WODA-ŚRODOWISKO-OBSZARY WIEJSKIE 2007: t. 7 z. 2a (20)
WATER-ENVIRONMENT-RURAL AREAS s. 159–172
www.imuz.edu.pl
© Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, 2007

WPŁYW GŁĘBOKOŚCI ODWODNIENIA NA WARUNKI WILGOTNOŚCIOWE GLEBY TORFOWEJ ŚREDNIO ZMURSZAŁEJ

Edmund KACA[1)], Wiesława KASPERSKA-WOŁOWICZ[2)]

[1)] Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
[2)] Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy IMUZ w Bydgoszczy

Słowa kluczowe: ekstensywne użytkowanie łąkowe, norma rolnośrodowiskowa odwodnień, odpływ regulowany

S t r e s z c z e n i e

Przedmiotem podjętych w ramach pracy badań jest wpływ głębokości odwodnień, w warunkach różnej intensywności gruntowego dopływu wody i różnych warunków klimatycznych Polski, na czas występowania stanów nadmiernego, dostatecznego i niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby o średnim stopniu zmurszenia, występującej pod ekstensywnie użytkowaną dwukośną łąką. Problem praktyczny to pytanie o „najlepszą" głębokość odwadniania, gwarantującą najdłuższy czas dostatecznego uwilgotnienia gleby.

W wyniku przeprowadzonych badań z wykorzystaniem kalibrowanego i weryfikowanego matematycznego modelu symulacyjnego stwierdzono m. in., że:

1. Głębokość odwodnienia i intensywność gruntowego zasilania gleby w wodę mają istotny wpływ na czasy trwania nadmiernego, dostatecznego i niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby. Wpływ ten jest w małym stopniu zróżnicowany zmiennością warunków klimatycznych Polski.

2. Istnieje taka głębokość odwadniania, nazywana normą rolnośrodowiskową odwodnień, w warunkach której osiąga się najkorzystniejsze uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby – największą wartość średnią z rocznych sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy. Norma ta jest równa:

– minimalnej normie odwodnienia z_1 – w przypadku opadowego zasilania gleby w wodę,
– średniej wartości z minimalnej z_1 i średniej z_2 normy odwodnienia – w przypadku gruntowego zasilania gleby w wodę ze stałą intensywnością $q = 1$ mm·d^{-1},
– średniej normie odwodnienia z_2 – w przypadku dopływu wód gruntowych ze stałą intensywnością $q = 2$ mm·d^{-1}.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. Edmund Kaca, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, al. Hrabska 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 628-37-63, e-mail: E.Kaca@imuz.edu.pl

3. Brak odwadniania badanej gleby może być akceptowany tylko w przypadku opadowego zasilania jej w wodę. Efekty są tym lepsze, im suchszy rok, szczególnie zaś – suchszy okres zimowy. Najgorsze (nieakceptowalne) efekty, tj. duża częstość występowania długich okresów nadmiernego uwilgotnienia, występują w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę.

4. Niekontrolowane (samoczynne) odwodnienia stanowią dobrą metodę regulacji stosunków powietrzno-wodnych w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę. W przypadku gleb zasilanych w wodę tylko przez opady, taki sposób melioracji może być korzystny tylko w latach wilgotnych i po śnieżnych zimach.

WPROWADZENIE

Zdecydowana większość systemów melioracji siedlisk łąkowych działa jednokierunkowo, odwadniając dolinę niezależnie od stanu jej uwilgotnienia. Jest to działanie niekorzystne i można mu przeciwdziałać przez stosowanie odwodnień kontrolowanych. Realizacja kontrolowanych odwodnień polega na przerwaniu odpływu ze zmeliorowanego obszaru w chwili, gdy zwierciadło wody gruntowej w łanie osiągnie określony, optymalny poziom. Zbyt wczesne zatrzymanie odpływu nie likwiduje nadmiernego uwilgotnienia gleby, zbyt późne zaś – powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia suszy glebowej w późniejszym okresie.

Przedmiotem badań podjętych w ramach niniejszej pracy jest wpływ głębokości odwodnień, w warunkach różnej intensywności gruntowego dopływu wody i różnych warunków klimatycznych Polski, na czas występowania stanów nadmiernego, dostatecznego i niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby o średnim stopniu zmurszenia, występującej pod ekstensywnie użytkowaną dwukośną łąką.

Problem praktyczny to pytanie o „najlepszą" głębokość odwadniania, gwarantującą najdłuższy czas dostatecznego uwilgotnienia gleby.

OBIEKT BADAWCZY I METODY BADAŃ

OBIEKT BADAWCZY

Do badań wybrano glebę torfowo-murszową rodzaju MtIIcb, położoną w otwartej, płaskiej dolinie górnej Noteci w kompleksie Łąk Łabiszyńskich, w bezpośrednim sąsiedztwie Kanału Górnonoteckiego. Gleba ta, średnio zmurszała w wierzchniej warstwie, jest podścielona torfem silnie rozłożonym o budowie profilu:

0–30 cm – mursz torfowy właściwy, czarny, kaszkowaty,
31–55 cm – torf silnie rozłożony,
56–90 cm – torf szuwarowy średnio rozłożony, z kawałkami liści,
91–120 cm – torf turzycowiskowy gąbczasty średnio rozłożony, ciemno brunatny, z kawałkami liści i drewna.

Gleba ta, powstała w siedliskach pobagiennych na skutek melioracji i wieloletniego użytkowania, jest okresowo mokra, po osuszeniu i nawodnieniu wilgotna, a bez nawodnień okresowo przesycha. Łąki na tym obszarze są zmeliorowane. Siedlisko jest zasilane wodami z Kanału Górnonoteckiego oraz, w czasie prowadzenia nawodnień, z rowów. Wiosną i w czasie nawodnień poziom wody gruntowej podnosi się do 40–50 cm od powierzchni terenu. W okresie suchym woda gruntowa spada na głębokość 90–100 cm. Zmurszenie gleby jest przyczyną przerwania podsiąku kapilarnego z poziomu wody gruntowej, gdy jej lustro opada na głębokość ok. 60–80 cm. W okresie posuchy atmosferycznej powoduje to przesychanie poziomu darniowego do wilgotności niedostępnej dla traw. W tym czasie widać spękanie gleby i wyraźne zahamowanie przyrostu traw. Według klasyfikacji OKRUSZKI [1992] jest to siedlisko podsiąkowe posuszne PC. Według metodyki OŚWITA [1992], gatunki roślin występujące w tym siedlisku są charakterystyczne dla siedlisk suchych okresowo silnie nawilżanych B3 i świeżych C1 (z udziałem kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.), tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.), kłosówki wełnistej (*Holcus lanatus* L.), babki lancetowatej (*Plantago lanceolata* L.), gęsiówki piaskowej (*Cardanopsis arenosa* (L.) Hayek), krwawnika pospolitego (*Achillea millefolium* L.), mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.)). Dolina Noteci należy do obszarów kraju o najmniejszej rocznej sumie opadów atmosferycznych. Szczegółową charakterystykę właściwości retencyjnych tej gleby (wartości pF) przedstawiono w opracowaniu KACY i in. [2003].

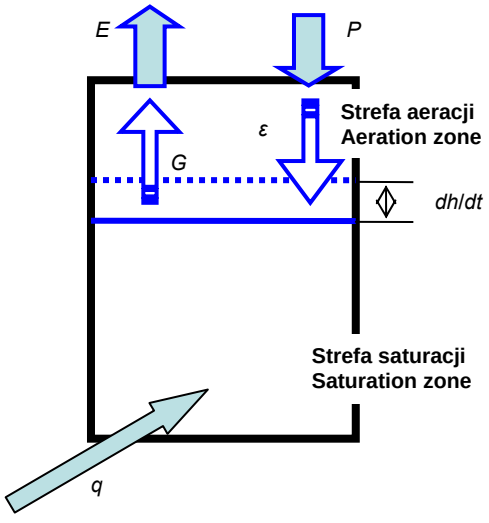
METODY BADAŃ

Badania polegały na modelowaniu matematycznym wpływu odwodnienia, ewapotranspiracji, opadów i wgłębnego zasilania w wodę profilu glebowego na uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby. Do obliczeń symulacyjnych zastosowano opracowany przez Kacę [KACA, 1999; KACA i in., 2003] model matematyczny, opisujący zmiany zawartości powietrza oraz wartości pF w korzeniowej warstwie badanej gleby. W modelu tym wykorzystano m.in. równanie bilansu wodnego (rys. 1) strefy saturacji:

$$q + (\varepsilon - G) = \mu \frac{dh}{dt} \tag{1}$$

i równanie bilansu wodnego strefy aeracji (równanie rezerw przejściowych).

$$W_{j+1} - W_j = -\int_{t_j}^{t_{j+1}} q dt + \int_{t_j}^{t_{j+1}} (E - P) dt \tag{2}$$



Rys. 1. Schemat obliczeniowy w modelu symulacyjnym

Fig. 1. Calculation scheme in a simulation model

gdzie:

G – gęstość strumienia wody podsiąkającej,
W – wartość rezerw przejściowych,
h – stan wody gruntowej,
t – czas,
j – nr chwili czasowej,
μ – współczynnik pojemności wodnej warstwy wodonośnej (zmiany retencji),
ε – gęstość strumienia wody glebowej odciekającej,
q – gęstość strumienia zasilania gruntowego w wodę,
E – gęstość strumienia ewapotranspiracji rzeczywistej,
P – gęstość strumienia opadów.

Model był kalibrowany i weryfikowany w oparciu o lizymetryczne pomiary położenia zwierciadła wody gruntowej i uwilgotnienia korzeniowej warstwy objętej badaniami gleby torfowo-murszowej. Badania prowadzono w 2002 r. na stacji lizymetrycznej IMUZ w dolinie górnej Noteci. Przebieg i wyniki kalibracji omówiono w opracowaniu KACY i in. [2003].

Symulacje zmian zawartości powietrza oraz wartości pF w korzeniowej warstwie gleby wykonano, wykorzystując codzienne wartości opadu deszczu P oraz dane do obliczania dekadowych wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej wg Penmana-Monteitha, a następnie ewapotranspiracji rzeczywistej E, z lat 1970––1995, z 17 stacji meteorologicznych rozmieszczonych na terenie całego kraju. Zakładano cztery głębokości odwadniania: zerową ($z_o = 0$), równą minimalnej ($z_1 =$ 25 cm), średniej ($z_2 =$ 40 cm) i maksymalnej ($z_3 =$ 70 cm) normie odwodnienia,

a także trzy, stałe w okresie wegetacji, intensywności gruntowego zasilania w wodę profilu glebowego: 0 (zasilanie tylko opadowe), 1 i 2 $mm \cdot d^{-1}$.

Na podstawie wyników tych symulacji dla każdej stacji meteorologicznej, każdego roku z wielolecia, każdej z czterech głębokości odwodnień i każdej z trzech intensywności zasilania gruntowego gleby w wodę obliczono roczne sumy czasów trwania nadmiernego, dostatecznego i niedostatecznego uwilgotnienia gleby. Przez nadmierne uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby rozumie się taki stan jej wilgotności, na skutek którego w glebie brakuje powietrza dla rozwoju korzeni roślinności łąkowej. Przyjmuje się, że co najmniej 6% przestrzeni zajętej przez glebę łąkową powinno być zapełnione powietrzem. W przypadku niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby wskaźnik pF potencjału wody glebowej przekracza wartość 3 (pF > 3). W pozostałych sytuacjach uznano, że gleba znajduje się w warunkach dostatecznego uwilgotnienia.

Założono, że gleby na obszarze Polski sklasyfikowane jako MtIIcb charakteryzują się podobnymi właściwościami retencyjnymi i przewodzącymi wodę jak gleba stanowiąca materiał (obiekt) badawczy (gleba MtIIbc w kompleksie Łąk Łabiszyńskich, w bezpośrednim sąsiedztwie Kanału Górnonoteckiego). Założenie takie jest powszechne w badaniach i praktyce melioracyjnej. Na przykład powszechnie przyjmuje się, że charakterystyczne głębokości $z_o = 0$, $z_1 = 25$ cm, $z_2 = 40$ cm i $z_3 = 70$ cm odwodnienia badanego rodzaju gleby są jednakowe na terenie całego kraju.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki obliczeń modelowych posłużyły do wykonania map rozkładu na terenie Polski średnich z rocznych sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia (rys. 2), a także rozkładów statystycznych wartości średnich z rocznych sum czasów trwania charakterystycznych stanów uwilgotnienia dla całego kraju (rys. 3) oraz rozkładów statystycznych wartości rocznych sum tych czasów (rys. 4). Na rozkładach statystycznych zaznaczono wartość medialną (środkową, drugi kwartyl), wartości pojawiające się z wartościami mniejszymi z częstością 25% i 75% (pierwszy i trzeci kwartyl) oraz zakres zmienności charakteryzowanych wartości. Przez wartości medialne przeprowadzono krzywe, charakteryzujące tendencje zmian wartości medialnych wraz ze wzrostem głębokości odwadniania.

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

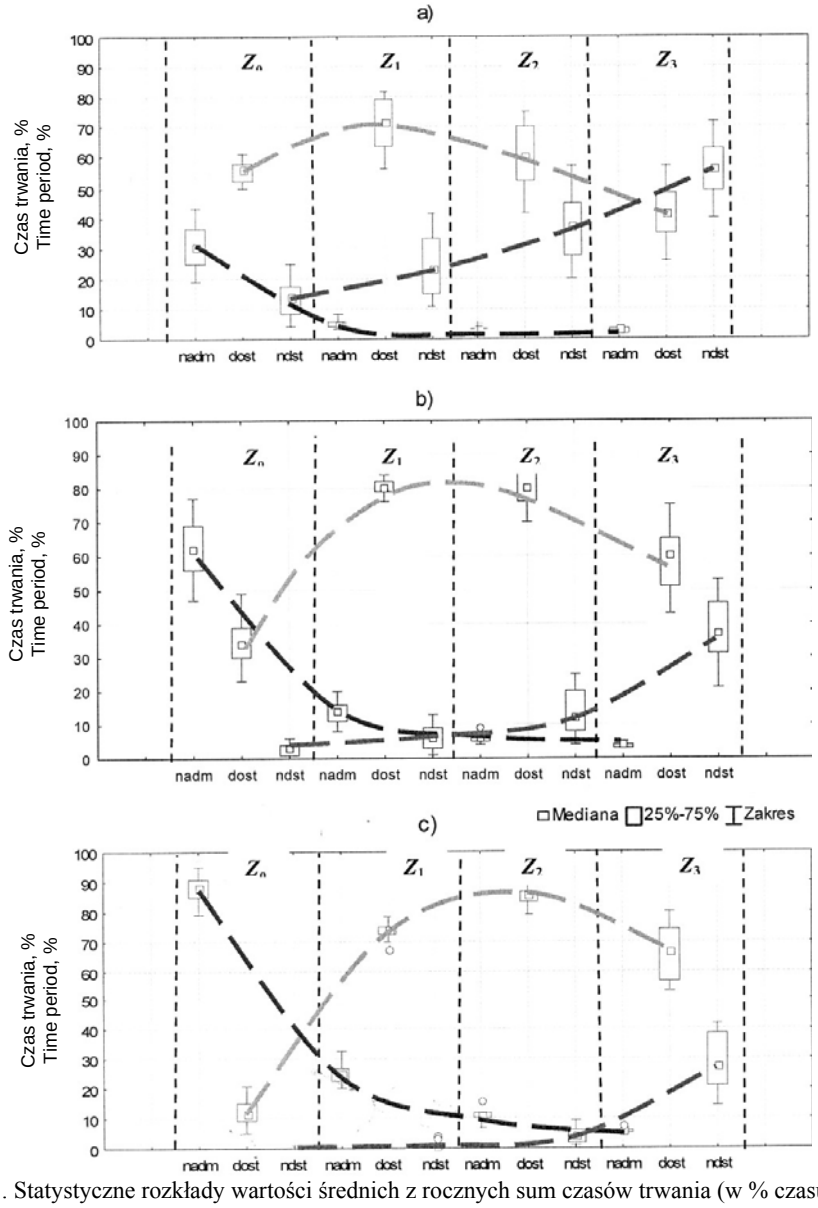
UWARUNKOWANIA CZASÓW TRWANIA CHARAKTERYSTYCZNEGO UWILGOTNIENIA GLEBY

Warunki wilgotnościowe korzeniowej warstwy gleby łąkowej zależą od głębokości odwadniania (rys. 3). W warunkach danej intensywności gruntowego zasila-

Rys. 2. Średnie z rocznych sum czasów trwania (w % czasu trwania wegetacji) dostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby MtIIcb w warunkach wgłębnego zasilania w wodę profilu glebowego z intensywnością a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1}, c) $q = 2$ mm·d^{-1}; wielolecie 1970–1995. Przykład oznaczeń: • 01 – numer stacji meteorologicznej [KACA i in., 2003], 55; 73; 69; 51 – średnie z rocznych sum czasów trwania uwilgotnienia przy odwadnianiu na głębokość: $z_0 = 0$; $z_1 = 25$; $z_2 = 40$; $z_3 = 70$ cm

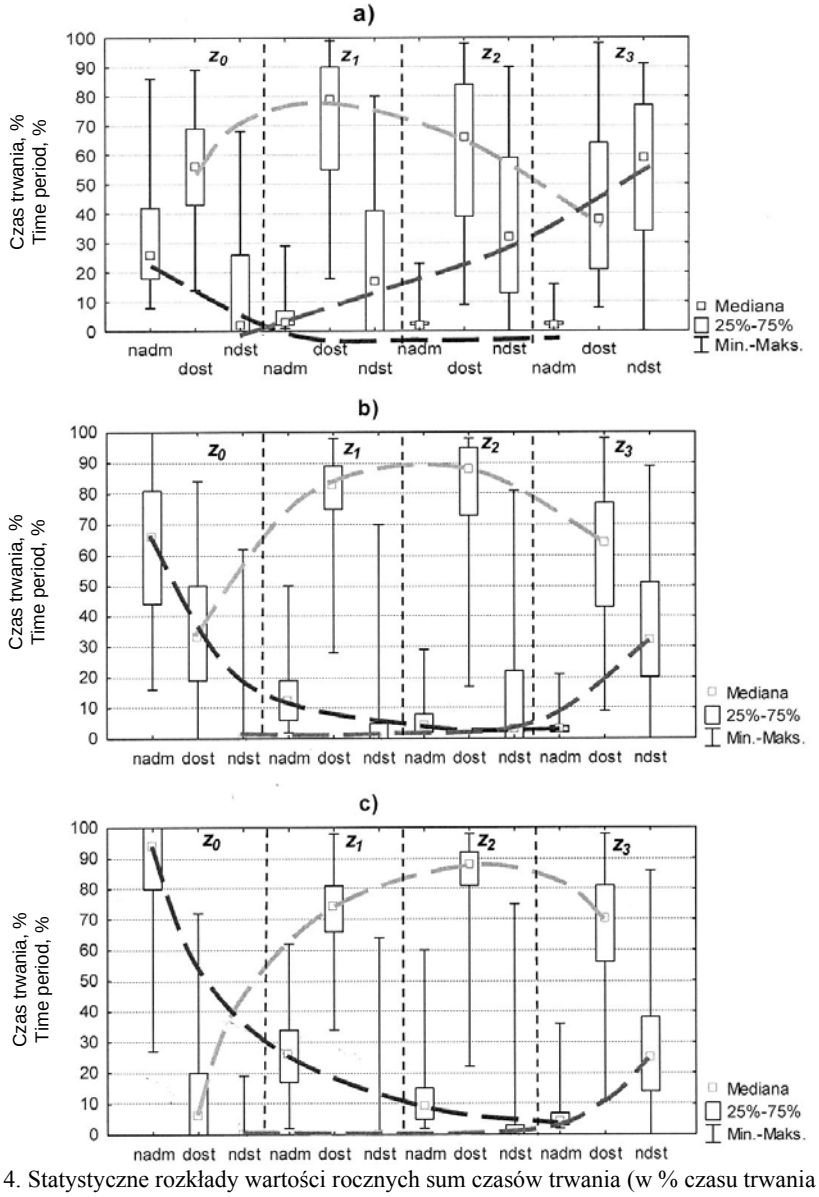
Fig. 2. Means of the annual sums of the time periods (in % of the vegetation period) of sufficient moisture in the root zone of the MtIIcb soil fed with ground water at an intensity of a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1}, c) $q = 2$ mm·d^{-1}; 1970–1995. Examples of notations: • 01 – the number of meteorological post [KACA i in., 2003], 55; 73; 69; 51 – means of the annual sums of time periods of the soil moisture at the draining to a depth of: $z_0 = 0$; $z_1 = 25$; $z_2 = 40$; $z_3 = 70$ cm

nia w wodę profilu glebowego, wraz ze zwiększaniem głębokości odwodnień maleją średnie z rocznych sum czasów trwania nadmiernego uwilgotnienia gleby i zwiększają się średnie z rocznych sum czasów trwania niedostatecznego uwilgotnienia. W przypadku czasów dostatecznego (optymalnego) uwilgotnienia, średnie te rosną wraz z głębokością odwadniania, osiągają wartość maksymalną w warunkach odwadniania na głębokość z przedziału z_1–z_2, a następnie maleją.



Rys. 3. Statystyczne rozkłady wartości średnich z rocznych sum czasów trwania (w % czasu trwania okresu wegetacji) nadmiernego (nadm), dostatecznego (dost) i niedostatecznego (ndst) uwilgotnienia gleby murszowo-torfowej MtIIcb na całym obszarze Polski, w przypadku jej odwadniania na głębokość z_0, z_1, z_2 lub z_3 w warunkach zasilania w wodę profilu glebowego z intensywnością a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1} i c) $q = 2$ mm·d^{-1}. Krzywe przebiegają przez wartości medialne

Fig. 3. Statistical distribution of mean annual sums of the time periods (in % of the vegetative season) of excessive (nadm), sufficient (dost) and insufficient (ndst) moisture of the peat-moorsh MtIIcb soil over the whole country area in the case of its draining to a depth of z_0, z_1, z_2 or z_3 and feeding with water at the intensity of a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1} and c) $q = 2$ mm·d^{-1}. Curves run through median values



Rys. 4. Statystyczne rozkłady wartości rocznych sum czasów trwania (w % czasu trwania okresu wegetacji) nadmiernego (nadm), dostatecznego (dost) i niedostatecznego (ndst) uwilgotnienia gleby murszowo-torfowej MtIIbc na obszarze Polski w przypadku jej odwadniania na głębokość z_0, z_1, z_2 lub z_3 w warunkach gruntowego zasilania w wodę profilu glebowego z intensywnością a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1} i c) $q = 2$ mm·d^{-1}. Krzywe przebiegają przez wartości medialne

Fig. 4. Statistical distribution of annual sums of the time periods (in % of the vegetative season) of excessive (nadm), sufficient (dost) and insufficient (ndst) moisture of the peat-moorsh MtIIcb soil over the whole country area in the case of its draining to a depth of z_0, z_1, z_2 or z_3 and feeding with water at the intensity of a) $q = 0$ mm·d^{-1}, b) $q = 1$ mm·d^{-1} and c) $q = 2$ mm·d^{-1}. Curves run through median values

Przebieg zmienności średnich z rocznych sum czasów trwania nadmiernego i niedostatecznego uwilgotnienia jest ściśle związany z intensywnością gruntowego zasilania profilu glebowego (rys. 3). W warunkach danej głębokości odwodnień, wraz ze zwiększaniem się intensywności tego zasilania (od $q = 0$ mm·d^{-1} do $q = 2$ mm·d^{-1}) zwiększają się średnie czasy nadmiernego i maleją czasy niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby.

Zróżnicowanie średnich z rocznych sum czasów trwania charakterystycznego (ndst, dost, nadm) uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby na obszarze kraju wynika ze zróżnicowania warunków klimatycznych. Zróżnicowanie to jest największe w przypadku tylko opadowego zasilania gleby w wodę. Różnice średnich z rocznych sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia między miejscowościami nie przekraczają 20–30% okresu wegetacji (rys. 2).

W przypadku odwadniania na głębokość z_1 średnia z sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia wynosi około 80% okresu wegetacji dla rejonu Polski południowo-wschodniej (stacje meteorologiczne w Zamościu, Rzeszowie, Krakowie oraz Częstochowie) i w Biebrzy oraz około 60% dla rejonu Polski zachodniej z rejonem Noteci Górnej (stacje w Szczecinie, Poznania, Zielonej Górze i Frydrychowie) oraz w Bielniku na Żuławach. Podobna tendencja występuje w przypadku odwadniania na głębokość z_2. W tym jednak przypadku czasy dostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby są mniejsze o około 10% na zachodzie Polski i o około 5% w części południowo-wschodniej Polski. W warunkach gruntowego zasilania w wodę profilu glebowego zmienność ta, szczególnie w przypadku płytszych odwodnień (do głębokości z_2) jest niewielka i różnica między czasami w różnych regionach Polski nie przekracza 10–20% okresu wegetacji.

W przypadku płytszych odwodnień na uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby mniejszy wpływ mają warunki klimatyczne. Siedliska zasilane w wodę z większą intensywnością są bardziej niezależne od warunków klimatycznych.

UWILGOTNIENIE GLEBY W WARUNKACH BRAKU ODWODNIEŃ

Uwilgotnienie gleby w warunkach braku gruntowego zasilania w wodę i braku odwodnień $z_0 = 0$ będzie bardzo zróżnicowane (rys. 4a). **Okresy nadmiernego uwilgotnienia** wystąpią corocznie. W najlepszej sytuacji pogodowej okres nadmiernego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby będzie trwał przez 10%, a w najgorszej – przez 85% czasu wegetacji roślin. Średnio co drugi rok wystąpi nadmierne uwilgotnienie, którego sumaryczny czas przekroczy 25% okresu wegetacji. **Okresy niedostatecznego uwilgotnienia** nie będą tak długie i tak częste. Średnio mogą występować tylko co drugi rok. Przeciętnie trzy razy na cztery lata należy się spodziewać niedostatku uwilgotnienia trwającego nie dłużej niż 25% czasu wegetacji. **Okres dostatecznego uwilgotnienia** korzeniowej warstwy gleby wystąpi w każdym roku, a czas jego trwania będzie przekraczać 15% okresu wege-

tacji, jednak średnio tylko co drugi rok czas ten będzie nieco dłuższy niż połowa okresu wegetacji.

Warunki wilgotnościowe w glebie będą się pogarszać wraz ze wzrostem intensywności zasilania gruntowego w wodę (rys. 4b i 4c). Zwiększać się będzie częstość występowania dłuższych okresów nadmiernego uwilgotnienia i zmniejszać się częstość występowania dłuższych okresów uwilgotnienia dostatecznego. Korzystne jest to, że zmniejszy się prawie do zera częstość występowania dłuższych okresów niedostatecznego uwilgotnienia gleby.

W przypadku gleby zasilanej wodą z intensywnością $q = 1$ mm·d^{-1} corocznie wystąpi nadmierne uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby, które w najbardziej korzystnej sytuacji pogodowej będzie trwało tylko 15% okresu wegetacji, a w najgorszej sytuacji – przez cały ten okres (rys. 4b). Średnio trzy razy na cztery lata należy oczekiwać nadmiernego uwilgotnienia gleby trwającego co najmniej prawie ponad połowę okresu wegetacji. Tylko raz na cztery lata wystąpi niedostateczne uwilgotnienie, które w najgorszej sytuacji pogodowej może trwać przez 60% okresu wegetacji roślin. Można oczekiwać, że przeciętnie tylko co drugi rok wystąpi uwilgotnienie dostateczne o czasie trwania ponad 30% okresu wegetacji, lecz nie dłuższym niż 85% tego okresu.

Najmniej korzystne warunki wystąpią w glebie zasilanej w wodę gruntowo z intensywnością $q = 2$ mm·d^{-1} (rys. 4c). W tym przypadku, w każdym roku wystąpi nadmierne uwilgotnienie, którego najkrótszy czas trwania wyniesie 25% okresu wegetacji. Średnio trzy razy na cztery lata będzie się pojawiać nadmierne uwilgotnienie o czasie trwania co najmniej 80% okresu wegetacji. Praktycznie nie wystąpią lata z niedostatkiem wilgotności w korzeniowej warstwie gleby. Dostateczne uwilgotnienie o czasie nieprzekraczającym 20% okresu wegetacji, będzie się pojawiać średnio trzy razy na cztery lata.

Z rozważań tych wynika, że brak odwadniania gleby torfowo-murszowej o średnim stopniu zmurszenia może być akceptowany tylko w przypadku opadowego zasilania gleby w wodę. Sytuacja będzie tym lepsza im suchszy rok, szczególnie zaś – suchszy okres zimowy. Natomiast brak odwodnienia nie może być akceptowany, z powodu występowania długich okresów nadmiernego uwilgotnienia, w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę. W takich warunkach wyjątkowo można godzić się na brak odwodnień w roku szczególnie suchym i po wyjątkowo suchej zimie.

UWILGOTNIENIE GLEBY W WARUNKACH ODWADNIANIA NIEKONTROLOWANEGO

Można przyjąć, że w wyniku niekontrolowanego (samoczynnego) odwadniania poziom wody gruntowej na wiosnę i po dużych opadach deszczu będzie się szybko obniżać, dążąc do głębokości z_3. W takiej sytuacji, w przypadku gleby bez dopływu gruntowego ($q = 0$) praktycznie nie wystąpią okresy nadmiernego uwilgotnie-

nia, w każdym roku natomiast należy oczekiwać okresów posusznych (rys. 4a). W najmniej korzystnej sytuacji pogodowej okres taki może trwać prawie przez cały okres wegetacji. Średnio trzy razy na cztery lata czas niedostatecznego uwilgotnienia gleby będzie wynosił ponad 35% okresu wegetacji. Należy oczekiwać, że średnio co drugi rok dostateczne uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby będzie trwało tylko od 20 do 65% okresu wegetacji.

Korzystniej kształtuje się uwilgotnienie gleb o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę ($q > 0$). W tym przypadku również praktycznie nie wystąpią okresy nadmiernego uwilgotnienia gleby (rys. 4b i 4c). Wraz ze wzrostem intensywności zasilania gruntowego będzie zmniejszać się częstość występowania długich okresów niedostatecznego uwilgotnienia gleby i zwiększać częstość występowania długich okresów uwilgotnienia dostatecznego. W przypadku zasilania gruntowego z intensywnością $q = 1$ mm·d^{-1}, średnio co drugi rok można oczekiwać okresów niedostatecznego uwilgotnienia, których czas trwania wynosi od 20 do 50%, zaś w przypadku intensywności $q = 2$ mm·d^{-1} – od 15 do 40% okresu wegetacji.

Wyniki te świadczą o tym, że niekontrolowane (samoczynne) odwodnienia stanowią dobrą metodę regulacji stosunków powietrzno-wodnych w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę. W przypadku gleb zasilanych w wodę tylko przez opady, taki sposób melioracji może być korzystny tylko w latach wilgotnych i po śnieżnych zimach.

UWILGOTNIENIE GLEBY W WARUNKACH OPTYMALNYCH ODWODNIEŃ

Optymalne odwodnienie to takie, które kończy się gdy zwierciadło wody gruntowej osiągnie poziom, któremu odpowiada największa wartość średniej z rocznych sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby (rys. 3). Zagłębienie tego poziomu pod powierzchnią terenu nazwano normą rolno-środowiskową odwodnień [KACA i in., 2003]. Nazwa ta sugeruje, że powinno się jej przestrzegać m. in. w przypadku łąk, na których realizuje się programy rolno-środowiskowe.

W przypadku gleby torfowo-murszowej o średnim stopniu zmurszenia i opadowym zasilaniu w wodę ($q = 0$), norma ta powinna odpowiadać minimalnej normie odwodnienia, tzn. wartości z_1 (rys. 3a). W przypadku opadowo-gruntowego zasilania tych gleb ($q > 0$) wartość tej normy powinna być uzależniona od intensywności q gruntowego zasilania w wodę. W warunkach zasilania z intensywnością około 1 mm·d^{-1} powinna zawierać się między wartością minimalnej z_1 i średniej z_2 normy odwodnienia (rys. 3b), gdy zaś zasilanie wynosi 2 mm·d^{-1}, powinna być równa średniej normie odwodnienia z_2 (rys. 3c). Należy podkreślić, że wartość tej normy nigdy nie osiąga wartości maksymalnej normy odwodnienia z_3.

Należy zauważyć, że stosując typ „optymalnego" odwodnienia nie jesteśmy w stanie zabezpieczyć się przed występowaniem okresów niekorzystnego uwilgot-

nienia korzeniowej warstwy gleby (rys. 4). W warunkach odwadniania gleb pozbawionych zasilania wodą z zewnątrz ($q = 0$) na głębokość „optymalną" $z_s = z_1$ nie można całkowicie ustrzec się przed niedostatkiem, a także przed nadmiarem wody w warstwie korzeniowej (rys. 4a). W najlepszych warunkach pogodowych należy spodziewać się, że gdzieś w Polsce przez około 20% czasu trwania wegetacji roślin wilgotność korzeniowej warstwy gleby będzie nieodpowiednia, głównie niedostateczna. Średnio, trzy razy na cztery lata wystąpi niedostateczne uwilgotnienie gleby mogące trwać do 40% okresu wegetacji. W najgorszych warunkach pogodowych niedostateczne uwilgotnienie może trwać nawet przez 80% okresu wegetacji.

W korzystnej sytuacji znajdzie się gleba zasilana dopływem gruntowym (rys. 4b i 4c). W glebie zasilanej z intensywnością $q = 1$ mm·d^{-1} i odwadnianej na głębokość z przedziału od z_1 do z_2, średnio trzy razy na cztery lata wystąpi nadmierne uwilgotnienie, które będzie trwało nie dłużej niż 10–20% okresu wegetacji i niedostateczne uwilgotnienie, które będzie trwało nie dłużej niż 5–20% okresu wegetacji. W glebie zasilanej z intensywnością $q = 2$ mm·d^{-1} i odwadnianej na głębokość z_2, średnio trzy razy na cztery lata wystąpi nadmierne uwilgotnienie o czasie trwania do 15% i niedostateczne uwilgotnienie o czasie trwania do 2% okresu wegetacji roślin.

W celu zmniejszenia ryzyka niekorzystnego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby należy, oprócz optymalnego odwodnienia, stosować uzupełniające nawodnienia wodą doprowadzaną z zewnątrz obiektu.

WNIOSKI

1. Głębokość odwodnienia i intensywność gruntowego zasilania gleby w wodę mają istotny wpływ na czasy trwania nadmiernego, dostatecznego i niedostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby. Wpływ ten jest w małym stopniu zróżnicowany zmiennością warunków klimatycznych Polski.

2. Istnieje taka głębokość odwadniania, w warunkach której osiąga się najlepsze uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby – największą wartość średnią z rocznych sum czasów trwania dostatecznego uwilgotnienia korzeniowej warstwy gleby i najmniejsze wartości średnie z rocznych sum czasów trwania nadmiernego i niedostatecznego uwilgotnienia gleby.

3. Najkorzystniejsze uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby torfowo-murszowej o średnim stopniu zmurszenia osiąga się w wyniku odwodnień na głębokość równą:

– minimalnej normie odwodnienia z_1 – w przypadku opadowego zasilania gleby w wodę,
– średniej wartości z minimalnej z_1 i średniej z_2 normy odwodnienia – w przypadku gruntowego zasilania gleby w wodę ze stałą intensywnością $q = 1$ mm·d^{-1},

– średniej normie odwodnienia z_2 – w przypadku dopływu wód gruntowych ze stałą intensywnością $q = 2$ mm·d^{-1}.

4. Brak odwadniania badanej gleby może być akceptowany tylko w przypadku opadowego zasilania jej w wodę. Efekty są tym lepsze im suchszy rok, szczególnie zaś – suchszy okres zimowy. Najgorsze (nieakceptowalne) efekty, tj. duża częstość występowania długich okresów nadmiernego uwilgotnienia, występują w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę.

5. Niekontrolowane (samoczynne) odwodnienia stanowią dobrą metodę regulacji stosunków powietrzno-wodnych w glebach o opadowo-gruntowym zasilaniu w wodę. W przypadku gleb zasilanych w wodę tylko przez opady, taki sposób melioracji może być korzystny tylko w latach wilgotnych i po śnieżnych zimach.

Praca została częściowo sfinansowana przez MNiSW w ramach projektu badawczego nr 2P06S03827

LITERATURA

KACA E., ŁABĘDZKI L, CHRZANOWSKI S., CZAPLAK I, KASPERSKA-WOŁOWICZ W., 2003. Gospodarowanie zapasami wody użytecznej gleb torfowo-murszowych w warunkach regulowanego odpływu w różnych regionach agroklimatycznych Polski. Woda Środ. Obszary Wiej. Rozpr. nauk. monogr. 9 ss. 118.

KACA E., 1999. Modelowanie nawodnień podsiąkowych. Bibl. Wiad. IMUZ 93 ss. 115.

OKRUSZKO H., 1992. Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. W: Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. Bibl. Wiad. IMUZ nr 79 s. 5–14.

OŚWIT J., 1992. Identyfikacja warunków wilgotnościowych w siedliskach łąkowych za pomocą wskaźników roślinnych (metoda fitoindykacji) W: Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. Bibl. Wiad. IMUZ nr 79 s. 39–68.

Edmund KACA, Wiesława KASPERSKA-WOŁOWICZ

THE EFFECT OF THE DRAINAGE DEPTH ON MOISTURE CONDITIONS IN MODERATELY MINERALISED PEAT SOIL

Key words: agro-environmental draining standard, extensive meadow utilisation, regulated outflow

S u m m a r y

The study was focussed on the effect of the draining depth, at variable intensity of ground water input and climatic conditions in Poland, on the prolongation of excessive, sufficient and insufficient moisture content in the rhizosphere of moderately mineralised soil under extensively used 2-cut meadow. Practical problem consisted in looking for „the best" draining depth which would guarantee the longest period of sufficient soil moisture.

As a result of performed studies with the use of calibrated and verified simulation mathematical model it was found that:

1. Draining depth and the intensity of ground feeding with water exerted significant effect on the prolongation of excessive, sufficient and insufficient moisture in the soil rhizosphere. The effect was to a small degree differentiated by variable climatic conditions in Poland.

2. There is such a draining depth, termed agro-environmental draining standard, at which the most beneficial moisture of the soil rhizosphere is obtained. The latter means the highest mean of annual sums of the periods of sufficient soil moisture. The standard is equal to:
- minimum draining standard z_1 – in the case of soil feeding from rainfall,
- mean value of the minimum z_1 and the mean draining standard z_2 – in the case of ground water feeding with a constant intensity of $q = 1$ mm·d^{-1},
- mean draining standard z_2 – in the case of ground water feeding with a constant intensity of $q = 2$ mm·d^{-1}.

3. The lack of drainage of the studied soil is acceptable only in the case of soil feeding from rainfall. The effects are the better the drier is the year – particularly its wintertime. The worst (unacceptable) effects i.e. high frequency of long periods of excessive moisture can be obtained in soils fed from mixed ground and rainfall sources.

4. Uncontrolled (spontaneous) draining is a good method of regulation of water and air relations in soils fed from mixed ground and rainfall sources. In soils fed exclusively from the rainfall such a way of reclamation might be favourable only in wet years and after snowy winters.

Recenzenci:
prof. dr hab. Piotr Kowalik
prof. dr hab. Leon Rembeza

Praca wpłynęła do Redakcji 16.07.2007 r.