

OZNACZANIE POLOWEGO ZUŻYCIA WODY PRZEZ ROŚLINY UPRAWNE

BESTIMMUNG DES FELDWASSERVERBRAUCHES DURCH DIE
ANBAUPFLANZEN

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ

STANISŁAW MARCILONEK

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych WSR we Wrocławiu

Kierownik: doc. dr Stanisław Marcilonek

Prawidłową gospodarkę wodną w środowisku produkcji roślinnej możemy kształtować za pośrednictwem gleby. Gleba odznacza się bowiem cenną zdolnością do wchłaniania i magazynowania wody opadowej i doprowadzonej podczas nawodnienia, która wykorzystywana jest w glebowych procesach biologicznych na parowanie i transpirację roślin. W warunkach klimatycznych Niżu Polski, gdzie wysokość opadów nie jest wystarczająca do utrzymania odpowiedniej aktywności biologicznej środowiska glebowego, oznaczanie poszczególnych elementów bilansu wodnego gleby, w tym również polowego zużycia wody przez rośliny uprawne, znajduje uzasadnione zainteresowanie. Polowy bilans wodny gleby dostarcza cennych informacji o zmianie zapasów wody w profilu glebowym i o wielkości ubytków wody na tle jej przychodów w danym okresie.

Pojęcie polowego zużycia wody przez rośliny uprawne wprowadził w Polsce prof. dr S. Bac podczas dokonania wstępnej syntezy wyników badań roślin uprawnych z dwóch płodozmianów na polu ustalonym w Czechnicy pod Wrocławiem (1). Prowadzone badania na innych polach doświadczalnych potwierdzają przydatność uzyskanych wyników do oceny potrzeb wodnych roślin uprawnych (1, 2, 4).

W referacie tym, po zdefiniowaniu pojęcia polowego zużycia wody zostaną omówione proste sposoby oznaczania podstawowych elementów bilansu wodnego w niektórych warunkach glebowo-wodnych.



POJĘCIE POLOWEGO ZUŻYCIA WODY

W doświadczeniach rolniczych i melioracyjnych, prowadzonych zwłaszcza w klimacie suchym i umiarkowanym, dość powszechnie znajdują zastosowanie polowe metody określania elementów bilansu wodnego gleby. Uproszczone równanie bilansu można przedstawić w postaci:

$$S = Z_p + P - Z_k$$

gdzie: S — polowe zużycie wody w mm,
 Z_p, Z_k — zapasy wody w glebie w mm na początku i w końcu okresu bilansowania,
 P — suma opadów atmosferycznych w mm w rozpatrywanym okresie.

Jak widzimy powyższe równanie nie wyodrębnia bezpośrednio wszystkich elementów składowych bilansu wodnego przychodu i rozchodu wody. Bardziej rozwinięte równanie może posiadać następującą formułę:

$$E = Z_p + P - Z_k + (H_p - H'_p) + (H_{pz} - H'_{pz}) + (H_{pn} - H'_{pn})$$

gdzie: E — parowanie terenowe w okresie bilansowania w mm,
 $(H_p - H'_p)$ — różnica między dopływem (H_p) i odpływem (H'_p) wody powierzchniowej w mm,
 $(H_{pz} - H'_{pz})$ — różnica między dopływem (H_{pz}) i odpływem (H'_{pz}) podziemnym poziomym w mm,
 $(H_{pn} - H'_{pn})$ — różnica między dopływem (H_{pn}) i odpływem (H'_{pn}) podziemnym pionowym w mm.

Przyjmując $\Delta H = H_p - H'_p + H_{pz} - H'_{pz} + H_{pn} - H'_{pn}$ uzyskamy wyrażenie: $E = Z_p + P - Z_k + \Delta H$ oraz $E = S + \Delta H$.

Z ostatnich formuł równania bilansu wodnego gleby dochodzimy do wniosku, że w warunkach oznaczenia pełnych zmian zapasów wody w glebie oraz małych przyrostów z dopływu wody (ΔH), wartość polowego zużycia wody (S) zbliża się do wielkości parowania terenowego (E). Dlatego też dla eliminacji bądź ograniczenia pozycji bilansowej (ΔH) wynikającej z niekontrolowanego przychodu i ubytku wody w profilu glebowym, należy przyjmować odpowiednie kryteria lokalizacji pól do oznaczania polowego zużycia wody. Uproszczona postać równania bilansu wodnego ($S = Z_p + P - Z_k$) może znaleźć zastosowanie w takich warunkach polowych gdzie:

- występuje zasilanie profilu glebowego tylko wodami atmosferycznymi,
- teren jest równinny o małym spadku (dla eliminacji H_p i H_{pz}),
- suma opadów atmosferycznych w danym okresie zazwyczaj nie przekracza wysokości parowania potencjalnego,

d) występuje dostatecznie głęboki poziom wody gruntowej: na glebie lekkiej poniżej 1,0—1,5 m, na średnio zwięzłej 2,0—2,5 m poniżej powierzchni terenu (dla ograniczenia H_{pn}).

Na założonych w takich warunkach polach doświadczalnych tylko sporadycznie należy się spodziewać niekontrolowanych przychodów i ubytków wody.

Należy nadmienić, że zmieniające się w glebie warunki termiczne w okresie wegetacyjnym utrudniają bilansowanie zasobami wodnymi. Wzrost temperatury gleby przyczynia się bowiem do zmniejszenia zdolności utrzymywania wody kapilarnej i przemieszczania pary wodnej w głąb. Odwrotnie w okresie jesiennym, spadek temperatury gleby powoduje przemieszczanie wilgoci kapilarnej i pary wodnej ku górze. Niepoślednią rolę spełnia również kondensacja pary wodnej w środowisku glebowym.

Ogólnie można stwierdzić, że połowe zużycie wodne obejmuje straty wynikające z rzeczywistej gospodarki wodnej gleby, głównie wskutek parowania terenowego. Wskaźnik ten uzyskany z wieloletnich badań może być podstawą do ustalenia potrzeb nawodnienia i obliczenia zapotrzebowania wody do nawodnienia poszczególnych roślin uprawnych.

POMIARY NIEKTÓRYCH ELEMENTÓW BILANSU WODNEGO GLEBY

Wskaźnik opadu w mm (P), jako podstawowe źródło wody w glebie, zwykle jest mierzony w deszczomierzu umieszczonym 1 m nad powierzchnią terenu. Dla ujawnienia dynamiki zasilania gleby w pełni uzasadnione są ponadto pomiary opadu w ombrografach. Wprawdzie opad mierzony na wysokości powierzchni terenu jest większy (3), jednak względy praktyczne wykorzystania w praktyce melioracyjnej wieloletnich obserwacji opadu PIHM przemawiają za przyjęciem do bilansowania wskaźnika opadu notowanego na wysokości 1 m. Rzecz jasna nie zwalnia to nas od prowadzenia metodycznych prac nad wysokością rzeczywistego opadu i sprawności zasilania wilgoci glebowej.

Zapasy wody w glebie w mm (Z_p , Z_k) służą do wyznaczenia przychodu lub ubytku wody w okresie bilansowania. Dokładność oznaczenia tych elementów, zwłaszcza przy krótkookresowym bilansowaniu, posiada zasadniczy wpływ na obliczaną wartość połowego zużycia wody. Mała zmienność glebowa, jednorodna budowa profilu glebowego, dostateczna ilość powtórzeń, sprzyjają dokładności oznaczania zapasów wody w glebie. W bilansie wodnym gleby istotne znaczenie posiada głębokość war-

stwy bilansowania. Biorąc pod uwagę ten czynnik, pomiary zapasów wody w glebie mogą być prowadzone do różnej głębokości:

- a) w jednometrowej warstwie gleby strefy aeracji,
- b) w warstwie strefy aeracji do głębokości stałego uwilgotnienia gleby (do głębokości 150—200 cm),
- c) w warstwie aeracji i w strefie nasycenia wodą gruntową (podskórną).

Jak widzimy, w przybliżeniu pełne zmiany zapasów wody w glebie możemy oznaczyć według założeń zawartych w punkcie b i c. Biorąc jednak pod uwagę, że najbardziej dynamiczne zmiany uwilgotnienia zwykle nie przekraczają głębokości 50—60 cm (z wyjątkiem gleb lekkich), a ubytek wody z warstw poniżej 1 m następuje w czasie dłuższych okresów posusznych, na polach ustalonych przyjęto jednometrową warstwę bilansowania. Przyjęcie to jest uzasadnione wieloletnim okresem badań, jak również mniejszą pracochłonnością pomiarów. W naszych warunkach klimatycznych jednometrowa warstwa gleby może być uważana za wystarczającą podstawę regulowania uwilgotnienia gleby także z melioracyjnego punktu widzenia.

Zapas wody w mm dla poszczególnych warstw gleby (Z_1, Z_2, Z_n) w strefie aeracji obliczymy z formuły:

$$Z_1 = 0,1 \times h_1 \times w_1 \times s_1$$

gdzie: h_1 — grubość warstwy gleby w cm,

w_1 — wilgotność gleby w procentach wagowych w warstwie h_1 ,

s_1 — ciężar objętościowy suchej masy glebowej w warstwie h_1 .

W przypadku wystąpienia zmienności glebowej na danym polu pomiary uwilgotnienia należałoby prowadzić na poszczególnych płatach glebowych, a zapas wody obliczać w m^3/ha z formuły:

$$Z_1 = 0,01 \times h_1 \times w_1 \times s_1 \times F_1$$

w której: F_1 — powierzchnia w m^2 .

Zapas wody w m^3/ha (Z_1) w określonej warstwie gleby na całej powierzchni pola wyniesie:

$$Z_1 = 0,01 (h_1 \times w_1 \times s_1 \times F_1 + h_2 \times w_2 \times s_2 \times F_2 = \dots + h_n \times w_n \times s_n \times F_n)$$

Ogólny zapas wody w mm lub m^3/ha obliczymy z sumy zapasów wody w poszczególnych warstwach glebowych.

$$Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$$

Na dokładność oznaczenia zapasu wody istotny wpływ posiadają takie czynniki jak: rodzaj gleby, zmienność glebowa, metoda pomiaru wilgotności, ilość powtórzeń, grubość elementarnych warstw gleby oznaczenia wilgotności.

W miarę wzrostu zwięzłości i zmienności gleby ilość powtórzeń przy oznaczeniu wilgotności gleby powinna wzrastać od 3 do 6. Najwłaściwszą ocenę pożądaney ilości powtórzeń może dać średni błąd pomiaru.

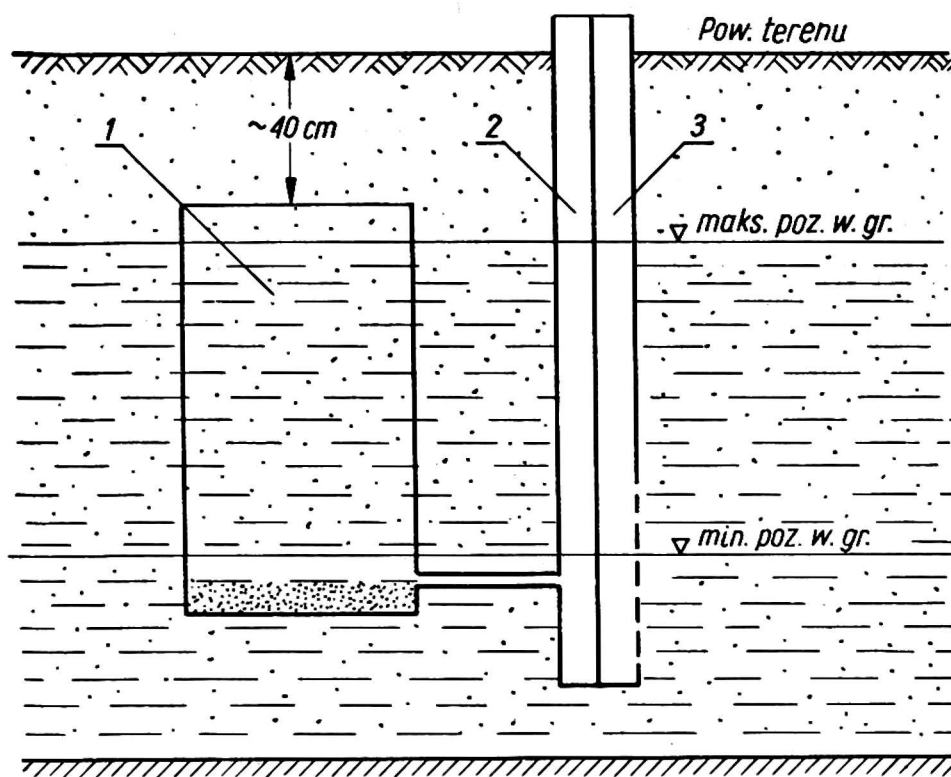
Celem dokładnego oznaczenia zapasu wody w warstwie bilansowania pomiary wilgotności gleby należałoby prowadzić w warstwach dziesięciocentymetrowych (0—10, 10—20, 90—100 cm itd.). W przypadku stosowania pracochłonnych grawimetrycznych metod pomiaru wilgotności gleby z konieczności zmniejsza się ilość warstw, prowadząc je często na głębokościach 0—5, 20—25, 50—55, 70—75 i 95—100 cm. Przyjmujemy wówczas liniową zmienność uwilgotnienia pomiędzy sąsiednimi głębokościami, a dla poszczególnych warstw (z wyjątkiem warstwy 0—5 cm) obliczamy średnią wilgotność i średni ciężar objętościowy gleby z sąsiednich głębokości pomiaru. Pomiary zapasów wody należy prowadzić tym dokładniej im krótszy jest przyjęty okres bilansowania.

W warunkach, kiedy profil glebowy znajduje się pod wpływem zasilania opadem atmosferycznym, a jednocześnie zachodzi oddziaływanie wody gruntowej na warstwę bilansowania, pomiary zapasów wody stają się bardziej złożone. W tym przypadku w punktach pomiaru zapasów wody w glebie zakładamy studzienki do obserwacji poziomu wód gruntowych. Głębokość warstwy bilansowania należy przyjąć poniżej spodziewanego najniższego poziomu wody gruntowej. Podczas każdego pomiaru ustalamy zapas wody w strefie aeracji (do poziomu wody gruntowej) oraz zapas w strefie nasycenia wodą gruntową. Wilgotność w strefie nasycenia w przybliżeniu można przyjąć jako równą porowatości ogólnej poszczególnych warstw.

Należy podkreślić, że obserwacje wody gruntowej będą uzasadnione również wtedy, gdy poziom wody gruntowej nie wpływa w sposób istotny na warstwę bilansowania. Obserwacje te mogą ułatwić oszacowanie wysokości przesiąków wód opadowych, które można określić na podstawie współczynnika odciekalności gleby.

Podczas polowych badań poszczególnych elementów bilansu wodnego gleby z dość płytkim poziomem wody gruntowej, można zmierzać do oszacowania wskaźnika parowania terenowego w wyniku ustalenia zmian zapasów wody w warstwie bilansowania oraz dopływu wody obcej i odpływu wody z warstwy bilansowania. Do badań tych przydatne są lizymetry ze zmiennym poziomem wody gruntowej dostosowanym do otaczającego gruntu (3, 6, 7).

Na polach ustalonych górną krawędź lizymetrów należałoby założyć pod powierzchnią terenu (około 40 cm), a dno poniżej minimalnego stanu wody gruntowej (rys. 1). Jak wynika z rys. 1 obok lizymetru zainstalo-



Rys. 1. Schemat lizymetru ze zmiennym poziomem wody gruntowej: 1 — lizymetr, 2 — studzienka do obserwacji i regulowania wody gruntowej w lizymetrze, 3 — studzienka do obserwacji rzeczywistego poziomu wody gruntowej

wane są dwie studzienki, w tym jedna do obserwacji poziomu wody gruntowej w otaczającym gruncie, a druga do regulowania poziomu wody w lizymetrze.

W tych wypadkach dopływ obcej wody gruntowej można oszacować uwzględniając następujące warunki:

1. Poziom wody gruntowej w lizymetrze obniża się, natomiast w gruncie otaczającym utrzymuje się na stałym poziomie. W tych warunkach dodatkowe straty wody na parowanie terenowe wynikają z dopływu obcej wody gruntowej, a wielkość dopływu jest równa ilości wody doprowadzanej do lizymetru (H).
2. Poziom wody gruntowej w lizymetrze obniża się, podczas gdy w otaczającym gruncie podnosi się. W tym przypadku dopływ wody obcej nie tylko jest rozchodowany na dodatkowe straty parowania lecz również przyczynia się do zwiększenia zapasu wody w glebie (Z_k).
3. Poziom wody gruntowej w lizymetrze obniża się szybciej niż w otaczającym gruncie. Również w tym przypadku dostarczona do lizymetru woda zostaje rozchodowana na parowanie terenowe i wzrost zapasu wody w glebie (Z_k).

Oszacowany w ten sposób dopływ obcej wody gruntowej (H) włączymy do uproszczonego bilansu wodnego:

$$E = Z_p + P + H - Z_k$$

W pewnych przypadkach może zachodzić odpływ wody z warstwy bilansowania. Świadczy to, że straty wody są większe od parowania terenowego wskutek odpływu wody grawitacyjnej i kapilarnej w głąb. Odpływ odpowiada tej ilości wody, którą należy odprowadzić z lizymetru dla uzyskania podobnych warunków parowania, jakie istnieją w otaczającym gruncie. Przy założeniu jednorodnych warunków glebowych w lizymetrze i w otoczeniu, określony odpływ wody (H) z warstwy bilansowania wstawimy do uproszczonego równania bilansu wodnego:

$$E = Z_p + P - H - Z_k$$

POMIARY ELEMENTÓW BILANSU WODNEGO GLEBY W WARUNKACH NAWODNIENIA DESZCZOWNIANEGO

Podczas prowadzenia doświadczeń z nawodnieniem uzupełniającym pomiary poszczególnych elementów bilansu wodnego gleby posiadają szczególne znaczenie. Powinniśmy bowiem określić minimalny dopuszczalny zapas wody w glebie, wysokość pojedynczej dawki nawodnienia, okres nawodnienia na tle faz rozwojowych roślin, sprawność wykorzystania opadów i wody dostarczonej podczas nawodnienia. Zmierzamy również do sprawdzenia istniejących bądź opracowania nowych norm zużycia wody przez poszczególne rośliny uprawne.

Ważnym pomocniczym wskaźnikiem do kształtowania gospodarki wodnej jest połowa pojemność wodna gleby (PPW), która uzewnętrznia zdolność gleby do magazynowania wilgoci po odpływie z niej wody grawitacyjnej. Zalecenia metodyczne potrzeb wodnych roślin przewidują trzy minimalne dopuszczalne zapasy wody w glebie 0,4; 0,6 i 0,8 PPW w czynnej warstwie gleby (5). Za czynną warstwę gleby przyjmujemy głębokość rozmieszczenia głównej masy korzeni roślin. Ponieważ doświadczenia z deszczowaniem roślin nie zawsze będą przewidywały trzy warianty minimalnych dopuszczalnych zapasów wody w glebie, wówczas należałoby przyjąć jako podstawowy wskaźnik 0,6 PPW. Jak widzimy przy tych założeniach dopuścimy wyczerpanie wilgoci glebowej w wysokości 60, 40 i 20% wartości połowej pojemności wodnej w czynnej warstwie gleby.

Na przykład czynna warstwa gleby dla danej rośliny w krytycznym okresie potrzeb wodnych wynosi 80 cm a PPW tej warstwy wynosi 120 mm. Dopuszczalne wyczerpanie wilgoci (przyjmując podstawowy wskaźnik 0,6 PPW) okaże się w wysokości $120 \times 0,4 = 48$ mm. Wartość ta informuje nas o wysokości pojedynczej dawki nawodnienia celem zma-

gazynowania jej w całości w czynnej warstwie gleby oraz ułatwia ustalenie terminu nawodnienia.

Na stanowisku zraszacza w zasięgu rzutu strumienia nie uzyskujemy równomiernego rozmieszczenia opadu sztucznego. Z tych też względów oprócz pomiaru ogólnej ilości wody doprowadzonej przy pomocy wodomierza wmontowanego przed każdym zraszaczem, należy stosować pomiary rozmieszczenia dawki nawodnienia, na powierzchni zasięgu rzutu strumienia wody. Pomiary opadu można przeprowadzać za pomocą odpowiednio rozmieszczonych na poletku naczyń chwytnych, aby pozwalały dokładnie określić średnią wysokość pojedynczych dawek nawodnienia na poletkach znajdujących się w zasięgu rzutu strumienia wody.

Do określenia bilansu wodnego gleby nawadnianej, dokładne wyznaczenie wysokości dawek pojedynczych posiada szczególnie duże znaczenie, gdyż dawki te wpływają na zapasy wody w glebie i obliczoną wartość połowego zużycia wody przez rośliny uprawne. Uproszczona formuła bilansu wodnego gleby przyjmie postać: $S = Z_p + P + d - Z_k$, gdzie d — pojedyncza lub okresowa dawka nawodnienia w mm w okresie bilansowania.

WYKORZYSTANIE WYNIKÓW BADAŃ POŁOWEGO ZUŻYCIA WODY

Ze względu na zmienność elementów meteorologicznych w poszczególnych latach, krótkie cykle badań połowego zużycia wody (niekiedy roczne lub kilkuletnie) dostarczają one wprawdzie cennych informacji doświadczalnych, jednak nie mogą być wykorzystane bezpośrednio w praktyce rolniczo-melioracyjnej. Dopiero synteza wyników badań przeprowadzonych w różnych warunkach glebowych, meteorologicznych, agrotechnicznych może stworzyć odpowiednią podstawę do opracowania wskaźników potrzeb wodnych roślin uprawnych, przydatnych do praktycznego wykorzystania. Względy te przemawiają za umożliwieniem publikowania podstawowych danych z badań połowego zużycia wody.

Ostateczna ocena przydatności opracowanych norm potrzeb wodnych roślin może być dokonana na podstawie badań sprawdzających, wykonanych w skali półtechnicznej w doświadczeniach łanowych. Konieczność ta wynika ze stosowania w doświadczalnictwie ścisłym zbyt małych poletek, na których może wystąpić odmienna skuteczność regulacji uwilgotnienia siedliska (gleby, rośliny i atmosfery przyziemnej) za pomocą nawodnienia uzupełniającego.

LITERATURA

1. Bac S.: Zesz. Probl. Post. Nauki Polskiej PAN, z. III (1955).
2. Bac S.: Roczniki Nauk roln., t. 74-A-4 (1957).
3. Bac S.: Wiadom. Służby PIHM, z. 4 (1956).
4. Marcilonek S.: Zużycie i niedobory wodne roślin uprawnych. WSR, Wrocław 1964.
5. Marcilonek S., Mitosek H., Somorowski Cz.: Zalecenia metodyczne badań potrzeb wodnych roślin uprawnych (maszynopis), 1966.
6. Roguski W.: Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, z. VII (1965).
7. Sładniow A. F.: Metody izuczenia bałansa gruntowych wod. Taszkient, 1961.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde der Begriff des Feldwasserverbrauches der Anbaupflanzen definiert und nachdem die Methoden zur Bestimmung der einzelnen Elemente der Wasserbilanz des Bodens laut der Gleichung $S = Z_p + P - Z_k$ vorgestellt, wo:

S — Feldwasserverbrauch in mm,

Z_p, Z_k — Wasservorrat im Boden in mm am Anfang und am Ende der Bilanzperiode,

P — Niederschlagssumme in mm während der Untersuchungsperiode.

Es wurde auch auf die Bedingungen, in den man vereinfachte Methoden in Felde, die zu Bestimmung der Wasserbilanz des Bodens auf unberechneten und berechneten Stellen führen, hingewiesen.

РЕЗЮМЕ

В настоящей статье дается описание методов изучения водного баланса сельскохозяйственных растений по формуле $S = Z_p + P - Z_k$, в которой:

S — суммарное водопотребление в мм,

Z_p, Z_k — запас почвенной влаги в мм, в начале и в конце периода,

P — сумма осадков в мм за период определения водного баланса.

В работе намечены условия, в которых исследования элементов водного баланса по этой формуле могут применяться, а также некоторые приемы на орошаемых опытных участках.

STRESZCZENIE

W pracy tej, po zdefiniowaniu pojęcia polowego zużycia wody przez rośliny uprawne, przedstawiono sposoby określania poszczególnych elementów bilansu wodnego gleby, zgodnie z równaniem $S = Z_p + P - Z_k$, w którym:

S — polowe zużycie wody w mm,

Z_p, Z_k — zapasy wody w glebie w mm, na początku i w końcu okresu bilansowania,

P — suma opadów atmosferycznych w mm za rozpatrywany okres.

Zwrócono również uwagę na warunki, w jakich uproszczone polowe metody badań bilansu wodnego gleby mogą być stosowane na polach nie nawadnianych oraz z zastosowaniem deszczowania.