

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Ewa Papierowska

Ocena zgodności metod określania hydrofobowości gleb

Assessment of compatibility of methods used for determination of soil
hydrophobicity

Praca doktorska
Doctoral thesis

Praca wykonana pod kierunkiem
prof. dr. hab. inż. Edwarda Pierzgałskiego
dr. inż. Jana Szatyłowicza
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzenci
prof. dr hab. inż. Jolanta Komisarek
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
dr hab. Andrzej Bieganski, prof. IA PAN
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego
Polskiej Akademii Nauk

Warszawa, 2015 r.

Streszczenie

Ocena zgodności metod określania hydrofobowości gleb

Celem pracy była ocena zgodności metod określania hydrofobowości wybranych gleb organicznych i mineralno-organicznych. Zakres pracy obejmował przegląd literatury, badania laboratoryjne oraz analizę zgodności metod określania hydrofobowości gleb. W przeglądzie literatury przedstawiono definicje pojęcia „kąta zwilżania” oraz scharakteryzowano metody określania zwilżalności gleb, ze szczególnym uwzględnieniem metod pomiaru kąta zwilżania fazy stałej gleby.

W ramach prac laboratoryjnych badano hydrofobowość utworów hydrogenicznych i autogenicznych czterema metodami: oznaczając wartość kąta zwilżania pomiędzy wodą, a fazą stałą gleby (2 metody) oraz za pomocą testu czasu wsiąkania kropli wody i testu procentowości alkoholu etylowego. Pomiarzy kąta zwilżania wykonano metodą „leżącej kropli”, polegającą na obserwacji kształtu kropli wody, wykorzystując goniometr optyczny CAM 100 oraz metodą płytki Wilhelmy’ego przy użyciu zestawu pomiarowego DCAT 11. Dodatkowo wykonano test czasu wsiąkania kropli wody oraz test procentowości alkoholu przy wykorzystaniu wodnych roztworów etanolu o określonych stężeniach. Dla badanych utworów dysponowano następującymi właściwościami chemicznymi, oznaczonymi standardowymi metodami: zawartość węgla organicznego, zawartość azotu ogólnego oraz pH mierzone w H₂O.

Zakresem badań objęto 106 próbek utworów glebowych pochodzących z 41 profili glebowych z trzech województw: mazowieckiego, podlaskiego oraz warmińsko-mazurskiego. Wśród badanych próbek glebowych 87 należało do działu gleb hydrogenicznych, a 19 do utworów autogenicznych. W glebach hydrogenicznych wyodrębniono 5 następujących grup: gytie (18 próbek), muły (11), mursze (26), piaski próchniczne (6) oraz torfy (26 próbek). Do badań wykorzystano powietrznie suche próbki glebowe.

W celu porównania metod oceny hydrofobowości badanych próbek glebowych zaproponowano wykorzystanie regresji liniowych i nieliniowych oraz zastosowanie modelu oszacowania stopnia zgodności między ekspertami oceniającymi te same obiekty (ang. agreement between observers). W modelu przyjęto podział hydrofobowości utworów glebowych na 5 kategorii według metody testu czasu wsiąkania kropli wody, co było podstawą do obliczenia ważonych współczynników kappa, które przyjęto za miarę zgodności metod oceny hydrofobowości gleb. Ponadto określono wpływ właściwości chemicznych tj. zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego oraz pH gleby na hydrofobowość badanych utworów.

Przeprowadzona analiza wykazała, że zgodność metod pomiaru kąta zwilżania jest duża, pomimo uzyskania różnych wartości kąta zwilżania. Stwierdzono także wysoką zgodność między testem czasu wsiąkania kropli wody, a testem procentowości alkoholu. Wyniki zgodności zostały przedstawione na wykresach Bangdiwala. Badania wykazały również, że na hydrofobowość utworów glebowych duży wpływ ma zawartość i rodzaj substancji organicznej. Uzyskano dobre korelacje między hydrofobowością, a zawartością węgla organicznego i azotu ogólnego oraz słabe z odczynem gleb (pH) i stosunkiem zawartości węgla do azotu.

Słowa kluczowe: hydrofobowość gleb, kąt zwilżania, test czasu wsiąkania kropli wody, gleby hydrogeniczne i autogeniczne, model zgodności między metodami

Abstract

Assessment of compatibility of methods used for determination of soil hydrophobicity

The objective of the study was to assess the compatibility between methods used to determine the hydrophobicity of selected organic and mineral-organic soils. The thesis presents a literature review of the definitions of the contact angle between liquid and soil solid phase and also the methods utilized to assess the soils wettability with particular emphasis on methods to measure the contact angle.

Hydrophobicity was estimated using four different methods i.e. on the basis of wetting contact angle measurements between water and solid phase of soils (2 methods), the water drop penetration time and alcohol percentage tests. The value of the contact angle was measured using the sessile drop method with optical goniometer CAM 100 and the Wilhelmy plate method using DCAT 11 equipment.

In addition, the water drop penetration time was measured as well as the alcohol percentage test, using the prepared various concentrations of aqueous ethanol solutions. The following chemical properties of soils were analyzed: soil organic carbon content, total nitrogen content and soil pH measured in water.

The two groups of soil materials were examined: hydrogenic (87 soil samples) and autogenic soils (19 soil samples) collected from 41 soil profiles located in the north-eastern Poland. The following five hydrogenic soils types were examined: gytija (18 samples), mud (11), moorsh (26), humus sands (6) and peat soils (26 samples). In the study air-dry soil samples were used.

In order to compare the methods used for assessment of soil hydrophobicity, linear and nonlinear regression were analyzed and also the agreement between observers model was applied. In this model five categories of soil hydrophobicity were proposed according to the class used in the soil hydrophobicity classification based on the water drop penetration time test. Based on this classification the values of the weighted kappa coefficients were calculated for evaluation of relationships between analyzed method. In addition, the influence of the soil chemical properties on the soil hydrophobicity was examined.

The performed analysis showed that, the agreement between considered methods of the contact angle measurements shows strong relationships although a different value of the contact angle were measured. There was also a high agreement between the water drop penetration time test and the alcohol percentage test. The results of agreement were presented in forms of Bangdiwala agreement charts.

Results of this studies indicated that the soil hydrophobicity is significantly correlated with the organic matter, organic carbon and total nitrogen content and weakly correlated with the pH and the ratio of carbon to nitrogen.

Key words: soil hydrophobicity, contact angle, hydrogenic and autogenic soils, agreement between observers model, water drop penetration time

Résumé

Évaluation de la compatibilité entre les méthodes pour déterminer le caractère hydrophobe du sol

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la compatibilité entre les méthodes de détermination du caractère hydrophobe du sol. La thèse passe en revue la littérature concernant la définition de l'angle de contact et les différentes méthodes disponibles pour apprécier la mouillabilité des sols en se concentrant particulièrement sur les méthodes pour mesurer l'angle de contact de la phase solide du sol.

Quatre méthodes ont été utilisées pour estimer le degré d'hydrophobie en utilisant la mesure de l'angle de contact entre phase solide et liquide du sol (2 méthodes) et les tests de mouillabilité par le test du temps de pénétration d'une goutte d'eau (WDPT – water drop penetration time) et le test de la molarité de la goutte d'éthanol (MED – molarity of ethanol droplet). La mesure directe de l'angle de contact par la méthode de la goutte posée fut réalisé à l'aide d'un goniomètre optique CAM 100 et par la méthode de Wilhelmy avec l'équipement DCAT 11. Par ailleurs, les tests du temps de pénétration d'une goutte d'eau et de la molarité de la goutte d'éthanol ont été réalisés avec des solutions d'éthanol de différentes concentrations. Les propriétés chimiques suivantes des sols ont été analysées: teneur en carbone organique, teneur en azote total et pH du sol mesuré dans l'eau.

Deux groupes de sols ont été étudiés. Des sols hydrogéniques (87 échantillons) et des sols autogéniques (19 échantillons) venant de 41 profils localisés au Nord-Est de la Pologne. Cinq types des sols hydrogéniques ont été examinés: des gyttjas (18 échantillons), des boues (11 échantillons), des Terres noires ou *moorsh* (26 échantillons), des humus sableux (6 échantillons) et des tourbes (26 échantillons). Tous les échantillons ont été séchés à l'air libre.

Les méthodes ont été comparées par régression linéaire et non linéaire et par l'application du modèle de l'accord inter-observateur (ang. agreement between observers). Le modèle repose sur une division des sols hydrophobes en 5 catégories selon les temps de pénétration d'une goutte d'eau qui est la base du calcul des coefficients de kappa pondérés. En outre, l'influence des propriétés chimiques comme la teneur en carbone organique, azote total et pH ont été évaluées.

L'analyse a montré une grande concordance des méthodes de mesure de l'angle de contact malgré l'obtention de valeurs différentes pour la mesure de l'angle. Il existe un bon accord entre le test du temps de pénétration d'une goutte d'eau et le test de la molarité de la goutte d'éthanol. Les résultats de conformité ont été présentés sous la forme de graphes de Bangdiwala. Cette étude a également démontrée que les sols hydrophobes sont influencés par la teneur et le type de matière organique. Il existe aussi une corrélation importante entre hydrophobie et teneur en carbone organique et azote total mais aussi une faible corrélation entre hydrophobie et pH du sol et le rapport du carbone sur l'azote.

Mots-clés: hydrophobie du sol, angle de contact, sol hydrogénique et autogénique, modèle de l'accord inter-observateur, test du temps de pénétration d'une goutte d'eau