcze

Według mnie hipotezy badawcze nie są najlepiej sformułowane. Hipoteza P2 to są właściwie dwie niezależne hipotezy, co stwierdza sam doktorant pisząc w drugiej części tej hipotezy: „Postawiono również hipotezę...” Dlatego hipotezę P2 trzeba by podzielić na dwie, a hipotezę P3 trzeba by połączyć z pierwszą częścią hipotezy P2, gdyż różnią się tylko materiałem wyjściowym, o czym doktorant mówi na str. 42, omawiając cele rozprawy. W mojej opinii, hipotezy badawcze powinny być nieco przereklamowane – o szczegółach tych zmian piszę w końcu recenzji w podrozdziale „Uwagi ogólne”

Należy podkreślić że, wybrany temat badawczy należy do priorytetowych problemów naukowych, a osiągnięcie celu będzie miało nie tylko teoretyczne znaczenie, ale przyczyni się do osiągnięcia praktycznych tak lokalnych – ekonomicznych, jak i globalnych związanych ze zmianami klimatycznymi.

3. Omówienie wyników badań

W pierwszych 3 podrozdziałach doktorant omawia wyniki i osiągnięcia przedstawione w publikacjach i patencie będących podstawą rozprawy a następnie wyniki badań uzupełniających.

1. **Publikacja: *New biochars from raspberry and potato stems absorb more methane than wood offcuts and sunflower husk biochars.*** W tej publikacji przedstawione są wyniki badań, które pozwoliły na charakterystykę właściwości fizykochemicznych, określenie szybkości emisji CO₂ oraz potencjału wybranych biowęgli do samodzielnego pochłaniania metanu. Na podstawie wymiany CH₄ i CO₂ między biowęglem i atmosferą oszacowano również GWP badanych biowęgli, wytworzonych w procesie pirolizy z czterech rodzajów odpadowej biomasy roślinnej: zrębków drzewnych, łusek słonecznika, łodyg malin i łodyg ziemniaków. Okazało się, że biowęgle z łodyg malin i ziemniaków wykazały zdecydowanie wyższe możliwości usuwania metanu z atmosfery, niż biowęgle ze zrębków drzewnych oraz łusek słonecznika.
2. **Publikacja: *Biochar dose determines methane uptake and methanotroph abundance in Haplic Luvisol.*** W tej publikacji przedstawiono wyniki badań nad wpływem krótko- i długotrwałego oddziaływania biowęgla ze zrębków drzewnych na właściwości fizykochemiczne i aktywność metanotroficzną oraz mikrobiotę gleby płowej. Wykazano, że wzbogacenie gleby biowęglem przyniosło pozytywne efekty w postaci podwyższenia pH i Eh gleby, zwiększenia zawartości SOC i DOC oraz poprawy zdolności zatrzymywania wody w glebie płowej, przy czym poprawę WHC odnotowano dopiero po pięcioletnim bytowaniu biowęgla w glebie. Przeprowadzone doświadczenia potwierdziły korzystny wpływ biowęgla ze zrębków drzewnych na właściwości fizykochemiczne, zbiorowiska bakterii metanotroficzych oraz aktywność metanotroficzną gleby płowej, a tym samym zasadność wprowadzania biowęgla do gleby w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych z gleby.
3. **Osiągnięcie patentowe P.433435: *Sposób otrzymywania biowęgla z biomasy do pochłaniania metanu oraz jego zastosowanie.*** Przedmiotem niniejszego wynalazku był sposób otrzymywania biowęgla z biomasy, posiadającego dobrą zdolność pochłaniania metanu, a także sposób usuwania metanu z atmosfery z zastosowaniem tego biowęgla. Badania będące podstawą osiągnięcia patentowego rozpatrywały zdolność do usuwania metanu czterech biowęgli, powstałych odpowiednio ze zrębków drzewnych, łusek słonecznika, łodyg malin i łodyg ziemniaków.

Omówienie wyników jest bardzo szczegółowe i świadczy o dużej wiedzy i znacznym doświadczeniu badawczym Doktoranta, ale posiada pewne nieścisłości, które przed ewentualnym kolejnym opublikowaniem należało by usunąć. Są one wyszczególnione w załączonych na końcu recenzji uwaga.

4. **Badania uzupełniające** . Ze względu na rosnącą produkcję nasion słonecznika (50% masy nasion stanowią łuski - w 2021 roku było to 25 mln ton) doktorant wybrał tę roślinę jako materiał do szczegółowych badań nad produkcją biowęgla, tym bardziej dlatego, że dotychczas niewiele jest badań opisujących wpływ biowęgla z łusek słonecznika na środowisko glebowe. Na polstkach doświadczalnych zastosowano szeroki zakres dawek biowęgla z łusek słonecznika w ilościach odpowiadających 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 i 100 Mg ha⁻¹. W badaniach laboratoryjnych doktorant zastosował nowoczesną aparaturę pomiarową a w analizach statystycznych prawidłowe metody obliczeniowe. Metodyka eksperymentu została dokładnie opisana, co uwiarytelnia otrzymane wyniki. Eksperymenty przeprowadzone były na glebach o dwóch poziomach uwilgotnienia 60% i 100% WHC (water holding capacity).

Otrzymane wyniki potwierdzają genetycznie pozytywny wpływ generalnie rosnący wraz z rosnącą wielkością zastosowanej dawki. Poprawie ulegają tak parametry fizykochemiczne gleby jak i skład i obfitość mikroflory. W dyskusji nad wynikami doktorant stwierdza, że Dodatek biowęgla do gleby zwiększa także dostępność azotu dla roślin.

Za bardzo ważne uważam stwierdzenie doktoranta, że dodatek biowęgla z łusek słonecznika do gleby pługowej jest zabiegiem poprawiającym zasobność gleby w węgiel, a co za tym idzie przeciwdziałającym degradacji gleby, zwiększającym aktywność mikrobiologiczną oraz bioróżnorodność ekosystemów.

Bardzo ważnym, tak dla teorii jak i praktyki, jest stwierdzenie, że poprawa odczynu gleby poprzez dodatek biowęgla uzyskanego z łusek słonecznikowych ma kluczowe znaczenie dla wydajności produkcji roślinnej oraz aktywności mikroorganizmów zasiedlających glebę, szczególnie bakterii metanotroficznych, odpowiedzialnych za biologiczne utlenianie metanu.

4. Wnioski.

Wyniki otrzymane w pracy i ich analiza pozwoliły doktorantowi na sformułowanie 7 ważnych wniosków, z których za najważniejsze uważam trzy pierwsze:

1. Substrat wykorzystany do produkcji biowęgla silnie determinował jego parametry fizykochemiczne (P.1). Dokonana charakterystyka biowęgla ze zrębków drzewnych, z łusek słonecznika, z łodyg malin i łodyg ziemniaków (łęcin) wykazała szereg wartościowych i użytecznych w rekultywacji właściwości fizykochemicznych m.in. odczyn zasadowy, znaczne zdolności zatrzymywania wody, wysoką zawartość całkowitego węgla organicznego i rozpuszczonego węgla organicznego.
2. Substrat wykorzystany do produkcji biowęgla silnie wpływał na jego potencjał łagodzenia zmian klimatu w zakresie ograniczania emisji gazów cieplarnianych lub zwiększania ich pochłaniania (P.1). Spośród badanych biowęgla, to właśnie karbonizaty powstałe z łodyg malin i ziemniaków wykazywały kilku-, a nawet kilkudziesięciokrotnie wyższą skuteczność w usuwaniu metanu z atmosfery (1% CH₄ obj.), niż biowęgla wytworzone ze zrębków drzewnych i łusek słonecznika. Ponadto wydajnemu pochłanianiu metanu, prowadzonemu przez nowe biowęgla z łodyg malin i ziemniaków towarzyszyła umiarkowana emisja ditlenku węgla.
3. Wilgotność silnie determinowała zdolność biowęgla do pochłaniania CH₄ (P.1). Metan był usuwany szybciej przez biowęgla inkubowane w wilgotności odpowiadającej 60% WHC. Biowęgiel z łodyg ziemniaków odznaczał się najwyższymi szybkościami pochłaniania metanu w obydwu testowanych wilgotnościach (60% WHC i 100% WHC), pełniąc tym samym rolę wydajnego sorbentu metanu (P.433435) i obniżając swój potencjał w tworzeniu efektu cieplarnianego (net GWP).

Badania, których wyniki przedstawione są w tej rozprawie mają pionierski charakter i stanowią istotny wkład do skarbnicy wiedzy (body of knowledge) odnoszącej się techniki i technologii w rolnictwie i dokładniejszej oceny czynników decydujących o fizykochemicznych właściwościach gleby wielkości strumieni gazów cieplarnianych płynących z powierzchni planety do atmosfery. Badania takie są bardzo

ważne i potrzebne w świetle narastającego zagrożenia dla cywilizacji ludzkiej jakim jest zagrożenie głodem w wielu regionach świata, ale także zagrożenie globalnym ociepleniem.

Jednak pomimo wysokiej oceny rozprawy tak z punktu widzenia celowości badań, doboru materiałów czy metodologii, są pewne elementy, które należało by poprawić. Poniżej podaję uwagi ogólne, które należało by rozważyć, jak i uwagi szczegółowe, które w większości należało by uwzględnić.

5. Uwagi ogólne

1. Wydaje mi się, że cały podrozdział 1.31. można albo usunąć albo mocno zredukować. W obecnej formie zawiera zbyt dużo wiadomości podręcznikowych, niepotrzebnych do osiągnięcia i zrozumienia celu rozprawy.
2. Str. 41. Hipotezy badawcze są nieco niefortunnie sformułowane. Hipoteza P2 to są właściwie dwie niezależne hipotezy, co stwierdza sam doktorant pisząc w drugiej części tej hipotezy: „Postawiono również hipotezę....” Dlatego hipotezę P2 trzeba podzielić na dwie, a hipotezę P3 trzeba połączyć z pierwszą częścią hipotezy P2, gdyż różnią się tylko materiałem wyjściowym, o czym doktorant mówi na str. 42, omawiając cele rozprawy. Dlatego hipotezy badawcze powinny brzmieć tak:

H1: Biowęgle produkowane z nowych, niestosowanych do tej pory surowców, mianowicie łądyg malin i ziemniaków mogą wykazywać potencjał do efektywnego usuwania metanu z atmosfery. Ponadto proces ten jest zależny od wilgotności materiału, ponieważ wysoka wilgotność biowęgla może utrudniać dyfuzję gazów.

H2: Biowęgiel ze zrębków drzewnych oraz łusek słonecznika może poprawić właściwości fizykochemiczne gleb, prowadząc do zwiększenia liczebności i bioróżnorodności zbiorowisk (dopisać czego, chyba mikrofauny) metanotroficznej w glebie płowej, a tym samym pozytywnie wpłynąć na szybkość utleniania metanu i aktywność metanotroficzną gleby.

Jednocześnie podwyższonej aktywności metanotroficznej gleby towarzyszy wzrost emisji CO₂.

H3. Wpływ biowęgla na utlenianie metanu, emisje CO₂ i strukturę mikrobioty glebowej jest ujemnie skorelowany z czasem bytowania biowęgla w glebie oraz dodatnio skorelowany z jego dawką, z uwagi na różnice zawartości biowęgla w glebie, będącego miejscem intensywnie zasiedlanym przez mikroorganizmy glebowe.

3. Rozdział Wyniki. Właściwie jest to dobry opis wyników, ale brak w nim nieco szerszej analizy.

6. Uwagi szczegółowe

Str.5. Streszczenie. Pierwsze zdanie. Gwałtowny wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze ziemskiej zaczął się właściwie po II wojnie światowej.

Str.11 do 13. Symbole. Brak jednostek (tam gdzie dane wielkości posiadają jednostki (jeżeli są to wielkości bezwymiarowe to piszemy znak [1] lub [%] lub [cm³/cm³] lub [kg/kg]. Np. WHC [1]) lub WHC [%] bo WHC = masa wody w próbce / masa wilgotnej próbki).

Str.16. w.11 od dołu. Co doktorant rozumie pod pojęciem „niezrównoważona produkcja roślinna”

Str.16. w.5 od dołu. Chyba trzeba napisać: populacja ludzka a nie tylko populacja

Str.18. w.8 od góry. Czy to jest skrót w języku angielskim, czy polskim? Bo takiego skrótu w spisie nie ma.

Str.18 w. 15-19 od dołu. Z metanem pochodzenia rolniczego można by sobie ostatecznie poradzić, jak jednak poradzić sobie z metanem z klastrów metanowych na dnie oceanów i z metanem z kominów termicznych w wiecznej zmarzlinie.

Str.18 w. 10-13 od dołu. Tutaj należało by dodać, że chodzi o ozon w troposferze, a ściślej w warstwie przy powierzchni troposfery. Natomiast ubytek ozonu z ozonosfery jest tragiczny dla żywych organizmów.

Str.19. w.10-12 od góry. Jaką wysokość autor uważa za górną część troposfery. Jeżeli temperatura na powierzchni ziemi wynosi 14 stopni (ja wiem, że 15) i średni pionowy gradient temperatury powietrza wynosi 2/3 stopnia, to - 15 stopni będzie na wysokości $(30/(2/3) * 100 =) 4500\text{m}$. T nie jest górna część troposfery, która nawet na biegunie wynosi 2 razy tyle. Na granicy troposfery temperatura wynosi -55 stopni.

Str.21. w. 8 od dołu. Długość fali promieniowania krótkofalowego (ultrafiolet) jest mniejsza od 400 nm, czyli 0,4 mikrometra.

Str.21. w. 4 od dołu. Długość fali promieniowania długofalowego (podczerwień) jest większa od 0,7(0,75) mikrometra. CO₂ pochłania w zakresie 2,3 do 3,0, od 4,2 do 4,4 i od 12,5 do 16,5 mikrometra.

Str.23. w. 6-9. Zdanie niezręczne ze względu na składnię. Chyba miało być "będzie miał dominujący wpływ...".

Str.23. w. 9-11. Zdanie: „Mnogość czynników, które mają wpływ na bilans gazów cieplarnianych

sprawia, że by określenie charakteru danej gleby wymaga indywidualnych badań wykonanych na konkretnym obszarze występowania tej gleby.” - ma raczej błędną składnię.

Str.23. Ryc. 1. W środku ryciny raczej powinno być napisane „gleba”, bo czynniki są wymienione wokół i są wskazane w podpisie.

Str. 25. Mam wrażenie że cały drugi od dołu akapit można pominąć.

Str.27. w. 12 od góry. Zamienić „szerokiej palety” na „szerokiego zakresu”.

Str.34. w.15-19. Piroliza proces uzyskania biowęgla. Ale czy do tego nie potrzeba energii? Jak jest ona uzyskiwana z nośników zawierających węgiel, to jaki jest bilans ograniczenia emisji CO₂? W procesie pirolizy też wytwarzany jest dwutlenek węgla.

Str.35. w. 14-15. Siarka to nie jest pierwiastek lotny.

Str.43. w.10 od góry. Zamienić „..Wciąż poszukiwane surowce...” na „Wciąż poszukiwane są surowce...”.

Str.44.w. 8 od dołu. Symbol Eh nie jest ujęty w spisie symboli.

Str.47. w.11-12. A czy mogło być inaczej. Przecież aktywność metanotroficzna jest wynikiem aktywności bakterii metanotrowicznych.

Str.50. w.16 od góry. Symbol C jest niepotrzebny.

Str.51. w. 15 od dołu. Zamienić „...za zwyczaj... na „zazwyczaj”

Str. 51. W. 1-4 od dołu. Mało pozytywna opinia o biowęgla z łusek słonecznika, ale na str.6 w wierszu 14 – 17 jest opinia raczej pozytywna.

Str.54. w. 9. Od góry, zmienić "...przy analizie wagowej na "metodą wagową"

Str.58. Tabela 3. Co oznaczają poszczególne litery?

Str.59. Ta sama uwaga co do Tab.3, poza tym za mała czcionka

Str.60. w.8 od dołu. Tutaj trzeba powołać się na Tabelę 4.

Str.66. w. 11 od dołu. Dobrze było by podać stronę, na której jest ta Tabela.

Str. 66. W. 9-11 od dołu. To stwierdzenie jest wątpliwe. Brak powołania się na jakieś liczby, tabele.

Str.67. w. 10-11 od góry. Tutaj jest potrzebny komentarz.

7. Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, że Doktorant wykazał się szeroką wiedzą na podejmowany temat, który dotyczy jednego z problemów w skali globalnej. Na podkreślenie zasługuje także bardzo dobra znajomość światowej literatury. Praca dotyczy ważnego tak z punktu widzenia teorii jak i praktyki rolniczej zagadnienia. Z merytorycznego punktu widzenia praca charakteryzuje się wysokim poziomem naukowym, rzetelnością, wnikliwością i ma istotne znaczenie tak dla nauki jak i praktyki. Praca w pełni odpowiada wymogom rozprawy doktorskiej.

Uwagi krytyczne, które podałem w recenzji są przeważnie łatwe do skorygowania i nie wpływają znacząco na ogólną pozytywną ocenę pracy. Autor wykazał dojrzałość naukową na wszystkich etapach pracy, dużą pomysłowość na etapie konstruowania doświadczeń oraz analizy otrzymanych wyników. Na pozytywną ocenę zasługuje również fakt bardzo rozbudowanego zbioru własnych danych pomiarowych co pozwoliło zrealizować postawiony cel pracy.

Reasumując powyższe stwierdzenia, wnioskuję o dopuszczenie rozprawy mgr Adama Kubaczyńskiego pt.: ROLA BIEWĘGLA W OGRANICZANIU EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z GLEBY PŁOWEJ do publicznej obrony, ponieważ w moim przekonaniu spełnia ona wszelkie wymogi Ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.



Prof. dr hab. Janusz Olejnik