

UDZIAŁ CZYNNIKA WODNEGO W MODELOWANIU KATEGORYZACJI ORAZ OCENY PRZYDATNOŚCI GRUNTÓW DO UPRAWY ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Janusz OSTROWSKI¹⁾, Agnieszka GUTKOWSKA²⁾,
Edmund TUSIŃSKI¹⁾

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich

²⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Łąk i Pastwisk

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, warunki glebowo-wodne

Streszczenie

W pracy przedstawiono założenia postępowania metodycznego, które przyjęto w modelowaniu kategoryzacji oraz oceny przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych i jej kartograficznej prezentacji techniką komputerową w oparciu o zasoby bazy danych o glebach marginalnych, opracowanej i dostępnej w IMUZ, zawierającej dane przestrzenne o glebach użytków rolnych, ich przydatności rolniczej i statusie ochronnym, a także o rozkładzie przestrzennym opadów i ukształtowaniu terenu.

Przeprowadzone analizy i badania wykazały zróżnicowanie wymagań wodnych roślin energetycznych uprawianych w Polsce. Potwierdziły również słuszność przyjętych zasad kategoryzacji i zastosowanych modeli diagnostycznych oraz opartej na nich możliwości sparymetryzowania podziału gruntów pod kątem wymagań wodnych analizowanych roślin na trzy grupy:

I – grunty przydatne do uprawy roślin preferujących dobre uwilgotnienie gleb i wrażliwych na niedobór opadów – wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.), rdestowca sachalińskiego (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai) i mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea* L.);

II – grunty przydatne do uprawy roślin tolerujących zróżnicowane uwilgotnienie gleb i mało wrażliwych na niedobór opadów – spartiny periwowej (*Spartina pectinata* Bosc ex Link), miskanta olbrzymiego (*Miscanthus sinensis gigantea* J.M. Greif & M. Deuter);

III – grunty przydatne do uprawy roślin tolerujących ograniczone uwilgotnienie gleb i odpornych na niedobór opadów – ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.), palczatki Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman) i miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hackel).

Dzięki bazie danych o glebach marginalnych możliwa jest kartograficzna wizualizacja, w skali regionalnej, rozmieszczenia gleb o różnych warunkach wodnych przydatnych do uprawy roślin energetycznych oraz zbilansowanie powierzchni ich występowania.

WSTĘP

Jednym z alternatywnych źródeł pozyskiwania energii cieplnej jest biomasa specjalnie produkowana na ten cel w obszarach wiejskich. Priorytetem zrównoważonego rozwoju tych obszarów jest racjonalne zachowanie funkcji produkcyjnej gruntów rolnych z przeznaczeniem na zaspokojenie surowcowych potrzeb gospodarki żywnościowej. Nie wszystkie jednak grunty użytkowane rolniczo mają walory, gwarantujące opłacalną produkcję płodów rolnych. Wobec znacznych możliwości osiagania na lepszych glebach wysokich plonów metodami agrotechnicznymi występuje zjawisko przestrzennego ograniczania upraw na gruntach mniej urodzajnych i ugorowania lub odłogowania ich. Pozostawianie ich bez opieki agrotechnicznej powoduje degradację gleb i deprecjację ich funkcji środowiskowych.

Ważną alternatywą dla wykorzystania niektórych gleb może być przeznaczenie ich na cele produkcji biomasy energetycznej. Wymaga to jednak rozważenia, które spośród gruntów mniej przydatnych do upraw rolniczych mogą być przeznaczone do zakładania plantacji roślin energetycznych. Ponieważ grunty te cechują gorsze walory edaficzne, należy rozważyć, w jakim stopniu będą one ograniczać warunki siedliskowe, sprzyjające uprawie roślin energetycznych.

Do najważniejszych uwarunkowań należy możliwość naturalnego zaspokajania zapotrzebowania tych roślin na wodę. Spełnienie tego warunku w istotny sposób rzutuje na sprecyzowanie metodycznych podstaw kategoryzacji i przestrzennej delimitacji gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych.

Celem publikacji jest przedstawienie założeń postępowania metodycznego, które przyjęto podczas modelowania kategoryzacji [OSTROWSKI, 2008] oraz oceny przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych [OSTROWSKI, GUTKOWSKA, 2008] i jej kartograficznej prezentacji techniką komputerową [OSTROWSKI, TUSIŃSKI, GUTKOWSKA, 2008] w oparciu o zasoby bazy danych o glebach marginalnych [OSTROWSKI, 1999], zawierającej kompleksowy zestaw informacji charakteryzujących pokrywę glebową i warunki siedliskowe użytków rolnych.

Prace nad rozwiązaniem problemu podjęto w ramach realizacji polsko-norweskiego projektu „Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy”, w którym przyjęto wykorzystanie do tego celu techniki komputerowej oraz, zawartych w dostępnej bazie danych, informacji przestrzennych o warunkach siedliskowych użytków rolnych.

OGÓLNE ZASADY KWALIFIKACJI GRUNTÓW PRZYDATNYCH DO UPRAWY ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Nadrzędnym celem było znalezienie i określenie rozmiarów niszy przestrzennej w obszarach wiejskich, obejmującej grunty potencjalnie przydatne do uprawy roślin energetycznych.

Według autorów – spełnienie sugerowanego przez UE poziomu produkcji biomasy energetycznej w Polsce w wysokości 27 mln t rocznie [Wniosek..., 2006] wymaga docelowego przeznaczenia na ten cel ok. 2,2 mln ha gruntów rolnych. Możliwość ich zagospodarowania bez uszczerbku dla zaspokożenia potrzeb żywnościowych potwierdza szacunek dokonany przez FISCHERA, PRIELERA i VAN VELT-HUIZENA [2005].

Kierując się kryteriami zasobowymi, określającymi zasadę podziału gruntów rolnych według ich walorów uprawowych, oraz kryteriami uprawowymi zapewniającymi zgodność warunków siedliskowych z wymaganiami roślin energetycznych, przy dopuszczalnej minimalizacji spełnienia tych wymagań, dokonano ogólnej analizy przydatności rolniczej gleb pod kątem ich przeznaczenia do uprawy roślin energetycznych. Wykazano między innymi, że znaczną część wytypowanych według tych zasad gruntów cechują ograniczenia uprawowe mieszczące się jednak w przedziałach tolerancji roślin energetycznych lub możliwe do skorygowania przez zabiegi agrotechniczne (np. nawożenie, dobór roślin lub lokalizację plantacji, stosowanie nawodnień).

Uwzględniając występujące ograniczenia, grunty rolne zgrupowano w pięć kategorii przydatności [OSTROWSKI, 2008]:

- 1 (P) – grunty rolne preferowane do uprawy roślin energetycznych, spełniające ich wymagania siedliskowe;
- 2 (PW) – grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych z ograniczeniem czynnika wodnego, powodującym konieczność uprawy roślin tolerujących niedobory wilgoci w glebie lub stosowania nawodnień;
- 3 (PZ) – grunty preferowane do uprawy roślin energetycznych – zreultywowane lub silnie zanieczyszczone;
- 4 (PO) – grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych z preferencją funkcji ekologiczno-ochronnej i możliwością uprawy roślin niewykazujących nadmiernej ekspansji przestrzennej;
- 5 (PR) – grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych z preferencją użytkowania rolniczego.

Jak wynika z przytoczonych definicji, należące do tych kategorii grunty cechują różne warunki siedliskowe, co różnicuje ich przydatność pod uprawę poszczególnych roślin energetycznych. Znalazło to odzwierciedlenie w doborze kryteriów oceny przydatności gruntów do uprawy tych roślin.

Na potrzeby kategoryzacji gruntów i oceny ich przydatności do uprawy roślin energetycznych skonstruowano dwa odrębne modele diagnostyczne, służące do komputerowej delimitacji gruntów według użytych w tych modelach kryteriów.

Strukturę diagnostyczną pierwszego z nich – modelu kategoryzacji [OSTROWSKI, 2008] – tworzą relacje układów diagnostycznych parametryzujących następujące kryteria (rys. 1):

- potencjał produkcyjny gleb,
- warunki hydroklimatyczne,
- przydatność rolniczą gleb i gruntów,
- użytkowanie terenu.

Korzystanie z modelu ilustruje następujący przykład, który odnosi się do zaznaczonego na szaro pola kategoryzacji na rysunku 1.: mada F o składzie granulometrycznym piasku gliniastego, podścielonego piaskiem luźnym pg/p, należąca do 6 kompleksu przydatności rolniczej i rolniczej funkcji użytkowej r, w przypadku występowania w strefie opadu rocznego <550 mm odnosi się do kategorii PW (grunty z ograniczeniem czynnika wodnego), a w strefie opadu >550 mm – do kategorii P (grunty preferowane do uprawy roślin energetycznych).

Drugi model diagnostyczny, służący do oceny przydatności gruntów do uprawy dziewięciu roślin energetycznych – wierzyby wiciowej (*Salix viminalis* L.), ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), słonecznika bulwiastego (topinamburu) (*Helianthus tuberosus* L.), rdestowca sachalińskiego (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai), miskanta olbrzymiego (*Miscanthus sinensis gigantea* J.M. Greif & M. Deuter), miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hackel), spartiny preriowej (*Spartina pectinata* Bosc ex Link), palczatki Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman), mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea* L.), skonstruowano w formie tabeli relacyjnej. Uwzględniono w nim następujące kryteria diagnostyczne, wynikające z analizy szeregu przedmiotowych publikacji (m.in. FABER [2005], FABER, KUŚ, STASIAK [2007], KOCHANOWSKA, GAMRAT [2007], KSIĄŻAK [2007], MAJTKOWSKI [2004], NALBORCZYK [1996], PODLEŚNY [2005], DUBAS, TOMCZYK [2005]):

- glebowe – z podziałem na gleby uprawne oraz zdewastowane i zanieczyszczone chemicznie,
- wodne – jako potrzebę lub tolerowanie ograniczonego uwilgotnienia gleb w ciągu okresu wegetacyjnego,
- klimatyczne – odnoszące się do reakcji poszczególnych roślin na warunki opadowo-termiczne,
- lokalizacyjne – jako pochodną ekspansywności przestrzennej roślin energetycznych, decydującej o możliwości ich uprawy na obszarach chronionych.

Przykład relacji parametrów diagnostycznych i sposobów ich powiązania w modelu przedstawiono w tabeli 1. [OSTROWSKI, GUTKOWSKA, 2008].

Z przedstawionych zasad waloryzacji wynika, że czynnik wodny odgrywa znaczną rolę w modelowaniu kategoryzacji oraz oceny przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych.

	Typy gleb ¹⁾ Soil type ¹⁾												Inne gleby mineralne Other mineral soil												
	B (AB)		A			D				F				R	M	J									
	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	P	D _g g, pl	
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
M																									
Z																									
3z																									
2z																									
11																									
9																									
8																									
6																									
5																									
3																									
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50
	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50	△50

Rys. 1. Model kategoryzacji gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych (za: OSTROWSKI [2008], zmodyfikowane – większa liczba układów diagnostycznych (poł) objętych kategoryzacją); ¹⁾ symbole kompleksów glebowo-rolniczych, typów i gatunków gleb wg mapy glebowo-rolniczej; ²⁾ p – pozaprodukcynna, r – rolnicza, o – ochronna, ³⁾ NR – gleby nieużytkowane rolniczo (M – marginalne zanieczyszczone, Z – zrujnowane, zwałowiska, wyrobiska)

Fig. 1. A model of land evaluation for energetic plant cultivation (OSTROWSKI [2008] modified – modification of the model consists in increasing the numbers of diagnostic configurations (fields) covered by categorisation; ¹⁾ functional role of land, soil types according to the soil-agricultural map; ²⁾ p – non-productive, r – agricultural, o – protective, ³⁾ NR – agricultural barren lands (M – polluted marginal soils, Z – degraded, dumping grounds, excavations)

Tabela 1. Fragment modelu kwalifikacji gruntów przydatnych do uprawy poszczególnych roślin energetycznych [OSTROWSKI, GUTKOWSKA, 2008]
Table 1. A fragment of land classification model for the cultivation of particular energetic plants [OSTROWSKI, GUTKOWSKA, 2008]

Warunki siedliskowe Habitat conditions		Użytkowe funkcje terenu Functional role of land				Gatunek Species		
tekstura profilu gleby texture of soil profile	typ gleby soil type	kompleks rolniczej przydatności gleb ¹⁾ complex of agricultural soil usefulness ¹⁾	średni roczny opad average annual precipitation mm	rolnicza agrarna	ochrona protective		grunty marginalne zanieczyszczone polluted marginal soils	grunty zrzuwane degraded soils
Piaski słabogliniaste na piaskach luźnych lub gliniastych Coarse sands on loose or loamy sands	brunatna, rdzawa black earth	9, 3z 9	>550 >550	+	-	+	o	<i>Spartina pectinata</i> Bosc ex Link
	czarna ziemia black earth	9, 3z	<550	+	+	+	o	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hackel
	mada alluvial soil	6, 9	>550	+	-	+	o	<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F. Schmidt) Nakai
	murszasta muckous soil	6, 9, 3z 6, 3z	<550 >550	+	-	+	o	<i>Spartina pectinata</i> Bosc ex Link
				+	+	+	o	<i>Spartina pectinata</i> Bosc ex Link
				+	+	+	o	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hackel

¹⁾ Ze względu na rozwiązanie graficzne modelu kompleksy rolniczej przydatności gleb oznaczono symbolami przyjętymi w kartografii glebowo-rolniczej.
 Objasnienia: symbol „+” – celowość uprawy na glebach danej funkcji użytkowej, symbol „-” – niecelowość uprawy na glebach danej funkcji użytkowej; symbol „o” – układy diagnostyczne, które nie występują lub nie odnoszą się do użytkowej funkcji terenu oznaczonej tym symbolem.

¹⁾ For graphic resolution of the model, complexes of agricultural soil usefulness are marked by soil-agricultural cartography symbols.
 Explanations: symbol „+” – usefulness cultivation on soils of a given functional, symbol „-” – pointless cultivation on soils of a given functional role; symbol „o” – the diagnostic configurations which are not present or are irrelevant to the functional role of the area marked with this symbol.

WYMAGANIA WODNE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Jednym z celów projektu było zwrócenie szczególnej uwagi na udział czynnika wodnego w całokształcie warunków siedliskowych sprzyjających uprawie roślin energetycznych lub ograniczających ją. Rozwiązanie tego problemu wymagało przede wszystkim pozyskania informacji o wymaganiach wodnych rozpatrywanych roślin energetycznych. Uzyskano je w wyniku analizy wymienionych publikacji, a także innych dostępnych informacji o warunkach uprawy tych roślin.

Przeprowadzona analiza wykazała, że rozpatrywane rośliny charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami siedliskowymi, w tym również co do warunków wodnych sprzyjających ich uprawie:

- wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) preferuje grunty wilgotne, lecz niepodlegające długotrwałym zalewom z optymalnym poziomem wody gruntowej w granicach 100–130 cm p.p.t. na glebach piaszczystych i 160–190 cm p.p.t. na glebach gliniastych;
- ślaziolec pensylwański (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) może być uprawiany na glebach lekkich, przepuszczalnych o małych zapasach wody użytecznej i małej ilości opadów w okresie letnim;
- słonecznik bulwiasty (topinambur) (*Helianthus tuberosus* L.) udaje się na glebach okresowo suchych i jest dość wytrzymały na występowanie ograniczonych zapasów wody w glebie oraz opadów w okresie wegetacyjnym;
- rdestowiec sachaliński (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai) ma ograniczone wymagania glebowe, ale dobrze plonuje w warunkach optymalnego uwilgotnienia gleb systematycznie zasilanych wodą przez opady atmosferyczne;
- miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis gigantea* J.M.Greef & M.Deuter) może być uprawiany na glebach lekkich w warunkach okresowych deficytów wody łatwo dostępnej;
- miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hackel) znosi gleby lekkie, przepuszczalne, lecz zasobne w składniki pokarmowe lub dobrze nawożone, ale niezbyt uwilgotnione i jest dość wytrzymały na okresowe niedobory wody;
- spartina preriowa (*Spartina pectinata* Bosc ex Link) jest również trawą o dużej tolerancji na niesprzyjające (deficytowe) warunki wilgotnościowe, którą można uprawiać na glebach o małej pojemności sorpcyjnej i wodnej;
- palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman) preferuje gleby umiarkowanie wilgotne, ponieważ dość dobrze znosi suszę;
- mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.) jest odpowiednia na stanowiska wilgotne, systematycznie zasilane przez wodę gruntową lub opadową, lecz po ukorzenieniu się mniej reaguje na ograniczone uwilgotnienie gleby.

Pięć ostatnich ze scharakteryzowanych roślin należy do rodziny traw. Te spośród nich, które pochodzą z Azji i Ameryki Pn. (miskanty, palczatka i spartina), bardziej wydajnie wiążą CO₂ w procesie fotosyntezy, zużywając w tym celu mniej-
sze ilości wody w porównaniu z trawą rodzimą, jaką jest mozga trzcinowata.

Ujmując syntetycznie przedstawione wyżej wymagania wodne roślin energetycznych oraz ich reakcje na warunki wilgotnościowe i zaspokajanie zapotrzebowania na wodę w okresie wegetacyjnym, grunty przydatne do ich uprawy można zagregować w trzy następujące grupy:

- grunty przydatne do uprawy roślin preferujących dobre uwilgotnienie gleb i wrażliwych na niedobór opadów – wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.), rdestowca sachalińskiego (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai), mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea* L.);
- grunty przydatne do uprawy roślin tolerujących zróżnicowane uwilgotnienie gleb i mało wrażliwych na niedobór opadów – spartiny preriowej (*Spartina pectinata* Bosc ex Link), miskanta olbrzymiego (*Miscanthus sinensis gigantea* J.M.Greef & M.Deuter);
- grunty przydatne do uprawy roślin tolerujących ograniczone uwilgotnienie gleb i odpornych na niedobór opadów – ślazowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.), palczatki Gerarda (*Andropogon gerardi* Vitman), miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hackel.).

Dokonanie takiej syntezy stwarza możliwości podjęcia próby sparometryzowania sprzyjających uprawie tych gatunków warunków opadowo-wodnych w celu ich identyfikacji i delimitacji przestrzennej. Decydującymi kryteriami mogą być: pojemność wodna gleb i suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym, a także wysoki poziom wody gruntowej.

PRZESTRZENNE INFORMACJE O PARAMETRYZACJI WARUNKÓW WODNYCH GRUNTÓW ROLNYCH

Jedynym dostępnym źródłem informacji przestrzennych o warunkach wodnych na gruntach rolnych jest wspomniana we wstępie baza danych o glebach marginalnych [OSTROWSKI, 1999]. Szczegółowa analiza jej zasobów wykazała, że nie zawiera ona bezpośrednich danych parametryzujących podane kryteria. Do ich charakterystyki opisowej można jednak użyć informacji pośrednich, dość jednoznacznie określających warunki wodne gruntów rolnych (w kontekście zasilania opadowego). Są to: typ gleby, tekstura profilu glebowego, kompleks rolniczej przydatności gleb. Zawarte są one w treści jednostek glebowo-rolniczych i na ich podstawie można podzielić gleby, według typów zasilania wodą, na gleby o zasilaniu opadowym i gruntowym.

Do grupy pierwszej należą gleby rdzawe, brunatne, płowe (pseudobielicowe), czarnoziemy i rędziny, a do grupy drugiej – mady, czarne ziemie i gleby murszaste.

Zdolności retencyjne gleb można ocenić na podstawie tekstury (składu granulometrycznego) profilu gleby. Gleby piaskowe cechuje mała retencyjność i duża przepuszczalność, stąd ich wrażliwość na niedobór opadów. Gleby pyłowe i glinia-

ste są mniej wrażliwe na niedobór opadów i mają dużą zdolność retencjonowania w profilu wody użytecznej dla roślin. Gleby o niejednorodnej budowie profilu, np. piaski naglinowe, są podatne na gromadzenie i stagnowanie wody opadowej w górnej części profilu, stwarzające okresowe nadmierne uwilgotnienie, a gleby zwięzłe podścielone piaskami są bardziej wrażliwe na niedobór i nierównomierność opadów atmosferycznych.

Na charakter warunków wodnych wskazują również kompleksy glebowo-rolnicze. Do gleb okresowo suchych należą gleby kompleksu pszennego wadliwego, żytznego słabego i bardzo słabego, natomiast gleby okresowo podmokłe należą do kompleksów zbożowo-pastewnych, a także występują pod trwałymi użytkami zielonymi.

Powyższe zależności znalazły odzwierciedlenie w konstrukcji modeli diagnostycznych kategoryzacji i przydatności gruntów pod uprawę roślin energetycznych omówione w rozdz. Ogólne zasady kwalifikacji gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych.

Odrębnego rozwiązania metodycznego wymagała ilościowa charakterystyka opadów w okresie wegetacyjnym, ponieważ w bazie danych jest zawarta jedynie informacja o wysokości i rozkładzie przestrzennym opadów, określająca ich średnią z wielolecia sumę roczną.

Na potrzeby niniejszego opracowania zbadano relację między ilością opadów z okresu wegetacyjnego i ich roczną sumą, wyrażając ją wskaźnikiem efektywności opadów We , określającym jaka część ich rocznej sumy przypada na okres wegetacyjny:

$$We = \frac{P_{IV-IX}}{P_r}$$

gdzie:

P_{IV-IX} – suma opadów w okresie wegetacyjnym,

P_r – roczna suma opadów.

Dla warunków Polski wskaźnik ten ustalono na podstawie „Atlasu klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce” [2001]. W tym celu na mapę średnich rocznych opadów nałożono mapę opadów z okresu wegetacyjnego. Analiza przestrzennego zróżnicowania tych wartości posłużyła do wyznaczenia ośmiu największych pól pokrycia, charakteryzujących się jednorodnością obu badanych wartości. Dla badanych pól pokrycia stosunek P_{IV-IX}/P_r wynosił odpowiednio:

325 mm , 325 mm , 350 mm , 350 mm , 375 mm , 400 mm , 400 mm , 450 mm
500 mm 525 mm 550 mm 575 mm 600 mm 600 mm 650 mm 700 mm

Obliczona na podstawie tych ilorazów wartość wskaźnika We okazała się wielkością względnie stałą, wynoszącą 0,61–0,67. Po uśrednieniu jej dla obszaru kraju (bez terenów górskich) przyjęto $We \approx 0,635$.

Kolejnym etapem dochodzenia do granicznej wartości rocznej sumy opadów atmosferycznych, zaspokajających w przybliżeniu zapotrzebowanie na wodę roślin energetycznych, była analiza efektywności wykorzystania wody do produkcji biomasy przez te rośliny. W tym celu oszacowano średnie zużycie wody przez różne rośliny energetyczne na różnych glebach Polski w ciągu okresu wegetacyjnego, wykorzystując skromne dane empiryczne zawarte w opracowaniu FABERA, KUSIA i STASIAKA [2007]. Posłużyły one do obliczenia uśrednionej wartości wskaźnika wykorzystania wody dostępnej *WUE* (ang. „water use efficiency”), która wynosi $3,35 \text{ g s.m.}\cdot\text{kg}^{-1}$ wody. Mieści się ona w przedziałach wartości podanych dla poszczególnych roślin przez JORGENSENSA i SCHELDE [2001].

Wskaźnikiem tym posłużono się, szacując ilość wody potrzebnej do wyprodukowania przez rośliny energetyczne 12 t biomasy z ha, ponieważ taki plon wskaźnikowy przyjęto we wcześniejszych rozważaniach, dotyczących obszaru gruntów wyznaczonych pod uprawę tych roślin. Drugim warunkiem umownym było przyjęcie założenia, że cały opad atmosferyczny z okresu wegetacyjnego będzie spożytkowany na produkcję biomasy. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że na wyprodukowanie założonego plonu biomasy rośliny zużyłyby ≈ 3576 t wody, co w przeliczeniu na opad atmosferyczny wynosi 357,6 mm w okresie wegetacyjnym. Dzieląc tę wartość przez wskaźnik $We \approx 0,635$, uzyskujemy odpowiednią wartość średniej rocznej sumy opadów, wynoszącą w przybliżeniu 563 mm. Jej najbliższym odpowiednikiem na mapach opadowych jest izohieta 550 mm. Można ją więc uznać za wskaźnikową wartość graniczną, poniżej której opady będą czynnikiem ograniczającym zaspokojenie zapotrzebowanie na wodę roślin energetycznych. Identyczną wartość podają w swej publikacji KUŚ i FABER [2007], chociaż – być może – do jej uzasadnienia stosowano inne rozwiązania metodyczne.

Tak więc, na przedstawionych wyżej warunkach, można było wykorzystać bazę danych o glebach marginalnych do określania roli czynnika wodnego w delimitacji gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych.

DELIMITACJA I BILANSOWANIE GRUNTÓW PRZYDATNYCH DO UPRAWY ROŚLIN ENERGETYCZNYCH WEDŁUG WARUNKÓW WODNYCH

Na podstawie porównawczej analizy przedstawionych modeli diagnostycznych i wymagań wodnych roślin określono związki między tymi wymaganiami a parametrami charakteryzującymi właściwości siedliskowe gruntów w aspekcie warunków wodnych. Analiza ta posłużyła do zbudowania algorytmu, umożliwiającego podział (ze względu na warunki wodne) gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych na trzy grupy i ich delimitację przestrzenną. W celu kartograficznej wizualizacji tego podziału i delimitacji opracowano koncepcję mapy tematycznej pt. „Mapa przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych z preferencją ich wymagań wodnych”.

Mapa generowana jest dla rozpatrywanego województwa w skali 1:250 000 w cięciu arkuszowym 50' x 50'. Jej treść stanowią:

- podstawowa warstwa tematyczna, dotycząca roli czynnika wodnego z oznaczeniami barwnymi jego przestrzennego zróżnicowania;
- wspomagająca warstwa tematyczna, prezentująca informację o rolniczej przydatności gleb – jednobarwna;
- warstwa uzupełniająca, stanowiąca podkład sytuacyjny, informujący o drogach, ciekach, miejscowościach i pozarolniczym użytkowaniu terenu.

Zestawienie powierzchni gruntów w danym województwie z podziałem na trzy grupy pod kątem warunków wodnych przedstawiono w formie tabeli z wyszczególnieniem powiatów.

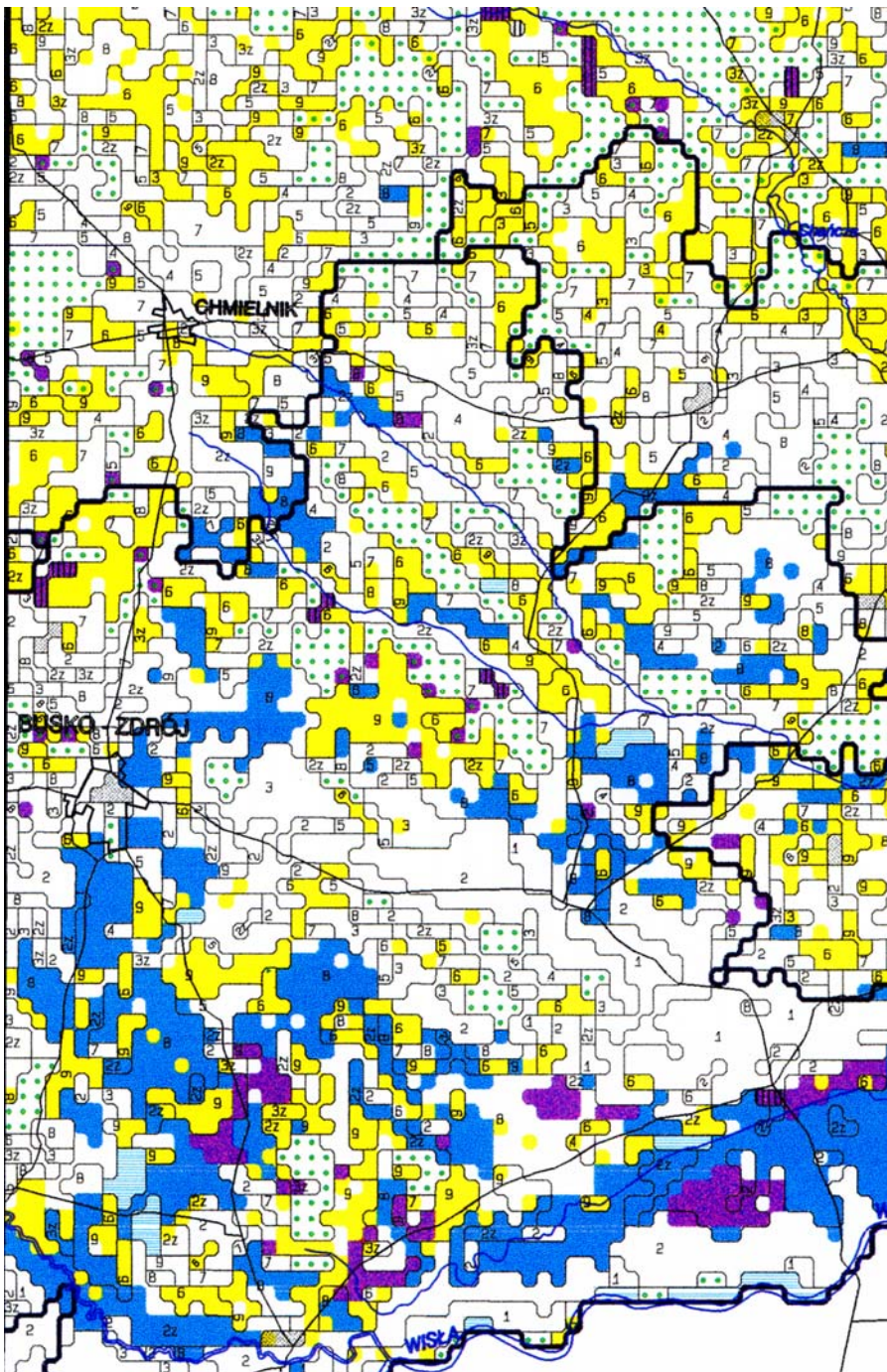
Algorytm i przyjętą koncepcję kartograficzną zweryfikowano na przykładzie województwa świętokrzyskiego. Na rysunku 2. przedstawiono fragment mapy tematycznej. Ze względów edycyjnych nie zamieszczono mapy całego województwa. Wyniki bilansowania powierzchni zawiera tabela 2.

Tabela 2. Szacunkowy bilans przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych ze względu na warunki wodne – woj. świętokrzyskie

Table 2. Approximate balance of land evaluation for energetic plant cultivation in view of water conditions – świętokrzyskie voivodship

Powiaty Districts	Grunty rolne ogółem Total of agricultural lands	Przydatność gruntów Usefulness of agricultural lands		
		grupa I group I	grupa II group II	grupa III group III
		tys. ha thous. ha		
Buski	58,0	15,4	2,5	13,6
Jędrzejowski	69,5	1,5	1,0	17,9
Kazimierski	27,7	3,1	0,0	3,2
Kielce	3,8	0,1	0,2	0,7
Kielecki	105,8	6,2	2,9	31,9
Konecki	43,1	0,5	3,3	22,0
Opatowski	52,0	1,6	0,1	7,2
Ostrowiecki	28,6	2,0	0,0	5,8
Pińczowski	34,8	2,3	1,0	5,5
Sandomierski	40,7	4,2	0,0	5,2
Skarżyski	10,5	0,7	0,3	3,4
Starachowicki	18,6	1,3	0,3	4,3
Staszowski	46,2	7,3	0,8	19,7
Włoszczowski	38,2	0,3	0,8	10,3
Razem Total	577,5	46,5	13,2	150,7

Obliczenia własne autorów. Authors' calculations.






Rys. 2. Fragment arkusza mapy warunków wodnych woj. świętokrzyskiego

Fig. 2. A fragment of the map of water conditions – świętokrzyskie voivodship

Legenda Legend

Grupy przydatności: Usefulness groups:

- I  grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych preferujących dobre uwilgotnienie gleb i wrażliwych na niedobór opadów
agricultural lands useful for cultivation of energetic plants that prefer good soil moisture and are sensitive to precipitation deficiency
- II  grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych tolerujących zróżnicowane uwilgotnienie gleb i mało wrażliwych na niedobór opadów
agricultural lands useful for cultivation of energetic plants that tolerate variable soil moisture and are less sensitive to precipitation deficiency
- III  grunty rolne przydatne do uprawy roślin energetycznych tolerujących ograniczone uwilgotnienie gleb i odpornych na niedobór opadów
agricultural lands useful for cultivation of energetic plants that tolerate limited soil moisture and are resistant to precipitation deficiency

Kompleksy przydatności rolniczej gleb: Complex of agricultural soil usefulness

- 1 pszenny bardzo dobry very good wheat
- 2 pszenny dobry good wheat
- 3 pszenny wadliwy wheat defective
- 4 żytni bardzo dobry very good rye
- 5 żytni dobry good rye
- 6 żytni słaby poor rye
- 7 żytni bardzo słaby rye lupine
- 8 zbożowo-pastewny mocny corn-fodder strong
- 9 zbożowo-pastewny słaby corn-fodder poor
- 10 pszenno-górski wheat mountain
- 11 zbożowo-górski corn mountain
- 12 owsiano-ziemniaczny górski oats-potato mountain
- 13 owsiany górski oats mountain
- 1z użytki zielone bardzo dobre i dobre very good and good grasslands
- 2z użytki zielone średnie intermediate grasslands
- 3z użytki zielone słabe i bardzo słabe poor and very poor grasslands

Inne oznaczenia: Other symbols:

-  lasy forests
-  nieużytki wasteland
-  wody water
-  tereny zabudowane build-up areas
-  granice powiatów municipality borders
-  granice województw voivodship borders

Jak wynika ze sporządzonej mapy, na obszarze województwa świętokrzyskiego dominują grunty przydatne do uprawy roślin odpornych na ograniczenia uwilgotnienia gleb i na niedobór opadów (grupa III). Zajmują one środkowy pas województwa, przebiegający z północnego zachodu na południowy wschód. Grunty przydatne do uprawy roślin preferujących dobre uwilgotnienie gleb i wrażliwych na niedobór opadów (grupa I) skupione są głównie w południowej części województwa. Natomiast grunty należące do grupy II, sprzyjające uprawie roślin tolerujących zróżnicowane uwilgotnienie gleb i wrażliwych na niedobór opadów, występują sporadycznie w różnych częściach województwa.

Potwierdzają to również dane z tabeli 2., z których wynika, że największe powierzchnie gruntów grupy III występują w powiatach: kieleckim, koneckim, staszowskim i buskim, a grupy I – w powiecie buskim i staszowskim. Grunty należące do grupy II nie zostały zidentyfikowane w powiecie kazimierskim, ostrowieckim i sandomierskim, a w pozostałych powiatach zajmują od kilkuset do dwóch tysięcy hektarów.

WNIOSKI

1. Uprawiane w Polsce rośliny energetyczne charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami wodnymi i reakcją na ich zaspokojenie w środowisku glebowym.

2. Modele diagnostyczne stosowane do oceny przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych zawierają dostateczną ilość informacji do sparаметryzowania podziału gleb na trzy grupy o zróżnicowanych warunkach wodnych odpowiadających wymaganiom tych roślin.

3. Zasoby informacji przestrzennych zawartych w bazie danych o glebach marginalnych umożliwiają kartograficzną wizualizację, w skali regionalnej, rozmieszczenia gleb o różnych warunkach wodnych, przydatnych do uprawy roślin energetycznych i zbilansowanie powierzchni ich występowania.

LITERATURA

- Atlas klimatycznego ryzyka upraw i roślin w Polsce, 2001. Pr. zbior. Red. Cz. Koźmiński, B. Michalska. Szczecin: AR, U.Szczec. ss. 67.
- DUBAS J.W., TOMCZYK A., 2005. Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzbowych energetycznych. Warszawa: Wydaw. SGGW ss. 105.
- FABER A., 2005. Potencjał uprawy roślin energetycznych w Polsce. *Więś Jutra* 7(84) s. 21–22.
- FABER A., KUŚ J., STASIAK M., 2007. Rośliny energetyczne dla różnych siedlisk. W: *Biomasa dla energetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy*. *Więś Jutra* nr 8/9 (109/110) s. 26–32.
- FISCHER G., PRIELER S., VAN VELTHUIZEN H., 2005. Biomass potentials of miscanthus willow and poplar: results and policy implication for Eastern Europe, Northern and Central Asia. *Biomass Bioenergy* no 28 s. 119–132.
- JORGENSEN U., SCHELDE K., 2001. Energy crop water and nutrient use efficiency. *IEA Bioenergy, Task 17* ss. 38.
- KOCHANOWSKA R., GAMRAT R., 2007. Miskant (*Miscanthus* ssp.) zagrożeniem dla polskich pól i lasów. W: *Trawy energetyczne. Konf. Nauk. 24–25 września 2007, Dolsk* s. 13–14.
- KSIĄŻAK J., 2007. Ocena możliwości pozyskania biomasy na cele energetyczne z mozgi trzcinowatej. W: *Trawy energetyczne. Konf. Nauk. 24–25 września 2007, Dolsk* s. 15–16.
- KUŚ J., FABER A., 2007. Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. *Paławy: IUNG maszyn*.
- MAJTKOWSKI W., 2004. Rośliny alternatywne na cele energetyczne – stan aktualny i perspektywy produkcji w Polsce. W: *Wczoraj, dziś i jutro naszego rolnictwa. 2. Kongr. Rol. Pol. Warszawa: FAPA* s. 164–169.

- NALBORCZYK E., 1996. Nowe rośliny uprawne i perspektywy ich wykorzystania. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. Pr. zbior. Red. E. Nalborczyk. Warszawa: Wydaw. SGGW s. 5–20.
- OSTROWSKI J., 1999. Baza danych o glebach marginalnych Polski – system przetwarzania i aplikacja. W: Systemy informacji przestrzennej. Konf. Nauk.-Tech. PTIP. Warszawa: PTIP s. 129–138.
- OSTROWSKI J., 2008. Kategoryzacja przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych pod kątem sporządzania map komputerowych. Probl. Tech. Rol. nr 2 s. 137–144.
- OSTROWSKI J., GUTKOWSKA A., 2008. Model diagnostyczny typowania gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych. Probl. Inż. Rol. 2(68) s. 145–152.
- OSTROWSKI J., TUSIŃSKI E., GUTKOWSKA A., 2008. Kartograficzna koncepcja map przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych. Pr. IGiK t. 54 z. 112 s. 77–92.
- PODLEŚNY J., 2005. Miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus*) – uprawa i możliwość wykorzystania. Wieś Jutra 7(84) s. 36–37.
- Wniosek o finansowanie projektu badawczego „Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy”, 2006. Kier. progr. A. Grzybek. Warszawa: IBMER maszyn.

Janusz OSTROWSKI, Agnieszka GUTKOWSKA, Edmund TUSIŃSKI

THE ROLE OF WATER FACTOR IN MODELLING CATEGORISATION AND EVALUATION OF LAND USEFULNESS FOR CULTIVATION OF ENERGETIC CROPS

Key words: energetic plants, soil-water conditions

S u m m a r y

Methodical assumptions adopted in modelling categorisation and evaluation of land usefulness for cultivation of energetic crops and its cartographic computer visualisation are presented in this paper. The study was based on database on marginal soils elaborated and available in the IMUZ containing spatial data on cropland soils, their agricultural usefulness, protective status and on the distribution of precipitation and land relief.

Performed studies showed differentiation of water demands in energetic plants cultivated in Poland. They also confirmed the rightness of adopted principles of categorisation and applied diagnostic models and proved a possibility of parameterisation of land division into three groups according to different water demands of analysed plants:

I – grounds useful for plants preferring good soil moisture and sensitive to precipitation deficits – the common osier (*Salix viminalis* L.), the giant knotweed (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai), the reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.);

II – grounds useful for plants tolerating variable soil moisture and less sensitive to precipitation deficits – the prairie cordgrass (*Spartina pectinata* Bosc ex Link), the Chinese silvergrass (*Miscanthus sinensis gigantea* J.M. Greef & M. Deuter);

III – grounds useful for plants tolerating limited soil moisture and resistant to precipitation deficits – the Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), the big bluestem (*Andropogon gerardi* Vitman), the Amur silvergrass (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hackel).

The database on marginal soils allows for cartographic visualisation (in the regional scale) of the distribution of soils with variable water conditions appropriate for growing energetic plants and for making a balance of their surface area.

Recenzenci:

dr inż. Włodzimierz Majtkowski

doc. dr hab. Zygmunt Miatkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 01.06.2009 r.