

Jan Piekarczyk

SPEKTRALNA OCENA PRZYGOTOWANIA RZEPAKU DO PRZEZIMOWANIA

Abstrakt

Poznanie charakterystyk spektralnych upraw rzepaku ozimego w jesiennym sezonie wegetacyjnym stanowi wstępny etap przy opracowywaniu teledetekcyjnej metody oceny przygotowania tej rośliny do przezimowania. Badania omówione w niniejszej pracy miały na celu uzyskanie charakterystyk spektralnych upraw rzepaku, który był wysiewany w trzech różnych terminach. Pomiarów spektralnych upraw rzepaku wykonywano za pomocą luminancjometru w pięciu dniach pomiarowych. Stopień pokrycia gleby przez rośliny rzepaku obliczono na podstawie analizy zdjęć wykonanych w dwóch terminach. Wyniki badań wskazują na wysoką zależność między wielkością odbicia promieniowania elektromagnetycznego z zakresu czerwieni i bliskiej podczerwieni a stopniem pokrycia gleby przez rośliny. Pomiędzy charakterystykami spektralnymi upraw rzepaku sianego w różnych terminach stwierdzono istotne zróżnicowanie.

1. Wstęp

Rzepak ozimy jest najważniejszą rośliną oleistą uprawianą w Polsce. Roślina ta charakteryzuje się mniejszą zimotrwałością od żyta i pszenicy ozimej, a więc właściwa prognoza dotycząca przezimowania stawiana jesienią, a także wiosenna ocena strat powstałych w zasiewach rzepaku ozimego podczas zimy, mają większe znaczenie niż w przypadku zbóż.

Jedną z dróg uzyskiwania wiarygodnych informacji o stanie uprawy rzepaku ozimego w krytycznych okresach jego rozwoju może być zastosowanie metod teledetekcyjnych. Metody te umożliwią w sposób obiektywny i mniej pracochłonny w stosunku do metod tradycyjnych ocenić kondycję roślin rzepaku w okresie jesiennym, przed zimowaniem oraz wielkość strat w uprawach na wiosnę spowodowanych przemarznięciem.

O prawdopodobieństwie wymarznienia roślin rzepaku decyduje wiele czynników, między innymi termin siewu. Rzepak siany zbyt wcześnie tworzy długą łodygę oraz bardzo dużą masę liści i może zakwitnąć natomiast siany zbyt późno ma za krótki okres rozwoju przed zahamowaniem wegetacji i powstają rośliny o stosunkowo małych liściach [Herse J., 1979]. Rośliny siane późno rozwijają się wolniej i są gorzej przygotowane do przezimowania. Stopień pokrycia przez nie gleby jest mniejszy niż w przypadku roślin sianych wcześniej. Ma to istotne znaczenie dla spektralnych metod badań stanu upraw rolniczych, bowiem to, jaki jest udział roślin w stosunku do gleby w polu widzenia czujników teledetekcyjnych decyduje istotnie

o charakterystykach spektralnych całych upraw. Zależność między stopniem pokrycia gleby przez rośliny a odbiciem spektralnym jest duża i została potwierdzona wynikami wielu badań nad różnymi gatunkami roślin (Shoshany M. i in., 1995), soją i kukurydzą [Goel N.S. i Grier T., 1986], pszenicą [Leamer R.W. i in., 1978] oraz lasami [Blackburn G.A. i Milton E.J., 1995].

Celem opisanych poniżej badań było opracowanie charakterystyk spektralnych upraw rzepaku w okresie jesiennym wysianych w różnych terminach oraz określenie zależności między stopniem pokrycia gleby przez rośliny rzepaku a wielkością odbicia promieniowania elektromagnetycznego w wybranych zakresach widma.

2. Metody badań

Pomiary spektralne wykonywano w sierpniu, wrześniu i październiku 1999 roku, koło Poznania (52°13' N i 16°27' E). Rzepak ozimy odmiany Kania wysiano z gęstością 80 roślin na 1 m², na poletkach o wymiarach 1,5 x 1,5 m w trzech terminach: I - 25.08, II - 30.08 oraz III - 06.09 w układzie bloków losowych z czterema powtórzeniami. W rejonie gdzie prowadzono omawiane badania zaleca się wykonywać siew rzepaku ozimego w ostatniej dekadzie sierpnia. W związku z tym pierwszy z trzech wymienionych wcześniej terminów siewu można określić jako "optymalny", drugi "poprawny" a trzeci "spóźniony". Warunki pogodowe panujące w czasie prowadzonych badań były korzystne dla rozwoju rzepaku ozimego (tab.1).

Tabela 1. Temperatura powietrza i opady w sezonie jesiennym 1999 roku w rejonie Poznania. (Na podstawie "Dekadowego Biuletynu Meteorologicznego" IMiGW).

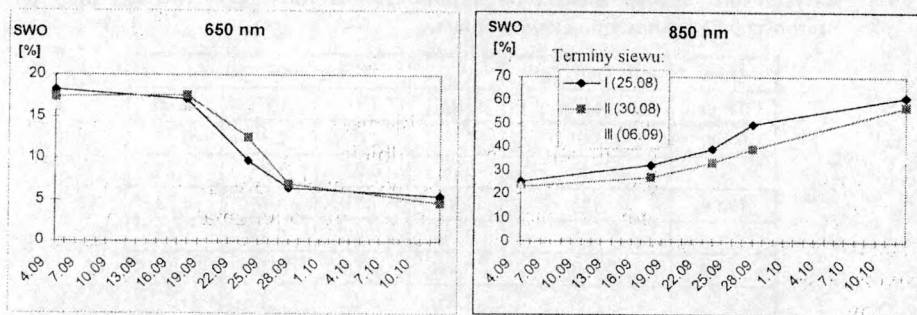
Miesiąc	Dekada	Temperatura (°C)		Opady (mm)		Charakterystyka termiczno-opadowa
		Średnia dekadowa	Odchylenie od normy	Suma dekadowa	W % normy	
Sierpień	III	16,0	-0,1	37	192	w normie
Wrzesień	I	18,0	2,7	4	23	znacznie powyżej normy
	II	16,3	2,9	45	336	znacznie powyżej normy
	III	16,9	5,1	12	100	znacznie powyżej normy
Październik	I	10,8	-0,3	23	198	w normie

Odbicie promieniowania słonecznego od roślin rzepaku mierzono przy użyciu luminancjometru połowego CIMEL CE 313-21, rejestrującego luminancję w zakresie od 450 do 1650 nm. Przy wysokości pomiarowej 170 cm w polu widzenia tego urządzenia, wynoszącym 10°, znajdowała się powierzchnia poletka w kształcie koła o średnicy 30 cm. Pomiary wykonywano w kierunku nadiru w pięciu terminach: 04.09., 17.09., 23.09., 27.09. i 12.10. w godzinach południowych, gdy położenie zenitalne Słońca było najwyższe w danym dniu i wynosiło odpowiednio: 45,3°; 50,2°; 52,5°; 53,9° i 59,7°. W dniach 23.09. i 27.09. aparatem cyfrowym AGFA ePhoto 1680 wykonano zdjęcia wszystkich poletek, które później przetwarzano za pomocą oprogramowania TNTMips w celu obliczenia stopnia pokrycia gleby przez liście.

3. Wyniki badań

Wyniki pomiarów spektralnych upraw rzepaku wysianych w różnych terminach przedstawiono w postaci spektralnego współczynnika odbicia (SWO), definiowanego jako stosunek całkowitej luminancji obiektu do całkowitej luminancji powierzchni wzorcowej dla określonej długości fali. Zmienność współczynników odbicia fal: podczerwonej o długości 850 nm (SWO₈₅₀) i czerwonej o długości 650 nm (SWO₆₅₀) w okresie badań przedstawia ryc. 1. Pierwsze pomiary spektralne wykonano w dniu 04.09., gdy rośliny jeszcze nie wzeszły i w polu widzenia luminancjometru znajdowała się tylko gleba.

Ryc. 1.: Zmienność spektralnego współczynnika odbicia (SWO) fali czerwonej i podczerwonej poletek rzepaku ozimego sianego w trzech terminach w jesiennym sezonie wegetacyjnym.



W miarę rozwoju roślin, odbicie fali podczerwonej wzrastało w stosunku do odbicia od gleby (04.09) i od poletek, na których wysiano rośliny w dwóch pierwszych terminach, zwiększyło się około 2,5-krotnie (tab. 2). Różnica 5 dni między pierwszą i drugą datą wysiewu nie miała wpływu na dynamikę wzrostu roślin. Wschody roślin w obu przypadkach nastąpiły po 10 dniach od siewu. Ilość odbijanego promieniowania podczerwonego od poletek obsianych w terminie I i II po 11-12 dniach po wschodach wynosiła około 30%, a po 16-17 dniach około 40%. Po raz pierwszy istotnie statystycznie zmiany odbicia promieniowania podczerwonego od upraw w stosunku do odbicia od gleby obserwowano w drugim dniu pomiarowym (23.09) a więc 18 i 13 dni po wschodach roślin sianych odpowiednio w pierwszym i drugim terminie. Stopień pokrycia gleby przez rośliny wynosił wtedy 50,1% dla pierwszego terminu siewu i 28,4% dla terminu drugiego.

Tabela 2. Zróznicowanie w czasie wartości współczynników odbicia fali czerwonej i podczerwonej poletek rzepaku ozimego sianego w trzech terminach.

Termin Siewu	Termin wschodów	Daty pomiarów:					
		04.09	17.09	23.09	27.09	12.10	
I - 25.08	05.09	SWO ₈₅₀	25,4	32,1	39,5	61,5	61,5
		SWO ₆₅₀	18,2	17,1	9,7	6,4	5,4
		% pokrycia gleby	0	-	50,1	72,7	-
II - 30.08	10.09	SWO ₈₅₀	23,2	27,4	33,4	39,2	57,5
		SWO ₆₅₀	17,5	17,6	12,5	6,9	4,5
		% pokrycia gleby	0	-	28,4	51,5	-
III - 06.09	19.09	SWO ₈₅₀	21,5	22,0	24,2	23,6	36,1
		SWO ₆₅₀	16,2	16,1	15,9	10,7	7,0
		% pokrycia gleby	0	-	3,7	12,1	-

Rośliny wysiane najpóźniej rozwijały się wolniej, co znajduje odzwierciedlenie w mniejszej dynamice wzrostu odbicia fali podczerwonej. Odbicie zwiększyło się w stosunku do odbicia od gleby w okresie badań tylko 1,5-krotnie. Wschody tych roślin nastąpiły po 13 dniach od daty siewu, a odbicie promieniowania podczerwonego od uprawy w stosunku do odbicia od gleby było istotnie różne dopiero po 17 dniach po wschodach. Najwyższe odbicie promieniowania podczerwonego od roślin wysianych najpóźniej, wynoszące 36%, rejestrowano po 17 dniach od wschodów, podczas gdy od roślin wysianych wcześniej, zbliżoną wielkość odbicia obserwowano już po 12-13 dniach.

Tabela 3. Różnice między średnimi wartościami współczynnika odbicia fali podczerwonej i czerwonej w % od poletek rzepaku sianego w trzech terminach. Różnice istotne statystycznie, a więc większe od najmniejszej istotnej różnicy (NIR) przy poziomie istotności 0,01 zaznaczono cieniowaniem.

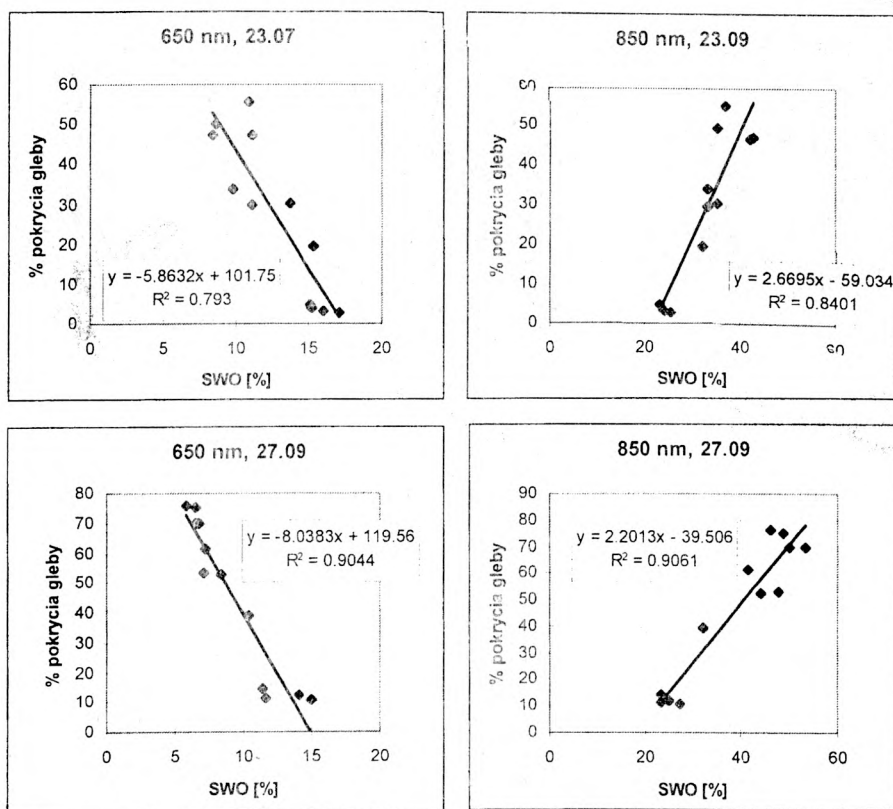
Data	SWO dla fali	Terminy wysiewu			
Pomiaru	o długości (nm):	NIR _{0,01}	I/II	I/III	II/III
04.09	850	2,91	2,00	2,37	0,37
	650	2,03	0,72	1,95	1,23
17.09	850	2,90	4,71	4,94	0,22
	650	2,00	0,47	0,98	1,45
23.09	850	5,49	6,18	15,35	9,17
	650	3,56	2,28	6,55	4,27
27.09	850	11,61	8,28	25,05	16,77
	650	3,64	1,86	6,63	4,77
12.10	850	14,91	4,06	25,45	21,39
	650	2,81	0,88	1,56	2,43

W miarę rozwoju roślin rzepaku wzrost ich biomasy powodował zwiększoną absorpcję promieniowania czerwonego i zmniejszenie jego odbicia w tym zakresie. W okresie badań odbicie promieniowania czerwonego od poletek wysianych najwcześniej zmniejszyło się prawie 3,5-krotnie, podczas gdy od poletek obsianych najpóźniej zmalało prawie 2,5-krotnie w stosunku do odbicia spektralnego od gleby nie pokrytej roślinami. Po raz pierwszy istotny statystycznie spadek odbicia promieniowania z tego zakresu w stosunku do odbicia od gleby zarejestrowano na poletkach obsianych w pierwszym, drugim i trzecim terminie po upływie odpowiednio 18, 13 i 8 dni od wschodów. Stopień pokrycia gleby przez rośliny wynosił wtedy odpowiednio: 50,1%, 28,4% i 12,1%.

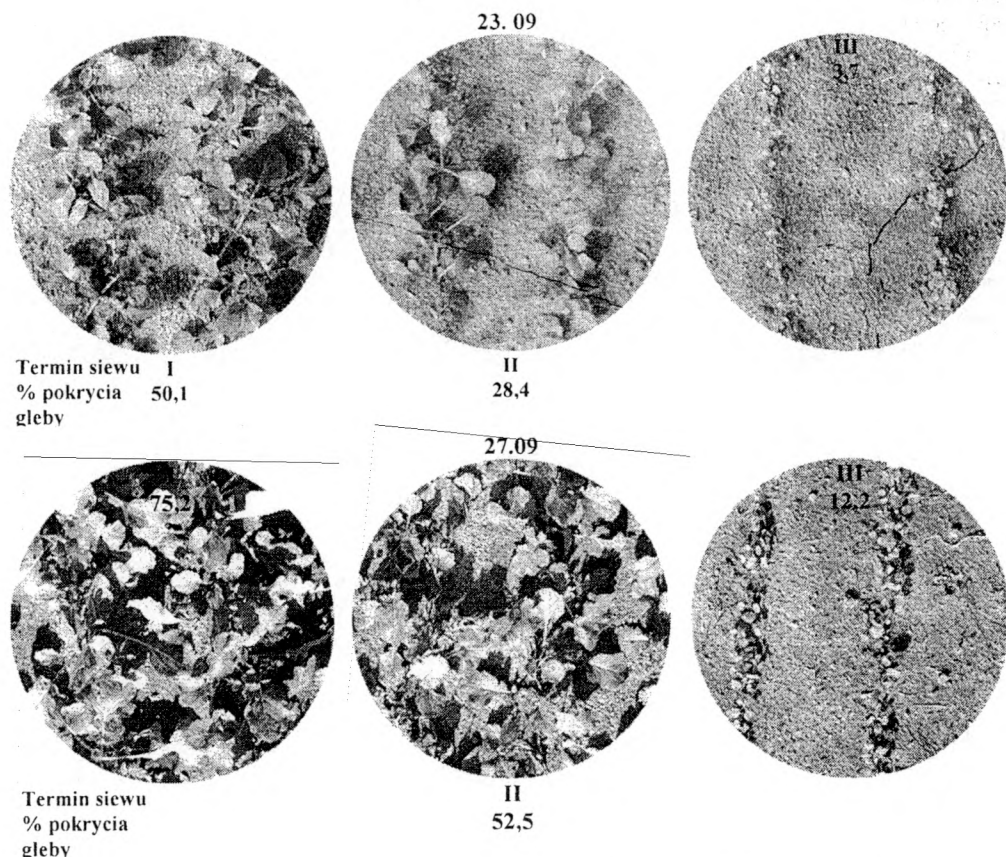
Oszacowanie wariancji między spektralnymi współczynnikami odbicia poletek rzepaku sianych w trzech terminach pozwoliło określić, które charakterystyki spektralne różnią się między sobą istotnie (tab. 3). Największe zróżnicowanie między poletkami rzepaku wysiewanego w różnych terminach obserwowano w odbiciu fali podczerwonej. Istotne zróżnicowanie odbicia promieniowania z tego zakresu rejestrowano wcześniej niż zróżnicowanie odbicia fali czerwonej. W dniu 23.09 wartości SWO850 wszystkich poletek obsianych w trzech różnych terminach różniły się między sobą istotnie. Wówczas zarejestrowane odbicie fali podczerwonej od uprawy sianej najwcześniej było 1,6-krotnie większe niż odbicie od roślin sianych najpóźniej. Pokrycie gleby przez rośliny siane w terminach I, II i III wynosiło w tym dniu odpowiednio 50,1%, 28,4% i 3,7%.

Istotne zróżnicowanie odbicia promieniowania czerwonego między poletkami rzepaku wysianego w odmiennych terminach obserwowano począwszy od 23.09. (tab. 3). Różnice te obserwowano tylko między poletkami obsianymi w terminach I i III oraz II i III. Największe zróżnicowanie rejestrowano 23.09. W tym dniu wartości współczynnika SWO650 poletek obsianych w I terminie były 1,6-krotnie mniejsze niż wartości tego współczynnika dla poletek obsianych w terminie ostatnim.

W celu określenia stopnia zależności między wielkością odbicia spektralnego od poletek rzepaku ozimego i stopniem pokrycia gleby przez rosnące na nich rośliny obliczono współczynniki korelacji (r) i determinacji (R^2) (ryc 2). Do obliczeń wykorzystano dane zarejestrowane w dniu 23.07, gdy pokrycie gleby przez rośliny wynosiło średnio na wszystkich poletkach 27,4% oraz 27.09, kiedy to pokrycie stanowiło średnio 45,4% całkowitej powierzchni uprawy (ryc. 3). Silniejszy związek obserwowano przy dużym pokryciu gleby, gdy korelacja między pokryciem gleby przez rośliny i odbiciem fali podczerwonej była taka sama jak korelacja obliczona dla odbicia fali czerwonej ($r_{0,01}=0,95$).



Ryc. 2.: Zależność pomiędzy stopniem pokrycia gleby przez rośliny i wartościami spektralnego współczynnika odbicia (SWO) fali czerwonej i podczerwonej w dwóch terminach. R^2 - współczynnik determinacji, r - współczynnik korelacji.



Ryc. 3.: Uprawy rzepaku ozimego wysianego w trzech odmiennych terminach o zróżnicowanym stopniu pokrycia gleby przez rośliny. Zdjęcia wykonano w dniu 23.09. i 27.09.

4. Wnioski

Duża zależność między stopniem pokrycia gleby przez rośliny a odbiciem promieniowania z zakresu czerwieni i bliskiej podczerwieni umożliwia śledzenie rozwoju roślin rzepaku w sezonie jesiennym na podstawie ich charakterystyk spektralnych. Wyniki przedstawionych badań wskazują, że najwcześniej uprawy rzepaku można odróżnić od gleby nie pokrytej roślinnością na podstawie zróżnicowania wartości spektralnych współczynników odbicia fali czerwonej - istotne statystycznie różnice obserwowano po upływie 20 dni od siewu i 8 dniach od wschodów.

Analizując charakterystyki spektralne upraw rzepaku w sezonie jesiennym można ocenić stopień rozwoju roślin i ich przygotowania do przetrzymywania. Bardziej przydatny do takiej oceny jest spektralny współczynnik odbicia fal podczerwonych niż czerwonych. Wykorzystując współczynniki SWO₈₅₀ można zidentyfikować uprawy rzepaku, które różniły się między sobą terminami siewu zaledwie o 5 dni. Istotne różnice między takimi uprawami

występowaly już po około 3 tygodniach od ostatecznego terminu, który zaleca się dla siewu rzepaku ozimego w Wielkopolsce.

Jesienny sezon wegetacyjny w 1999 roku, w którym prowadzono powyższe badania, był dla roślin rzepaku korzystny pod względem warunków pogodowych. W takim roku obserwacje teledetekcyjne, na podstawie których można ocenić przygotowanie roślin do przezimowania, należy prowadzić w trzeciej dekadzie września. W tym czasie odbicie fali podczerwonej od upraw rzepaku ozimego wysianego w optymalnym terminie, a więc teoretycznie najlepiej przygotowanych do przezimowania, wynosi 40 – 50% promieniowania docierającego do uprawy, a rośliny pokrywają glebę w 50 – 75%.

Dzięki sprzyjającym warunkom w 1999 roku rzepak wysiany późno rozwijał się stosunkowo szybko. W latach, w których temperatura i opady jesienią są mniej korzystne, wpływ terminu siewu na tempo wzrostu roślin jest zdecydowanie większy. Wówczas zróżnicowanie biomasy i stopnia pokrycia gleby przez rośliny wysiane w odmiennych terminach jest większe, a tym samym można spodziewać się, że istotność różnic między ich charakterystykami jest również większa.

5. Literatura

1. Blackburn G.A., Milton E.J., 1995, *Seasonal variations in the spectral reflectance of deciduous tree canopies*, International Journal of Remote Sensing, 16, 4, 709-720;
2. Goel N.S., Grier T., 1986, *Estimation of canopy parameters for inhomogenous vegetation canopies from reflectance data*, II. Estimation of LAI and percentage of ground cover for row canopies, International Journal of Remote Sensing, 7, 1263-1286;
3. Herse J., 1979, *Szczegółowa uprawa roślin*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa;
4. Leamer R. W., Noriega J. R., Wiegand C. L., 1978, *Seasonal changes in the reflectance of two wheat cultivars*, Agronomy Journal, 70, 113-118;
5. Shoshany M., Lavee H., Kutiel P., 1995, *Seasonal vegetation cover changes as indicators of soil types along a climatological gradient: a mutual study of environmental patterns and controls using remote sensing*. International Journal of Remote Sensing, 16, 2137-2151;
6. *Dekadowy Biuletyn Agrometeorologiczny*, 1999, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Ośrodek Meteorologii, 28, s 6.

Recenzowała: dr inż. Beata Hejmanowska