

MICHAŁ KOZŁOWSKI, JOLANTA KOMISAREK

Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## NIEDOBORY WODY ŁATWO DOSTĘPNEJ DLA ROŚLIN W CZARNEJ ZIEMI Z POZIOMEM CAMBIC\*

DEFICIENCIES OF READILY PLANT AVAILABLE WATER  
IN GLEYIC CHERNOZEMS (PACHIC)

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań prowadzonych w latach 2009-2011 nad niedoborami wody łatwo dostępnej dla roślin w czarnej ziemi z poziomem cambic w środkowej Wielkopolsce. Celem badań była ocena niedoborów wody w relacji do dolnej granicy wody łatwo dostępnej dla roślin (DGWŁD) obliczonej przy potencjale macierzystym wynoszącym  $-31$  kPa (DGWŁD<sub>31</sub>),  $-49$  kPa (DGWŁD<sub>49</sub>),  $-59$  kPa (DGWŁD<sub>59</sub>) i  $-88$  kPa (DGWŁD<sub>88</sub>). Wyniki badań wskazują, że niedobory wody dla roślin i głębokość przesychnienia gleby zdeterminowane były głównie przez opady. Najsilniejsze i najgłębsze przesychnienie obserwowano w sezonie wegetacyjnym 2011 roku. W sezonie tym obserwowano do głębokości około 40-45 cm wartości potencjału macierzystego wynoszące  $-59$  kPa. Największe niedobory wody obserwowano w okresie od trzeciej dekady maja do drugiej dekady lipca. Niedobory te w 50 cm miąższości wynosiły 7 mm, 17 mm, 21 mm i 34 mm, w relacji do DGWŁD<sub>88</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>49</sub> i DGWŁD<sub>31</sub>. W 30 cm miąższości niedobory wody obserwowano od trzeciej dekady kwietnia do drugiej dekady lipca. W analizowanej czarnej ziemi średnia głębokość strefy potencjału macierzystego wody glebowej równa połowie pojemności wodnej wyniosła około 50 cm w sezonie wegetacyjnym 2011 roku, natomiast w sezonach 2009 i 2010 roku kolejno 35 i 45 cm.

**Słowa kluczowe:** czarne ziemie, niedobory wody, potencjał macierzysty wody glebowej

---

\*Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N305 084635.

## Wstęp

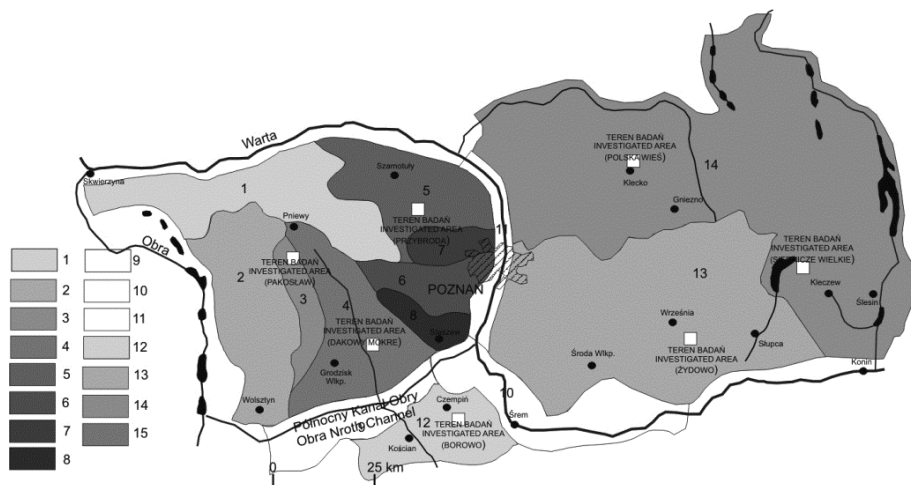
Zrozumienie i przewidywanie dynamiki wody glebowej, w tym niedoborów wody glebowej, stanowi nie tylko punkt wyjścia szczegółowego rozpoznania procesów pedogenetycznych, gdzie geneza gleb wiąże się bezpośrednio ze zróżnicowaniem i sprzężeniem procesów glebotwórczych (GLAZOWSKA 1981, YAALON 1997, MARCINEK i WIŚLAŃSKA 1984, MARCINEK i IN. 1994, 1998, KOMISAREK 2000, KOMISAREK i IN. 2008, KOZŁOWSKI i KOMISAREK 2011), lecz także ma istotne, praktyczne znaczenie dla optymalizacji produkcji roślinnej oraz ochrony i kształtowania zasobów wodnych i glebowych (BOUMA 1983, 1989, CAMPBELL 1985, MARCINEK 1992, RAO 1998, EITZINGER i IN. 2002, 2004, KOMISAREK 2008, KOZŁOWSKI i KOMISAREK 2011). Niedobory wody glebowej z punktu widzenia uprawianych roślin mają szczególne znaczenie w środkowej Wielkopolsce. Obszar ten z jednej strony charakteryzuje się intensywnym rolnictwem, z drugiej zaś najmniejszymi opadami w kraju, małym współczynnikiem odpływu oraz dużym prawdopodobieństwem występowania okresów posusznych w okresie wegetacyjnym (KOWALCZAK i IN. 1997, 2001, KĘDZIORA i IN. 2005, PRZYBYŁA i TYMCZUK 2005). Także wiele prac skupiało swoją uwagę na ocenie deficytów wody na obszarze Polski, jak i Wielkopolski (DZIERŻYC 1988, RICHI 1994, WIERCIOCH 1994, KĘDZIORA i IN. 2005). Oceny te opierały się głównie na bilansie klimatycznym, natomiast zdecydowanie mniej uwagi poświęcono ocenie niedoborów wody glebowej – potencjalnie i łatwo dostępnej dla roślin, które byłyby bezpośrednio odnoszone do danej, dobrze zdefiniowanej jednostki glebowej.

W pracy przedstawiono część wyników badań stacjonarnych nad dynamiką niedoborów wody w czarnej ziemi z poziomem cambic środkowej Wielkopolski.

## Material i metody

Badania prowadzono na siedmiu powierzchniach badawczych, na których wyznaczono 13 pedonów reprezentatywnych gleb płowoziemnych i czarnoziemnych (rys. 1). Spośród analizowanych czarnych ziem w niniejszej pracy zaprezentowano wyniki badań dynamiki wody glebowej w czarnej ziemi z poziomem cambic powierzchni badawczej Przybroda (PRZ 4). Materiałem macierzystym analizowanej gleby jest węglanowa glina zwalowa. Pod względem geomorfologicznym pedon reprezentatywny jest położony w obrębie pedymentu stoku falistej moreny dennej zlodowacenia bałtyckiego fazy poznańskiej (STARKEL 1987, KRYGOWSKI 1961).

Z poszczególnych poziomów genetycznych pobrano monolityczne próbki o strukturze nienaruszonej (w celu wyznaczenia krzywych wodnej retencyjności gleb oraz współczynników filtracji) i naruszonej (w celu określenia ich właściwości fizycznych i chemicznych). Badania terenowe obejmowały instalacje czujników wilgotności gleby typu TDR oraz piezometrów zbudowanych z rur PCV o średnicy 80 mm do pomiaru dynamiki uwilgotnienia gleb (do głębokości 100 cm) i stanów zwierciadła wód gruntowych. W latach 2009-2011 pomiary dynamiki wody glebowej prowadzono w odstępach godzinnych, a głębokość położenia zwierciadła wód gruntowych w odstępach tygodniowych lub miesięcznych.



Rys. 1. Lokalizacja terenu badań (KONDRACKI 2000, zmodyfikowana): 1 – Pojezierze Międzychodzko-Pniewskie, 2 – Równina Nowotomyska, 3 – Wał Lwówecko-Rakoniewicki, 4 – Równina Opalenicka, 5 – Równina Szamotulska, 6 – Równina Poznańska, 7 – Wzgórze Owińskiego-Kierskie, 8 – Pojezierze Stęszewskie, 9 – Dolina Śródkowej Obry, 10 – Kotlina Śremska, 11 – Poznański Przełom Warty, 12 – Równina Kościańska, 13 – Równina Wrzesińska, 14 – Pojezierze Gnieźnieńskie

Fig. 1. Location of investigated area (KONDRACKI 2000, modified): 1 – Międzychód-Pniewy Lakeland, 2 – Nowy Tomyśl Plain, 3 – Lwówek-Rakoniewice Rampart, 4 – Opalenica Plain, 5 – Szamotulny Plain, 6 – Poznań Plain, 7 – Owińska-Kiekrz Hills, 8 – Stęszew Lakeland, 9 – Central Obra Valley, 10 – Śrem Basin, 11 – Warta River Poznań Ravine, 12 – Kościan Plain, 13 – Września Plain, 14 – Gniezno Lakeland

Krzywe wodnej retencyjności gleb (krzywe pF) w zakresie ciśnień do 1 bar oznaczono metodą komór ciśnieniowych Richardsa (KLUTE 1986), a w zakresie niskich potencjałów wody glebowej – metodą prężności pary wodnej nad roztworem kwasu siarkowego (KLUTE 1986, RAWLINS i CAMPBELL 1986). Krzywe wodnej retencyjności gleb zostały przedstawione w postaci równania VAN GENUCHTENA (1980), a wartości parametrów tego równania optymalizowano z zastosowaniem programu RETC (VAN GENUCHTEN i IN. 1991).

Czasową zmienność potencjału macierzystego wody glebowej określono z zastosowaniem metod geostatystycznych, w których podstawową funkcją jest semiwariancja (WARRICK i IN. 1986):

$$\gamma(k) = \frac{1}{2n(k)} \cdot \sum_{i=1}^{n(k)} [z(x_i) - z(x_{i+k})]^2$$

gdzie:  $\gamma(k)$  – wartość funkcji semiwariancji,  $n(k)$  – liczba par obserwacji,  $z(x_i)$  – wartość potencjału macierzystego wody glebowej w czasie (lub punkcie)  $x_i$ ,  $z(x_{i+k})$  – wartość potencjału macierzystego wody glebowej w czasie (lub punkcie)  $x_{i+k}$ ,  $k$  – krok czasowy (lub krok odległości).

Zależności pomiędzy wartościami semiwariancji a skorelowanymi przedziałami czasowymi lub przestrzennymi określono za pomocą programu Variovin 2.21 (PANNATIER 1996) lub Surfer 8 (GOLDEN SOFTWARE 2002), natomiast strukturę zmienności czasowej opisano modelem sferycznym lub Gaussa. Na podstawie struktury zmienności czasowej określono izolinie potencjału macierzystego wody glebowej, stosując interpolację metodą krigingu (WARRICK i IN. 1986).

Niedobory wody glebowej określono w odniesieniu do wartości krytycznych potencjału macierzystego wody glebowej, wyznaczających granice optymalnych możliwości poboru wody przez korzenie roślin danego gatunku. Dla większości roślin uprawianych w warunkach Niziny Wielkopolskiej zahamowanie wzrostu i rozwoju występuje przy potencjale macierzystym  $\Psi_m$  wynoszącym od  $-59$  kPa do  $-31$  kPa (Wesseling cyt. za FEDDESEM i IN. 1997, Taylor i Ashcroft cyt. za VAN DAMEM i IN. 1997). W tabeli 1 zamieszczono wartości krytyczne potencjału macierzystego wody glebowej dla głównych roślin uprawianych w środkowej Wielkopolsce. Z danych tych wynika, że większość roślin wykazuje zahamowanie wzrostu i rozwoju przy  $\Psi_m$  wynoszącym  $-59$  kPa podczas niekorzystnych warunków dla maksymalnego tempa transpiracji. W optymalnych warunkach sprzyjających maksymalnej transpiracji potencjalnej zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin spowodowane niedoborem wody łatwo dostępnej wystąpi już przy  $\Psi_m$  równym  $-31$  kPa, dlatego też niedobory wody glebowej zostały określone w odniesieniu do  $\Psi_m$  równego  $-31$  kPa,  $-49$  kPa,  $-59$  kPa i  $-88$  kPa. Ilościowo niedobory te obliczono (w 30, 50 i 100 cm miąższości) jako różnicę pomiędzy stanem retencji aktualnej a stanem retencji przy DGWŁD (dolna granica wody łatwo dostępnej dla roślin) dla wyżej wymienionych potencjałów krytycznych (DGWŁD<sub>31</sub>, DGWŁD<sub>49</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>88</sub>) oraz dla DGWŁD<sub>75</sub> obliczanej tradycyjnie (DGWŁD<sub>75</sub> = WTW +  $\frac{1}{3}$ (PPW – WTW), gdzie PPW – połowa pojemność wodna, WTW – wilgotność trwałego więdnięcia).

Tabela 1. Wartości krytyczne  $\Psi_m$  dla wybranej roślinności środkowej Wielkopolski (cm) (Wesseling cyt. za FEDDESEM i IN. 1997)

Table 1. Critical  $\Psi_m$  values for some crops in central part of Wielkopolska (cm) (Wesseling cit. after FEDDES et AL. 1997)

Roślina uprawna – Crop plant	$\Psi_{m_1}$	$\Psi_{m_2}$
Zboża ozime – Winter crops	$-500$	$-900$
Buraki cukrowe – Sugar beet	$-320$	$-600$
Ziemniaki – Potatoes	$-320$	$-600$
Kukurydza – Corn	$-325$	$-600$

$\Psi_{m_1}$  – duża potencjalna transpiracja,  $\Psi_{m_2}$  – mała potencjalna transpiracja.

$\Psi_{m_1}$  – high potential evapotranspiration,  $\Psi_{m_2}$  – low potential evapotranspiration.

## Wyniki

Analizowana czarna ziemia z poziomem cambic (PRZ 4) wykształciła się w obrębie pedymentu kateny falistej moreny dennej. Jest to gleba mająca dobrze wykształcony, dużej miąższości (54 cm) epipedon mollic, poniżej którego zalega poziom przejściowy AB. Poziom ten stopniowo i nieregularnie przechodzi w endopedon cambic. Ze względu na zasięg oddziaływania zwierciadła wód gruntowych przez znaczną część roku poziom cambic charakteryzuje się wyraźnymi cechami oglejenia gruntowo-wodnego.

Poziom mollic analizowanej czarnej ziemi, wykazujący uziarnienie gliny lekkiej, charakteryzuje się dużymi zdolnościami retencyjnymi zarówno przy PPW (0,260-0,295 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>), jak i przy WTW (0,075-0,080 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>) (tab. 2), dlatego też ilość wody retencjonowanej w 50 cm miąższości tej gleby przy PPW wynosi 141 mm, natomiast przy WTW 39 mm. W poziomie cambic i glejowym zawartości wody przy PPW są wyraźnie mniejsze (0,245 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>) niż w powierzchniowym poziomie mollic. W 100-centymetrowej strefie korzenienia się roślin gleba ta retencjonuje 267 mm przy PPW.

Tabela 2. Wybrane właściwości analizowanej czarnej ziemi z poziomem cambic  
Table 2. Chosen properties of investigated Gleyic Chernozems (Pachic)

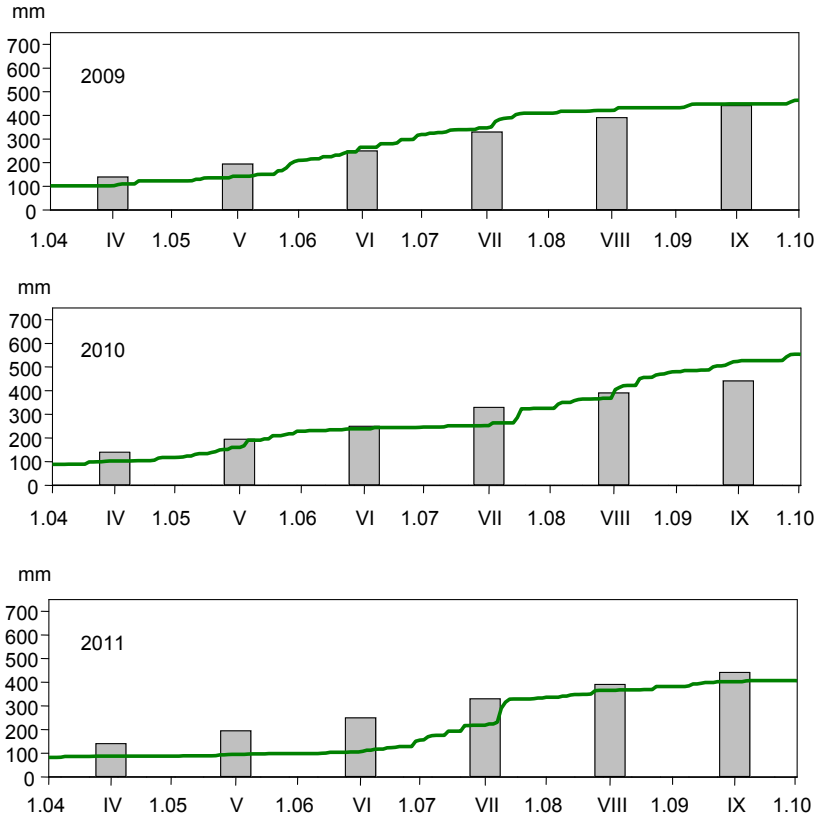
Poziom glebowy Soil horizon	Głębokość Depth (cm)	Zawartość frakcji Soil separates (%)			Grupa granulometryczna Soil texture		OM (%)	$\theta_c$	$\theta_{PPW}$	$\theta_{WTW}$	$\alpha$	$n$
		$\varnothing$ 2,00-0,05 mm	$\varnothing$ 0,05-0,002 mm	$\varnothing$ < 0,002 mm	KLASYFIKACJA... 2009	SOIL... 1975						
Ap	0-33	64	25	11	gl	fSL	2,64	0,456	0,295	0,080	0,0461	1,2670
A2	33-54	63	23	14	gl	fSL	1,73	0,405	0,260	0,075	0,0527	1,2522
AB	54-66	62	20	18	gl	fSL	0,97	0,339	0,251	0,108	0,0519	1,1714
Bwg	66-90	63	21	16	gl	fSL	0,54	0,358	0,245	0,087	0,0563	1,2094
G1k	90-115	60	25	15	gl	fSL	0,35	0,336	0,245	0,093	0,0422	1,1998

OM – zawartość materii organicznej,  $\theta_c$  – pełna pojemność wodna,  $\theta_{PPW}$  – połowa pojemność wodna,  $\theta_{WTW}$  – wilgotność trwałego wędnięcia,  $\alpha$  i  $n$  – parametry równania Van Genuchtena.

OM – organic matter content,  $\theta_c$  – saturated moisture content,  $\theta_{PPW}$  – field capacity,  $\theta_{WTW}$  – permanent wilting point,  $\alpha$  and  $n$  – parameters of Van Genuchten equations.

Na rysunku 2 przedstawiono skumulowane wartości opadu atmosferycznego w sezonach wegetacyjnych na tle średniej z wielolecia sumy opadów. W okresie prowadzonych badań sezony wegetacyjne 2009 i 2011 roku zakwalifikowano pod względem ilości opadów do przeciętnych, a sezon 2010 roku – jako bardzo wilgotny, według kryteriów KACZOROWSKIEJ (1962).

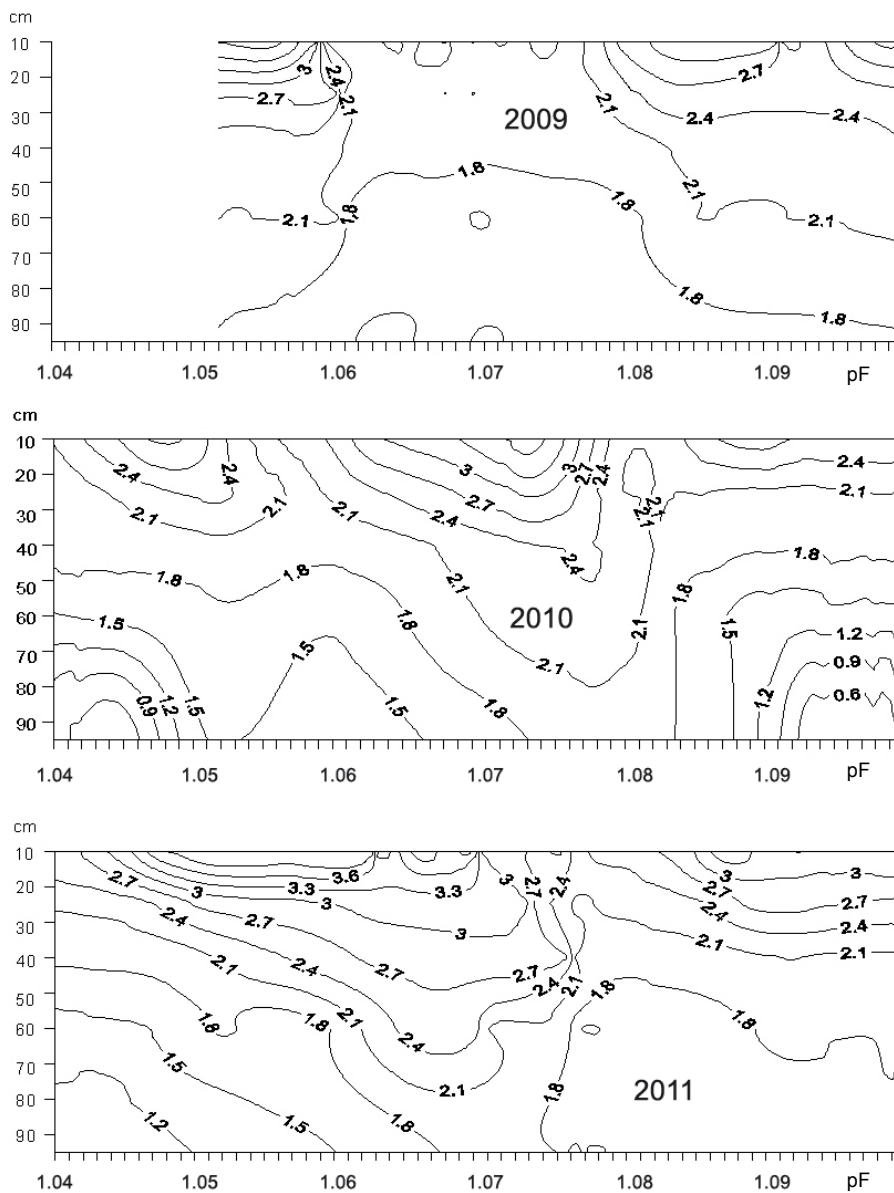
Na rysunku 3 przedstawiono zróżnicowanie potencjału macierzystego ( $\Psi_m$ ) w 100 cm miąższości badanej gleby dla sezonów wegetacyjnych 2009, 2010 i 2011 roku obejmujących okres od pierwszej dekady kwietnia do trzeciej dekady września, a na rysunku 4 przedstawiono dynamikę stanów retencji wody glebowej (Ra) na tle DGWŁD<sub>31</sub>,



Rys. 2. Skumulowany opad atmosferyczny w sezonach wegetacyjnych (linia) na tle średniego z wielolecia skumulowanego opadu (słupki) dla Poznania

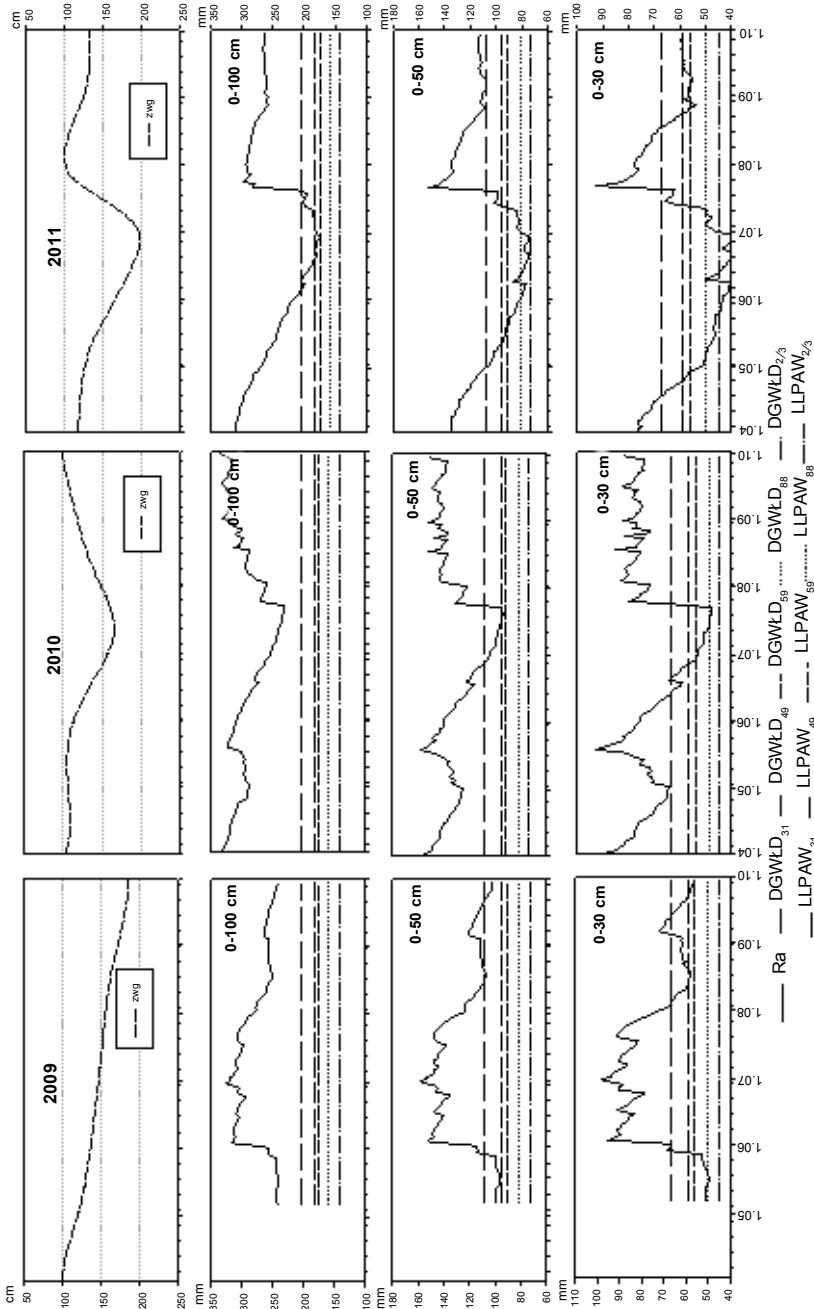
Fig. 2. Cumulative precipitation in growing seasons (line) in relation to the average cumulative precipitation (bars) from long-term for Poznań

DGWŁD<sub>49</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>88</sub>, DGWŁD<sub>75</sub> w 30, 50 i 100 cm miąższości. W sezonie 2009 obserwowano stopniowy wzrost siły ssącej do trzeciej dekady maja w poziomie mollic. Wartości  $\Psi_m$  wynoszące  $-59$  kPa obserwowano do głębokości około 25 cm. W kolejnych miesiącach ze względu na ponadprzeciętną ilość opadów nie obserwowano wyraźnego przesuszenia badanej gleby. Analizując 1-metrową strefę korzenienia się roślin czarnej ziemi z poziomem cambic w sezonie wegetacyjnym 2009 roku, nie obserwowano niedoborów wody łatwo dostępnej dla roślin w relacji do DGWŁD<sub>31</sub>, DGWŁD<sub>49</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>88</sub> i DGWŁD<sub>75</sub>. W miąższości 50 cm nie odnotowano deficytów wody w odniesieniu do DGWŁD<sub>75</sub>, DGWŁD<sub>88</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>49</sub>, natomiast w odniesieniu do DGWŁD<sub>31</sub> traktowanej jako granica pomiędzy wodą łatwo a trudno dostępną, niedobory takie wystąpiły. Wielkości niedoborów obliczone dla buraków cukrowych, ziemniaków i kukurydzy w warunkach sprzyjających dużej transpiracji potencjalnej w odniesieniu do DGWŁD<sub>31</sub> wynosiły 11 mm i występowały do końca trzeciej dekady maja. W 30-centymetrowej miąższości, która charakteryzuje



Rys. 3. Chroniozoplety potencjału macierzystego  $\Psi_m$  w 100-centymetrowej warstwie badanej gleby

Fig. 3. Temporal variability of the soil matric potential  $\Psi_m$  in 100 cm layer of investigated soil



Rys. 4. Dynamika stanów retencji wody glebowej oraz zwierciadła wód gruntowych (zgw) w pedonie PRZ 4 w 100-, 50- i 30-centymetrowej miąższości

Fig. 4. Dynamics of soil water retention and groundwater table (zgw) in PRZ 4 pedon in 100, 50 and 30 cm soil layers



strefę płytko korzeniących się roślin, obserwowano niższe stany retencji wody glebowej aniżeli ilości wody magazynowane przy  $DGWŁD_{31}$ ,  $DGWŁD_{49}$ ,  $DGWŁD_{59}$ , jak i  $DGWŁD_{88}$  do trzeciej dekady maja. W sezonie wegetacyjnym 2010 roku do trzeciej dekady czerwca obserwowano duże wartości  $\Psi_m$ , co było związane z dużymi opadami w kwietniu i maju. Następnie, ze względu na małe ilości opadu, zanotowano spadek wartości  $\Psi_m$ . Do głębokości około 30 cm obserwowano zawartości wody retencionowanej z siłami  $\Psi_m = -59$  kPa. Od końca drugiej dekady lipca wartości  $\Psi_m$  wyraźnie wzrosły, co związane było z dużą ilością opadów. Uwzględniając warstwę 1-metrową jako strefę korzenia się roślin w analizowanej glebie czarnoziemnej, nie zaobserwowano niedoborów wody. Biorąc pod uwagę 50-centymetrową miąższość analizowanego pedonu, także nie obserwowano niedoborów wody w stosunku do  $DGWŁD_{75}$ ,  $DGWŁD_{88}$ ,  $DGWŁD_{59}$ , natomiast w relacji do  $DGWŁD_{49}$  i  $DGWŁD_{31}$  niedobory takie wystąpiły. Przypadały one na pierwszą i drugą dekadę lipca oraz początkowe dni trzeciej dekady lipca i wynosiły maksymalnie 14 mm w relacji do  $DGWŁD_{31}$ . W miąższości 30 cm deficyty wody łatwo dostępnej pojawiły się już w trzeciej dekadzie czerwca i trwały do pierwszych dni trzeciej dekady lipca. W sezonie wegetacyjnym 2011 roku następujące po sobie dwa miesiące skrajnie suche (kwiecień i maj) oraz kolejny przeciętny (czerwiec) pod względem ilości opadów zadecydowały o głębokim przesuszeniu czarnej ziemi z poziomem cambic. Od początku okresu wegetacyjnego obserwowano wyraźne wyczerpywanie wody łatwo dostępnej dla roślin, co skutkowało spadkiem wartości  $\Psi_m$ . W analizowanej czarnej ziemi do głębokości około 45 cm występowały zawartości wody odpowiadające  $\Psi_m = -59$  kPa. Stan taki utrzymywał się końca drugiej dekady lipca, po czym nastąpiła szybka odbudowa stanów retencji i wzrost wartości  $\Psi_m$ . W 1-metrowej warstwie gleby nie obserwowano niedoborów wody w odniesieniu do  $DGWŁD_{75}$ , jak i  $DGWŁD_{88}$ , natomiast w relacji do  $DGWŁD_{59}$  niedobory wody łatwo dostępnej dla roślin wystąpiły. Niedobory te obserwowano w trzeciej dekadzie czerwca, jednak nie przekraczały one 1 mm. Uwzględniając  $DGWŁD_{31}$ , obejmowały one dłuższy przedział czasowy (od pierwszej dekady czerwca do drugiej dekady lipca) i wynosiły maksymalnie 31 mm w odniesieniu do retencji wody. W miąższości 50 cm analizowanej czarnej ziemi nie obserwowano niedoborów wody w relacji do  $DGWŁD_{75}$ , natomiast zanotowano wyraźnie mniejsze stany retencji aniżeli ilości magazynowanej wody przy  $DGWŁD_{88}$ ,  $DGWŁD_{59}$ ,  $DGWŁD_{49}$  i  $DGWŁD_{31}$ . W odniesieniu do  $DGWŁD_{31}$  deficyty wody występowały od pierwszej dekady maja do drugiej dekady lipca, natomiast w stosunku do  $DGWŁD_{59}$  – od trzeciej dekady maja do drugiej dekady lipca. W 30-centymetrowej strefie korzenia się roślin deficyty wody łatwo dostępnej pojawiły się już w trzeciej dekadzie kwietnia i trwały do drugiej dekady lipca ( $DGWŁD_{31}$ ) i wynosiły maksymalnie 27 mm.

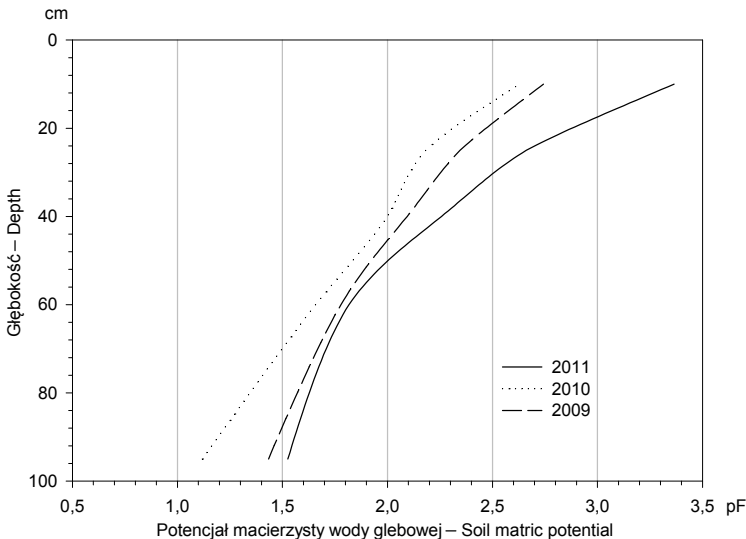
## Dyskusja

Z punktu widzenia genezy i ewolucji gleb oraz produkcji roślinnej ważne jest określenie, jak głęboko i kiedy w okresie wegetacyjnym i do jakich wartości  $\Psi_m$  występują przesuszenia gleb i niedobory wody (KOZŁOWSKI i KOMISAREK 2011).

Na podstawie trzech lat badań można stwierdzić, że w okresie wegetacyjnym silnemu przesuszeniu ulega poziom mollic analizowanej czarnej ziemi z poziomem cambic.

Cykliczne przesuszanie i nawilżanie czarnych ziem było obserwowane przez MARCINKA i IN. (1994), SPYCHALSKIEGO (1998), KOMISAREK (2000), MARCINKA i KOMISAREK (2000), KOMISAREK i IN. (2008), KOZŁOWSKIEGO i KOMISAREK (2011) oraz KOZŁOWSKIEGO i IN. (2011).

Otrzymane wyniki badań nie potwierdzają tak silnego i głębokiego przesuszenia czarnych ziem, jakie było obserwowane przez MARCINKA i IN. (1994), SPYCHALSKIEGO (1998), KOMISAREK i IN. (2008), KOZŁOWSKIEGO i KOMISAREK (2011). Analizowana gleba z jednej strony charakteryzuje się dużymi zdolnościami retencyjnymi, a z drugiej płytkim zaleganiem zwierciadła wody gruntowej, dlatego też przesuszenie czarnych ziem jest łagodzone przez płycej zalegające wody gruntowe. Pomimo wyraźnego oddziaływania zwierciadła wód gruntowych na dolną strefę profilu, do głębokości 40-45 cm były obserwowane wartości potencjału macierzystego wody glebowej wynoszące – 59 kPa. Jest to wartość, przy której następuje zahamowanie optymalnego wzrostu i rozwoju większości roślin uprawianych w warunkach środkowej Wielkopolski. Stąd też w sezonie wegetacyjnym 2011 roku w 50-centymetrowej strefie korzenienia się roślin stwierdzono niedobory wody łatwo dostępnej. Wystąpiły one w okresie od początku trzeciej dekady maja do drugiej dekady lipca. Ilościowo deficyty te maksymalnie wynosiły 7 mm, 17 mm, 21 mm i 34 mm, kolejno dla roślin wykazujących zahamowanie wzrostu i rozwoju przy  $-\Psi_m$  88 kPa, 59 kPa, 49 kPa i 31 kPa. Dla roślin z płytkim systemem korzeniowym niedobory wody glebowej w 30-centymetrowej miąższości pojawiły się już w trzeciej dekadzie kwietnia i trwały do drugiej dekady lipca (w relacji do  $\Psi_m = -31$  kPa), wynosząc maksymalnie 27 mm. To silne przesuszenie w sezonie wegetacyjnym 2011 roku zadecydowało o występowaniu średniej strefy potencjału



Rys. 5. Średnia wartość potencjału macierzystego  $\Psi_m$  wody glebowej w czarnej ziemi z poziomem cambic

Fig. 5. Average value of soil matric potential  $\Psi_m$  of Gleyic Chernozems (Pachic)

macierzystego wody glebowej odpowiadającej połowej pojemności wodnej na głębokości około 50 cm w analizowanej czarnej ziemi, czego nie potwierdzają wcześniejsze wyniki badań KOMISAREK i KOZŁOWSKIEGO (2008) oraz KOZŁOWSKIEGO i KOMISAREK (2011). W sezonach wegetacyjnych 2009 i 2010 roku głębokości te wynosiły odpowiednio 35 i 45 cm (rys. 5).

## Wnioski

1. Czarne ziemie z poziomem cambic wytworzone z glin zwałowych charakteryzują się silnym przesuszeniem poziomu mollic. Przesuszenie dolnych partii profilu jest łagodzone przez płycej zalegające wody gruntowe.

2. W czarnej ziemi z poziomem cambic do głębokości 45 cm obserwowano wartości potencjału macierzystego wody glebowej wynoszące  $-59$  kPa, co powodowało zahamowanie optymalnego wzrostu i rozwoju większości uprawianych roślin zakorzenionych w 50-centymetrowej miąższości gleby.

3. Największe niedobory wody glebowej wystąpiły w sezonie wegetacyjnym 2011 roku i w 50-centymetrowej miąższości wynosiły 7 mm, 17 mm, 21 mm i 34 mm, kolejno w relacji do DGWŁD<sub>88</sub>, DGWŁD<sub>59</sub>, DGWŁD<sub>49</sub> i DGWŁD<sub>31</sub>. Trwały od trzeciej dekady maja do drugiej dekady lipca. W 30-centymetrowej strefie korzenienia się roślin deficyty wody łatwo dostępnej pojawiły się już w trzeciej dekadzie kwietnia i trwały do drugiej dekady lipca, wynosząc maksymalnie 27 mm (w relacji DGWŁD<sub>31</sub>).

4. Średnia głębokość strefy potencjału macierzystego wody glebowej równa połowej pojemności wodnej wyniosła około 50 cm w sezonie wegetacyjnym 2011 roku, a w sezonach 2009 i 2010 roku, kolejno 35 i 45 cm.

## Literatura

- BOUMA J., 1983. Hydrology and soil genesis of soil with aquic moisture regimes. W: *Pedogenesis and soil taxonomy. I. Concept and interaction*. Red. L.P. Wilding, N.E. Smeck, G.F. Hall. *Dev. Soil Sci.* 11 A: 253-281.
- BOUMA J., 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Adv. Soil Sci.* 9: 177-213.
- CAMPBELL G.S., 1985. Soil physics with BASIC. Transport models for soil-plant systems. *Dev. Soil Sci.* 14.
- DZIERZYC J., 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN, Warszawa.
- EITZINGER J., MARINKOVIC D., HÖSCH J., 2002. Sensitivity of different evapotranspiration calculation methods in different crop-weather models. W: *Integrated Assessment and Decision Support. Proceeding of the 1st Biennial Meeting of the iEMSs*. Red. A.E. Rizzoli, A.J. Jakeman. Vol. 2. IEMSS, Lugano (Switzerland): 395-400.
- EITZINGER J., TRNKA M., HÖSCH J., ZALUD Z., DUBROVSKY M., 2004. Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil condition. *Ecol. Model.* 171: 233-246.
- FEDDES R.A., KOOPMANS R.W.R., VAN DAM J.C., 1997. *Agrohydrology*. Department of Environmental Sciences, Wageningen University, Wageningen.
- GLĄZOWSKA M.A., 1981. *Gleby kuli ziemskiej*. PWN, Warszawa.

- GOLDEN SOFTWARE, 2002. Surfer version 8.01. 2002. Surface Mapping System, Colorado.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr. Inst. Geogr. Przestrz. Zagosp.* PAN 33.
- KĘDZIORA A., RYSZKOWSKI L., PRZYBYŁA CZ., 2005. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych i ich jakości w krajobrazie rolniczym. W: *Gospodarowanie wodą w Wielkopolsce*. Red. K. Kasprzak. Abrys, Poznań: 16-25.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych PTG – 2008. 2009. *Rocz. Glebozn.* 60, 2: 5-16.
- KLUTE A., 1986. Water retention: laboratory methods. W: *Methods of soil analysis*. P. 1. Physical and mineralogical methods. Red. A. Klute. American Society of Agronomy, Madison (WI): 635-660.
- KOMISAREK J., 2000. Kształtowanie się właściwości gleb płowych i czarnych ziem oraz chemizmu wód gruntowych w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 307.
- KOMISAREK J., 2008. Zmienność czasowa zawartości wody w strefie korzenia roślin w glebie płowej zaciekowej opadowo-glejowej. *Rocz. Glebozn.* 59, 2: 130-138.
- KOMISAREK J., KOZŁOWSKI M., 2008. Zastosowanie modelu symulacyjnego SWAP do określenia uwilgotnienia gleb o opadowo-retencyjnym reżimie wodnym. *Rocz. Glebozn.* 59, 2: 119-129.
- KOMISAREK J., KOZŁOWSKI M., WIATROWSKA K., 2008. Deficiencies of plant available water in soil catena of undulating ground moraine. *Nauka Przyr. Technol.* 2, 3, #23.
- KONDRACKI J., 2001. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOWALCZAK P., FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KUŹNICKA M., MAGER P., 1997. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. *Mater. Bad. Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód* 19.
- KOWALCZAK P., 2001. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty. IMGW, Warszawa.
- KOZŁOWSKI M., KOMISAREK J., 2011. Dynamika uwilgotnienia w wybranych glebach płowych i czarnych ziemiach na Pojezierzu Poznańskim. *Rocz. Glebozn.* 62, 2: 226-239.
- KOZŁOWSKI M., KOMISAREK J., WIATROWSKA K., 2011. Bilans wodny gleb układów katenalnych Pojezierza Poznańskiego w sezonie wegetacyjnym. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #85.
- KRYGOWSKI B., 1961. *Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej*. Cz. I. Geomorfologia. Wyd. Mat.-Przyr. Komit. Fizjogr. PTPN, Poznań.
- MARCINEK J., 1992. Parametryzacja środowiska wodnego w aspekcie gospodarki wodnej gleb. *Probl. Agrofiz.* 67: 20-52.
- MARCINEK J., KAŻMIEROWSKI C., KOMISAREK J., 1998. Rozmieszczenie gleb i zróżnicowanie ich właściwości w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 460: 53-73.
- MARCINEK J., KOMISAREK J., 2000. Wpływ naturalnych warunków drenażu gleb na ich reżim wodny. *Rocz. AR Pozn.* 317, *Roln.* 56: 79-88.
- MARCINEK J., SPYCHAŁSKI M., KOMISAREK J., 1994. Dynamika wody glebowej w glebach autogenicznych i semihydrogenicznych w układzie toposekwencyjnym moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Rocz. AR Pozn.* 268, *Melior. Inż. Środ.* 15, cz. 1: 131-145.
- MARCINEK J., WIŚLAŃSKA A., 1984. Asocjacje czarnych ziem i gleb płowych falistej moreny dennej Równiny Kościańskiej. *Rocz. AR Pozn.* 149, *Melior.* 5: 65-81.
- PANNATIER Y., 1996. *VARIOWIN. Software for Spatial Data Analysis in 2D*. Springer, New York.
- PRZYBYŁA CZ., TYMCZUK Z., 2005. Aktualny stan i program małej retencji dla Wielkopolski. W: *Gospodarowanie wodą w Wielkopolsce*. Red. K. Kasprzak. Abrys, Poznań: 7-15.
- RAO N.H., 1998. Grouping water storage properties of Indian soils for soil water balance model application. *Agric. Water Manage.* 29: 201-213.

- RAWLINS S.L., CAMPBELL G.S., 1986. Water potential: thermocouple psychrometry. W: *Methods of soil analysis*. P. 1. Physical and mineralogical methods. Red. A. Klute. American Society of Agronomy, Madison, WI: 597-618.
- RICHI M.S., 1994. Czasowo-przestrzenny rozkład stosunku ewapotranspiracji rzeczywistej do opadów w Wielkopolsce. *Rocz. Nauk Roln. Ser. F* 83, 3/4: 43-56.
- SOIL taxonomy. 1975. U. S. Dep. Agric. Agric. Handb. 436.
- SPYCHALSKI M., 1998. Gospodarka wodna wybranych gleb uprawnych Pojezierzy Poznańskiego i Leszczyńskiego. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 284.
- STARKEL L., 1987. Przeglądowa mapa geomorfologiczna Polski (1:500 000). Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- VAN DAM J.C., HUYGEN J., WESSELING J.G., FEDDES R.A., KABAT P., VAN WALSUM P.E.V., GROENENDIJK P., VAN DIEPEN C.A., 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment. Rep. 71, Tech. Doc. 45, Wageningen Agricultural University, Alterra Green World Research, Wageningen.
- VAN GENUCHTEN M.TH., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898.
- VAN GENUCHTEN M.TH., LEIJ F.J., YATES S.R., 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soil. EPA/600/2-91/065.
- WARRICK A.W., MYERS D.E., NIELSEN D.R., 1986. Geostatistical methods applied to soil science. W: *Methods of soil analysis*. P. 1. Physical and mineralogical methods. Red. A. Klute. American Society of Agronomy, Madison (WI): 53-82.
- WIERCIOCH T., 1994. Rozkład przestrzenny rolniczo-klimatycznych bilansów wodnych w dorzeczu Warty i środkowej Odry. *Rocz. AR Pozn.* 257, *Melior. Inż. Środ.* 13: 205-213.
- YAALON D.H., 1997. Soil in the Mediterranean region: what makes them different? *Catena* 28: 157-169.

## DEFICIENCIES OF READILY PLANT AVAILABLE WATER IN GLEYIC CHERNOZEMS (PACHIC)

**Summary.** The study presents the results of research on the deficiencies of water content in the Gleyic Chernozems (Pachic) of the central part of Wielkopolska during 2009-2011. The objective was to determine the soil water deficiencies in relation to the lower limit of plant available water (LLPAW) calculated at matric potential of  $-31$  kPa (LLPAW<sub>31</sub>),  $-49$  kPa (LLPAW<sub>49</sub>),  $-59$  kPa (LLPAW<sub>59</sub>) and  $-88$  kPa (LLPAW<sub>88</sub>). The research results indicate that the crop water deficiency and the depth of soil drying up were strongly determined mainly by the rainfall. During periods of vegetation the strongest and the deepest drying up was observed in 2011. In this vegetative period in the Gleyic Chernozems (Pachic) to depth of about 40-45 cm the soil matric potential of  $-59$  kPa was observed. The highest soil water deficiencies from the third decade of May to the second decade of July were observed. These deficiencies in 50 cm thickness were 7 mm, 17 mm, 21 mm and 34 mm, in relation to LLPAW<sub>88</sub>, LLPAW<sub>59</sub>, LLPAW<sub>49</sub> and LLPAW<sub>31</sub>. Considering the 30 cm soil thickness the water deficiencies were noted from the third decade of April to the second decade of July. In the analysed Chernozems the calculated average soil matric potential depth equal to the field capacity was about 50 cm in 2011, whereas in 2009 and 2010 – 35 and 45 cm, respectively.

**Key words:** Chernozems, water deficiencies, soil water matric potential

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Michał Kozłowski, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 61-691 Poznań, Poland, e-mail: mkozl@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

*25.09.2013*

*Do cytowania – For citation:*

*Kozłowski M., Komisarek J., 2013. Niedobory wody łatwo dostępnej dla roślin w czarnej ziemi z poziomem cambic. Nauka Przyr. Technol. 7, 4, #54.*