

METODYCZNE I TECHNICZNE ASPEKTY LABORATORYJNEGO BADANIA CZUJNIKA DO DYNAMICZNEGO POMIARU WILGOTNOŚCI GLEBY

Leszek Piechnik

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. W pracy o charakterze metodycznym opisano wpływ modernizacji aparatury badawczej i parametryzacji procesu badań na jakość laboratoryjnych badań czujnika do dynamicznego pomiaru wilgotności gleby. Ukazuje ona sposób i zakres parametryzacji cech gleby, aparatury oraz procedur metodyki. Umożliwiło to wprowadzenie systemu informatycznego i archiwizację warunków i wyników badań. W rezultacie podczas ciągłych pomiarów otrzymano poprawę stabilności cech glebowych i uzyskano lepszą powtarzalność wyników.

Słowa kluczowe: gleba, czujnik, pomiar wilgotności, parametryzacja

Wstęp

Poszukiwanie nowych technik i technologii dynamicznego pomiaru wilgotności gleby wymaga ciągłego doskonalenia metod badawczych i wytwarzanej aparatury [Viscarra Rosset i in. 2010; Kleisinger i in. 2001; Weerasinghe i in. 2008; Wojciechowski, Piechnik 2010]. W warunkach krajowych podczas badań nad dynamicznym pomiarem wilgotności gleby napotyka się na trudności już na etapie badań laboratoryjnych. Wynika to z tego, że brak na rynku standaryzowanej specjalistycznej aparatury badawczej. Jednym z podstawowych sprzętów wyposażenia stanowiska badawczego jest obrotowy kanał glebowy OKG wraz z aparaturą pomiarową i rejestrującą. Zaletą obrotowego kanału jest to, iż umożliwia on ciągły pomiar na długich odcinkach drogi. W ośrodkach naukowych buduje się takie urządzenia we własnym zakresie. Jednym z takich przykładów jest konstrukcja OKG, w której są wykonywane badania w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP w Poznaniu [Piechnik 2003]. Podczas badań w OKG wielokrotnie powtarzane pomiary w tej samej glebie mogą przyczynić się do zakłócenia otrzymanych wyników. Przyczyny tych zakłóceń mogą być różne. Mogą one pochodzić od zmian w glebie lub innych cech technicznych i użytkowych pozostałych elementów stanowiska badawczego. Uwzględniając dotychczas zdobyte doświadczenie w obszarze laboratoryjnego badania czujników w obrotowym kanale glebowym podjęto próbę poznania i wyeliminowania tych przypadkowo występujących niedogodności. Zatem celem pracy było uzyskanie poprawy stabilności założonych właściwości gleby i w efekcie otrzymanie lepszej powtarzalności pomiaru wilgotności gleby. Osiągnięcie tak postawionego celu wymagało wykonania modernizacji technicznej obrotowego kanału, parametryzacji gleby i elementów procedur metodycznych oraz wprowadzenia informatycznej obsługi procesu badań.

Metodyka

Modernizacja techniczna obrotowego kanału glebowego polegała na przeprojektowaniu i wytworzeniu nowej wzmocnionej ramy mocującej, do której są montowane zespoły robocze oraz przebudowie zespołów: dogęszczającego, spulchniająco-mieszającego oraz zespołu mocowania sondy. Modernizacja zespołu dogęszczającego polegała na wmontowaniu elektronicznej wagi w układ zawieszenia wózka dogęszczającego. W zespole spulchniającym dokonano przebudowy tak, aby umożliwić regulację głębokości pracy poszczególnych elementów roboczych względem powierzchni gleby w kanale. Zaprojektowano i wykonano nowy zespół mieszający.

Z metodycznego punktu widzenia ważnym etapem była parametryzacja procesu badań. Zatem istotne w laboratoryjnych badaniach czujnika odbiciowego cechy objęto segmentacją i przydzielono im identyfikatory literowe i literowo-cyfrowe. W efekcie utworzono trzy segmenty, które obejmują parametry: gleby (S1), techniczne i użytkowe stanowiska oraz aparatury (S2), a także systemu informatycznego i procedur metodycznych (S3).

W segmencie parametry gleby (S1) zawarto parametryzację ogólną gleboznawczą tego gatunku gleby (P_G) oraz szczegółową badawczą (P_S). W przypadku badań optoelektronicznego czujnika do warstwowego pomiaru wilgotności gleby ogólna parametryzacja gleboznawcza użytej do badań gleby dotyczy: składu granulometrycznego (S_G), zawartości materii organicznej (M_{ORG}), odczynu gleby (pH), kapilarnej pojemności wodnej (KPW), barwy gleby w stanie powietrznie suchym (B_{PS}) i przy kapilarnej pojemności wodnej (B_{KPW}). Natomiast parametryzacja szczegółowa badawcza zawiera wyniki statycznej kalibracji czujnika względem badanej gleby dla wszystkich poziomów wilgotności ($KS_{MP\ W\ 4,1}$) oraz wyniki dynamicznej kalibracji czujnika w ruchu dla wybranych poziomów z zakresu aktualnych wilgotności agrotechnicznych (uprawowych), które są kodowane za pomocą dużych liter KD, a zatem ($KD_{W\ 4,1\ V}$). Kalibracja statyczna ($KS_{MP\ W\ 4,1}$) jest wykonywana w małych próbkach gleby (MP) o masie 0,5 kg - rozpoczynając od gleby powietrznie suchej a kończąc na glebie o wilgotności odpowiadającej kapilarnej pojemności wodnej (KPW). Kalibracja dynamiczna (KD) wykonywana jest w OKG na dużych próbach glebowych (DP) przy określonej wilgotności np. 14% (KD_{W14}) i dla wyznaczonych prędkości ruchu gleby względem czujnika (V) np. $1,2\ m\cdot s^{-1}$ ($KD_{W14\ V\ 1,2}$). W przypadku gdy kalibracja dotyczy gleby, która użyta jest do badań czujnika to symbolikę rozpoczyna kod gatunku gleby, kod kalibracji przechodzi do dolnego indeksu i wówczas np. gleba oznaczona literą C posiada następujący kod kalibracji czujnika ($C_{KD\ W14\ V\ 1,2}$).

Metodyczne zasady przygotowania prób glebowych, ich kodowanie i parametryzacja, zaczynają się podczas pozyskania gleby w terenie. Do badań czujnika w OKG gleba jest pobierana z poziomu ornego, jako próba mieszana w trzech powtórzeniach, każda o masie ok. 200 kg. Następnie jest suszona w warunkach naturalnych do stanu powietrznie suchego. W ten sposób przygotowany jest wyjściowy materiał glebowy, z którego później wydziela się duże próby glebowe (DP) o masie 120 kg do kalibracji dynamicznej i dalszych badań w obrotowym kanale glebowym oraz małe próbki (MP) o masie 0,5 kg do kalibracji statycznej (KS) czujnika oraz do badań ogólnych gleboznawczych. Poszczególne gatunki gleb otrzymują oznaczenia w formie dużej litery (A, B, C, D) a w ramach danego gatunku trzy kolejne duże próby (powtórzenia) otrzymują w dolnym indeksie kolejne cyfry np. (B_{DP1} , B_{DP2} , B_{DP3}). Kolejne oznaczenie, które dotyczy formuły kalibracji tej gleby wzglę-

dem czujnika jest zapisane w dolnym indeksie przy pomocy dużej litery F i numeru np. ($B_{DP2 FL1}$). Każda duża próba użyta do badań posiada określoną wilgotność, którą koduje kolejny indeks dolny zbudowany z dużej litery "W" oraz liczbowej wartości wilgotności np. ($B_{DP2 FL1 W 12,5\%}$). Przy kalibracji dynamicznej pomijamy KD gdyż realizowana jest wyłącznie na dużych próbach glebowych. W ten sposób w systemie informatycznym powstaje możliwość archiwizacji parametrów użytej w badaniach gleby i gromadzenia wyników badań dotyczących pracy czujnika.

W drugim segmencie (S2) zestawiono parametry techniczne i użytkowe stanowiska oraz aparatury. Spośród cech technicznych charakterystycznymi wielkościami są wymiary rynny na glebę: szerokość (B_K), długość (L_K) i głębokość (H_K) w OKG oraz całkowita grubość warstwy gleby (H_G) po wyrównaniu i zagęszczeniu. W rezultacie otrzymujemy objętość gleby użytej do badań (OB_G). Kolejnymi parametrami są: głębokość pracy czujnika (H_{CZ}), głębokość spulchniania (H_S), głębokość mieszania (H_M) i odwracania gleby w rynnie (H_{ODW}). Ponadto odnotowana jest masa docisku wózka zagęszczającego, np. masa 9 kg ($M_{Z 9}$) wybrana z zakresu od minimalnej (M_{Zmin}) do maksymalnej wartości (M_{Zmax}), zapewniająca wymagane zagęszczenie gleby. Parametryzacje prędkości liniowej przemieszczanej gleby podczas dynamicznej kalibracji czujnika podano wcześniej.

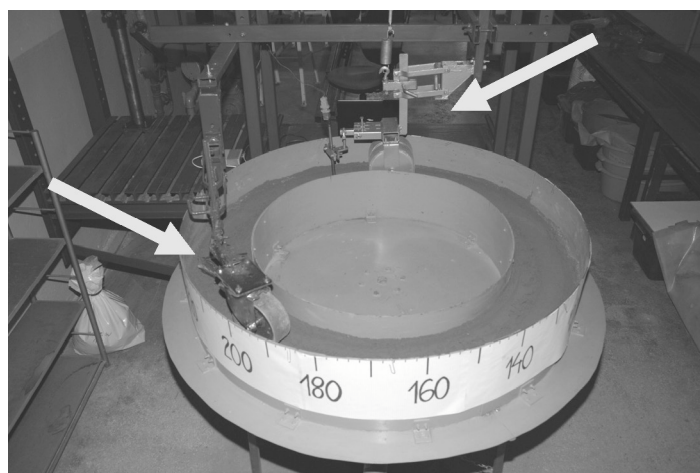
Segment dotyczący systemu informatycznego i procedur metodycznych (S3) podobnie jak poprzednie segmenty, został sparametryzowany i zapisywany za pomocą podobnej symboliki. Po uruchomieniu systemu na wejściu regulowana jest częstotliwość zapisu danych (T_Z). Podczas badań, po uruchomieniu aparatury, w systemie informatycznym, tworzone są bazy danych gdzie pierwsza z nich gromadzi wielkości sygnału otrzymywane z czujnika, które są przetwarzane na impuls elektryczny i wyrażone w woltach (V_S). W następnej bazie są zbierane obliczone wartości wilgotności gleby wyrażone w procentach (W_O). Zapisywane w bazach wielkości mają przyporządkowaną: liczbę porządkową (Nr), datę, godzinę rejestracji (T_R) i drogę (L_t). Kolejne części tych baz są zamykane (małe litery). Dla nich obliczane są średnie wartości i oznaczane kolejnym numerem serii pomiarowej (S_{P1-N}).

Opis laboratoryjnego stanowiska badawczego

Główna część laboratoryjnego stanowiska badawczego to obrotowy kanał glebowy OKG. Składa się on z podstawy w kształcie ramy, tarczy z rynną glebową, układu napędowego, silnika elektrycznego z motoreduktorem, ramy górnej narzędziowej, zespołu dogęszczającego i spulchniająco-mieszającego oraz zespołu mocowania sondy. Ponadto w skład wyposażenia wchodzi sonda z czujnikiem, układ elektroniczny przetwarzania sygnału, układ zasilania czujnika (12V), rejestrator i oprogramowanie.

Na ramie podstawy zamocowana jest obrotowo tarcza z rynną glebową (rys. 1). Tarcza z rynną otrzymuje napęd obrotowy przez przekładnię kątową, wałek teleskopowo-przegubowy, stopniową skrzynię przekładniową i przekładnię pasową od silnika elektrycznego z motoreduktorem. Silnik zasilany jest prądem przemiennym 380V. Górna rama utrzymuje nad rynną zestaw dogęszczający i zestaw spulchniająco-mieszający, które są

widoczne na rysunku 1. Podczas badań rynna z glebą porusza się z wybraną prędkością. Wówczas po glebie toczą się kółka zestawu dogęszczającego i sonda z czujnikiem, a za tym zespołem w odległości ok. 0,9 m zestaw spulchniający, który również odwraca i miesza glebę. Parametry warunków badań i wyniki pomiarów zbiera system informatyczny wyposażony w specjalny program komputerowy.



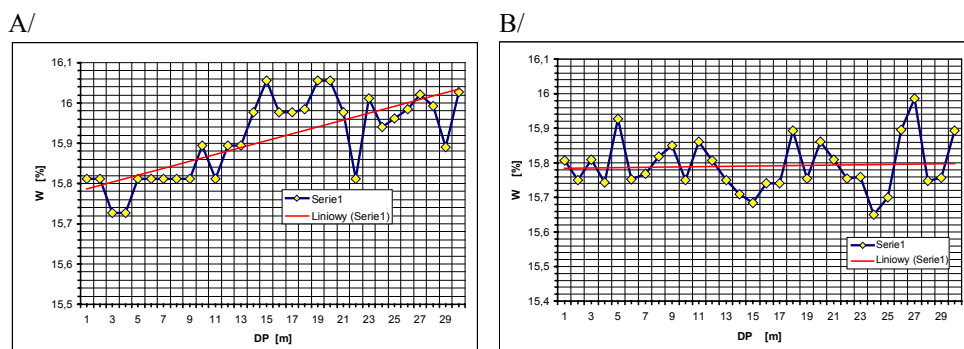
Rys. 1. Widok tarczy z rynną glebową oraz zespołem dogęszczającym i spulchniająco-mieszającym
Fig. 1. A view on a disc with a soil flume and a densing and aerating-mixing unit

Wyniki

Wykonana modernizacja obrotowego kanału glebowego polegała na wprowadzeniu dokładnej regulacji dociążenia lub odciążenia wózka zespołu dogęszczającego i sparametryzowanie tej cechy (M_z). Umożliwiło to kontrolę jej podczas badań i zapis. Dociążenie lub odciążenie zespołu ugniatającego glebę reguluje się wraz ze zmianą prędkości obrotowej kanału, zmianą wilgotności gleby, różnic w składzie granulometrycznym gleby, zawartości materii organicznej itp. Uogólniając można stwierdzić, że wprowadzona po modernizacji liczbowa charakterystyka dogęszczania gleby (M_z) przyczyniła się znacznie do lepszej stabilności otrzymywanych wyników. Przykład poprawy stabilności pomiarowej można zauważyć na rysunku 2B w stosunku do wyników pokazanych na rysunku 2A, które zarejestrowano w niektórych przypadkach przed modernizacją stanowiska. Linia trendu pokazuje stopniowy wzrost wartości i powoduje zawyżanie średniej wartości z całej serii pomiarowej.

Trzeba tu jednak dodać że modernizacja dotyczyła również zespołu spulchniającego. W tym przypadku zaprojektowano regulację kopiującą i dołożono element mieszający i odwracający glebę. Na tym etapie badań nie udało się uzyskać odpowiedzi, który z modernizowanych elementów ma większy wpływ na stabilizację pomiarów wilgotności. Okre-

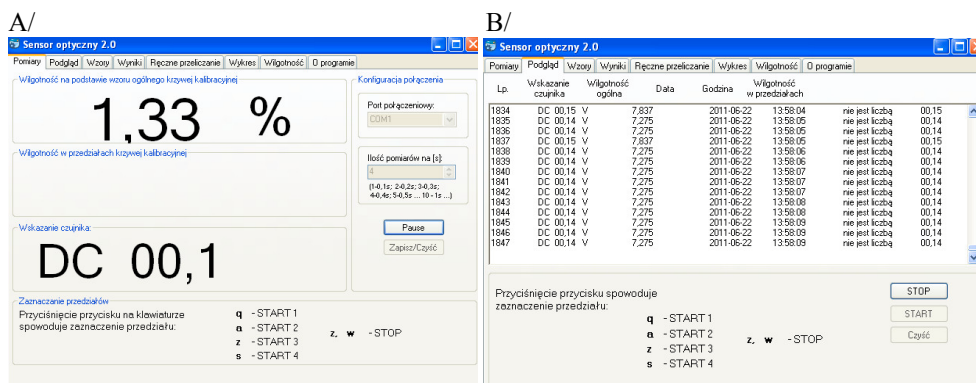
ślenie tego wpływu wymaga dalszych badań. Wiadomo jednak to, że uzyskano dobrą stabilizację cech materiału glebowego podczas długotrwałych badań w obrotowym kanale glebowym.



Rys. 2. A - Przykład zniekształcenia wyników pomiaru wilgotności gleby (W) w funkcji długości drogi (DP) – przed modernizacją stanowiska; B – Uzyskano stabilizację wyników – po modernizacji stanowiska

Fig. 2. A – An example of soil moisture measurement results (W) distortion in the function of the length of route (DP) – before the modernization of the unit; B – A stability of results was obtained – after the modernization of the stand

Kolejnym celem pracy była parametryzacja i informatyzacja procesu badań czujnika do dynamicznego pomiaru wilgotności gleby w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem OKG. Sama parametryzacja sprawiła, że kody i przypisane im wartości umożliwiają archiwizację obszernego materiału badawczego. Dla wybranej gleby np. oznaczonej literą B są przyporządkowane pozostałe cechy. Na przykład kod $B_{KD} w 7 v 1,4$ informuje nas, że do badań użyto gleby B, dla niej dokonano kalibracji dynamicznej czujnika, przy wilgotności gleby 7% i przy prędkości przemieszczania się gleby względem czujnika $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jest to głównie potrzebne po to aby raz wykonana kalibracja statyczna i dynamiczna danej gleby wraz z pozostałymi cechami znajdowała się w bazie wiedzy i była dostępna gdy przyjdzie nam wykonywać pomiary na takiej glebie w terenie. Raz zrobione kalibracje są gromadzone w systemie informatycznym, a ich formuły matematyczne są potrzebne w programie komputerowym zarządzającym czujnikiem na danej glebie. Roboczą formę takiego oprogramowania obecnie już utworzono i pracuje w warunkach laboratoryjnych. Na kolejnej rysunku 3 pokazano fotografie ekranu komputera z testowanym systemem informatycznym. Program składa się z 8 części - zakładki odpowiednio o nazwach: Pomiary, Podgląd, Wzory, Wyniki, Ręczne przeliczanie, Wykres, Wilgotność i O programie. Zapewnia on: zarządzanie pomiarami w trakcie badań, rejestrację wyników i przeliczanie wartości według formuł kalibracyjnych.



Rys. 3. Zrzuty ekranu pokazujące elementy budowy programu komputerowego do obsługi badań laboratoryjnych: A – zakładka ”Pomiary” pokazuje aktualnie wykonywane pomiary i przeliczoną wartość wilgotności; B – zakładka ”Podgląd” zawiera bazę z wynikami

Fig. 3. Printscreens showing elements of the laboratory research software interface: A – bookmark “Measurements” shows current results and counted moisture value; B – bookmark “View” showing results database

Utworzone bazy danych i bazy wiedzy z wykonanych badań laboratoryjnych będą przydatne w przyszłych badaniach terenowych czujnika w podobnych warunkach glebowych. Po wprowadzeniu odpowiedniej symboliki i ukończonych testach program komputerowy zostanie oddzielnie opublikowany.

Podsumowanie

Modernizacja obrotowego kanału glebowego OKG pozwoliła na wyeliminowanie przypadkowych zmian cech glebowych podczas ciągłych badań czujnika do pomiaru wilgotności gleby w warunkach laboratoryjnych.

Parametryzacja cech glebowych, wyników badań i zbudowany system oznaczeń umożliwiły: transparentność badań, wyeliminowanie pomyłek, tworzenie bazy danych i bazy wiedzy oraz archiwizację kalibracji czujnika dla danej gleby.

Informatyzacja procesu badawczego umożliwiła zarządzanie pomiarami w trakcie badań, rejestrację wyników, przeliczanie wartości według formuł kalibracyjnych. Ponadto zbudowane bazy danych i baz wiedzy z wykonanych badań laboratoryjnych będą później przydatne do badań terenowych czujnika w podobnych warunkach glebowych.

Bibliografia

- Kleisinger S., Morhard J., Piechnik L., Czarczyk Z., Wojciechowski T. 2001. A modified optoelectronic sensor for quick measurement of humidity in growing media. Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering. Potsdam, Germany. s. 651-656.

- Piechnik L.** 2003. Wpływ prędkości ruchu czujnika wilgotności gleby na wartość pomiaru. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3. s. 23-30.
- Viscarra Rossel R.A., McBratney A., Minasny B.** 2010. Proximal Soil Sensing, Progress in soil science. Wyd. Springer Science. ISBN 978-90-481-8858-1.
- Weerasinghe V.P.A., Sinn H., Kleisinger S.** 2008 Acquisition of soil moisture data by low cost opto-electronic Soil Moisture Sensor. Proc Vth IS on Irrigation of Hort. Crops Acta Hort.792. s. 693-700.
- Wojciechowski T., Piechnik L.** 2010. Kalibracja spektrofotometryczna modelu sondy odbiciowej do dynamicznego pomiaru wilgotności gleby. Inżynieria Rolnicza. Nr 2 (120). s. 285-292.

METHODOLOGICAL AND TECHNICAL ASPECTS OF A LABORATORY RESEARCH OF A SENSOR FOR DYNAMIC MEASUREMENT OF SOIL MOISTURE

Abstract. The methodological study describes the influence of modernization of research apparatus and parameterization of the research process on the quality of laboratory research of a sensor for dynamic measurement of soil moisture. It shows the manner and the scope of soil features parameterization, apparatus and methodological procedures. It enabled the introduction of computer system and archiving of the research conditions and results. As a result, improvement of soil features stability and repetition of results was received over continuous research.

Key words: soil, sensor, moisture measurement, parameterization

Adres do korespondencji:

Leszek Piechnik; e-mail: piechnik@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań