

WPLYW WARUNKÓW SIEDLISKOWYCH NA PLONOWANIE ORAZ WIELKOŚĆ WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW WEGETACYJNYCH ZRESTOROWANYCH ODMIAN RZEPAKU OZIMEGO*

BOGDAN KULIG¹, ANDRZEJ OLEKSY¹, KAZIMIERZ PYZIAK², NORBERT STYRC³, JAN STAROŃ⁴

¹*Institut Produkcji Roślinnej Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*, ²*SDOO w Głubczycach*,
³*SDOO w Pawłowicach*, ⁴*Danko Hodowla Roślin*

Synopsis. Doświadczenia polowe w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego przeprowadzonych w latach 2006–2009 w stacjach oceny odmian Głubczyce i Pawłowice. Ich celem było określenie plonowania zrestorowanych odmian rzepaku ozimego w powiązaniu z wielkością wskaźników wegetacyjnych w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. W omawianym okresie badań, w obu miejscowościach uwzględniono 8 odmian zrestorowanych rzepaku (Baldur, ES Betty, ES Saphir, Extend, Herkules, Kronos, Nelson, Titan). Średni plon nasion badanych odmian w omawianym trzyleciu kształtował się w przedziale 5,37–5,92 t·ha⁻¹. Największym plonem charakteryzowały się odmiany Nelson i Herkules, a najmniejszym ES Betty. W czterech terminach (11-04, 25-04, 8-05 i 25-05) określono wskaźnik zieleni (NDVI), wskaźnik zieloności liścia (SPAD) oraz wskaźnik zielonej powierzchni asymilacyjnej (GAI). Największą wielkość powierzchni asymilacyjnej (6,32) stwierdzono w pełni kwitnienia (8-maj). Nie stwierdzono różnic między odmianami w wielkości tej cechy, natomiast istotnie większą powierzchnię łanu w każdym terminie pomiaru wykształcił rzepak w Głubczycach, co znalazło odzwierciedlenie w wysokości plonu nasion. Indeks zieloności liścia uzyskał największą wartość (65,3) pod koniec fazy pąkowania i na początku kwitnienia (25-kwietnia), a w następnych fazach rozwojowych systematycznie malał uzyskując w trzeciej dekadzie maja wartość 53,9. Największą wartość wskaźnika zieleni (NDVI = 0,84) stwierdzono na początku wiosennej wegetacji (11-04), kiedy to rośliny rzepaku tworzyły zwarty, gęsto ulistniony łan.

Słowa kluczowe – *key words*: rzepak ozimy – *winter rape*, odmiany zrestorowane – *restored hybrids*, plon nasion – *yield of seeds*, wskaźniki wegetacyjne – *vegetation indices*

WSTĘP

Rzepak jest rośliną podlegającą ciągłemu doskonaleniu w zakresie cech ilościowych i jakościowych. Obecnie w krajowym rejestrze znajduje się 86 odmian rzepaku ozimego, z czego 67 to odmiany populacyjne, a 19 – mieszańcowe. W 2010 roku zostało wpisanych 13 odmian (6 populacyjne i 7 mieszańcowych) [Lista opisowa... 2010], a w 2011 kolejne 10 (3 populacyjne i 7 mieszańcowych) – (stan na 15. Marca 2011) [www.coboru.pl]. Odmiany mieszańcowe (złożone i zrestorowane) charakteryzują się wyższą plennością w porównaniu do odmian populacyjnych, co wynika z efektu heterozji [Bartkowiak-Broda 2004, Jankowski i Budzyński 2007, Kulig i in. 2008].

Wprowadzenie niedestrukcyjnych metod określania wskaźników wegetacyjnych pozwala na monitorowanie oraz prognozowanie plonu roślin [Kulig i in. 2008, Müller i in. 2008]. Metody

* Finansowane z projektu MNiSW nr N N310 169139

te są przydatne do określenia potrzeb nawozowych, ocenę stanu porażenia oraz zachwaszczenia plantacji. W metodach teledetekcyjnych wykorzystuje się różnice w odbiciu przez łan promieniowania dla określonego zakresu fal. Wykonywane są one za pomocą radiometrów zamieszczonych na satelitach lub za pomocą urządzeń naziemnych [Piekarczyk i in. 2004].

Celem badań było określenie zróżnicowania wielkości plonu oraz wskaźników NDVI, SPAD i GAI zrestorowanych odmian rzepaku ozimego w zależności od warunków siedliskowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2006–2009 w Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian w Głubczycach (17°50' E, 50°12' N) i Pawłowicach (18°31' E, 50°28' N). Warunki glebowe i zabiegi agrotechniczne przedstawiono w tabeli 1. W opracowaniu uwzględniono 8 zrestorowanych odmian rzepaku (Baldur, ES Betty, ES Saphir, Extend, Herkules, Kronos, Nelson, Titan). Odmiany były uprawiane na intensywnym poziomie agrotechniki. Dane agrotechniczne zawiera tabela 1. Pomiar indeksu zieloności liścia (SPAD) wykonano za pomocą chlorofilomierza Minolta SPAD 502DL, wielkość zielonej powierzchni łanu (GAI) mierzono za pomocą urządzenia Sunscan System firmy Delta-T, a wskaźnik zieleni (NDVI) określono urządzeniem GreenSeeker. Pomiar wskaźników wegetacyjnych wykonano w czterech terminach: 11 kwietnia (stadium rozwojowe 38–51 wg skali BBCH w zależności od odmiany, 25 kwietnia (BBCH 57–61, 8 maja (BBCH 64–65) oraz 25 maja (BBCH 68–69). Plon nasion przeliczono na 13% wilgotności. Do opracowania wyników wykorzystano programy Statistica 8.0PL oraz arkusz kalkulacyjny Excel.

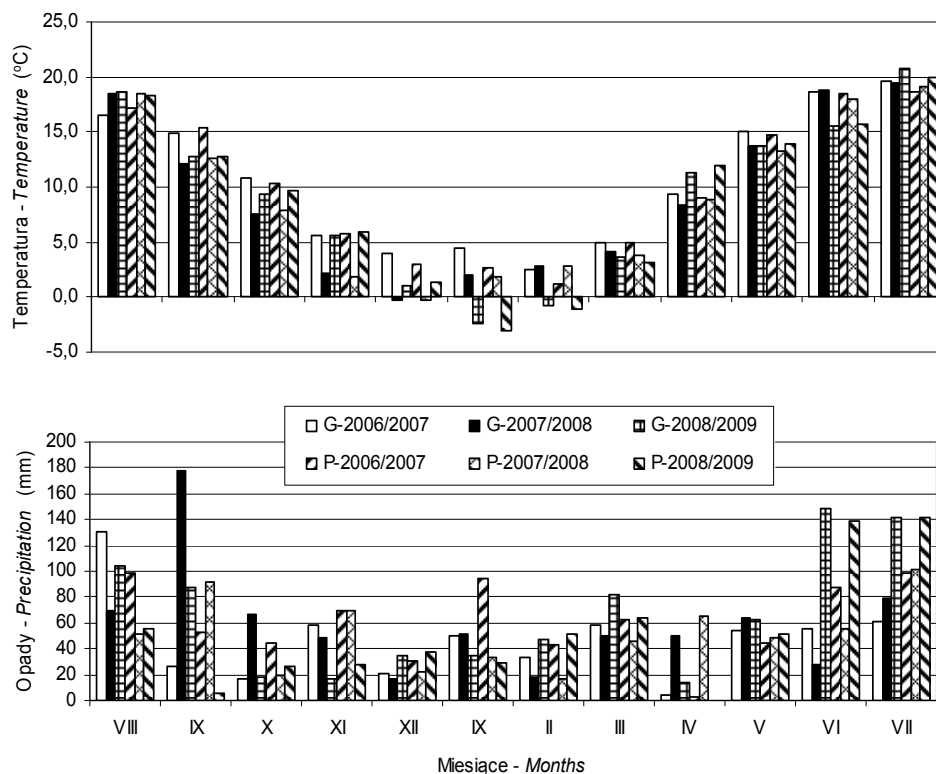
W sezonach wegetacyjnych 2006/2007, 2007/2008 i 2008/2009 suma opadów w Głubczycach wynosiła odpowiednio: 568, 718, 793 mm, a w Pawłowicach 730, 623, 629 mm. Średnia temperatura powietrza dla okresu od sierpnia do lipca wynosiła w Głubczycach – 10,5; 9,1 i 9,1°C, a w Pawłowicach – 10,1; 9,0 i 9,0°C. Spośród analizowanych lat najbardziej niekorzystnym dla plonowania rzepaku ozimego był sezon 2007/2008, w którym w Głubczycach występowały nadmierne opady we wrześniu oraz bardzo mała ilość opadów w czerwcu. Krótkotrwałe przymrozki w trzeciej dekadzie kwietnia 2008 r. (kwitnienie rzepaku) w Pawłowicach spowodowały zmniejszenie liczby związanych łuszczyn (rys. 1).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni plon nasion badanych odmian rzepaku ozimego kształtował się w zakresie 5,37–5,92 t·ha⁻¹. Uzyskane plony należy uznać za bardzo wysokie i były one zbliżone do tych jakie w Głubczycach uzyskali Kaczmarek i in. [2003]. W SDOO Głubczyce uzyskano istotnie większy plon nasion niż w SDOO Pawłowice (tab. 2). Średnie plon badanych odmian w SDOO Głubczyce wynosiły 5,79 t·ha⁻¹, natomiast w SDOO Pawłowice 5,49 t·ha⁻¹. Plon nasion odmian zrestorowanych w omawianym okresie był o 11,7% większy w Głubczycach i o 7,4% mniejszy w Pawłowicach w porównaniu do średniego plonu 11 populacyjnych odmian rzepaku [Kulig i in. 2010]. Spośród badanych odmian zrestorowanych najlepiej plonowały odmiany Nelson i Herkules, a najgorzej odmiana ES Betty. Wystąpiło współdziałanie lat i odmian. W niekorzystnym dla rozwoju rzepaku 2008 roku słabo plonowała odmiana ES Betty, natomiast plonująca na średnim poziomie odmiana Kronos plonowała na najwyższym poziomie. Dobre plonowanie tej odmiany w innych warunkach potwierdzają Jankowski i Budzyński [2007]. Stosunkowo dobrze w 2008 roku plonowały również odmiany Nelson i Herkules (rys. 2). Współdziałanie lat i miej-

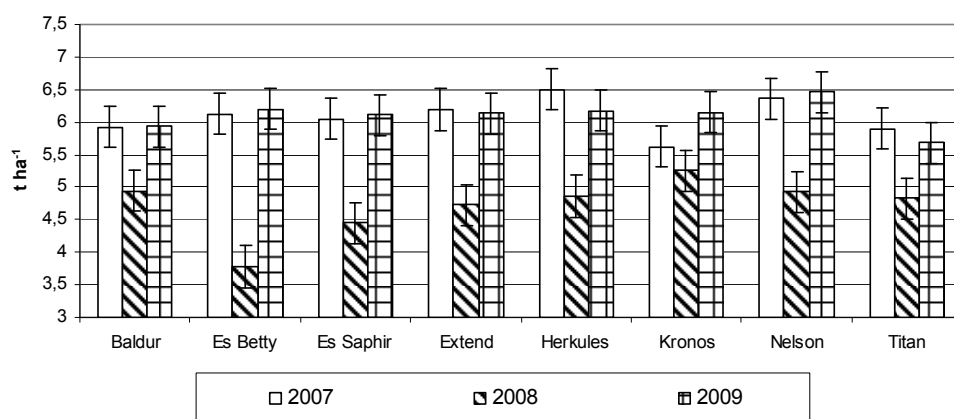
Tabela 1. Podstawowe dane agrotechniczne oraz terminy wystąpienia głównych faz rozwojowych
 Table 1. Basic agronomical details and date of appearance of main development stages

Wyszczególnienie <i>Description</i>	SDOO Głubezyce	SDOO Pawłowice
Kompleks rolniczej przydatności gleby <i>Complex agricultural soil suitability</i>	pszenny bardzo dobry <i>wheat very good</i>	pszenny dobry <i>wheat good</i>
Klasa bonitacyjna <i>Class of soil valuation</i>	II	IIIb
Przedplon – Previous crop	jęczmień jary – <i>spring barley</i>	jęczmień jary – <i>spring barley</i>
Obsada (nasion·m ⁻²) – Plant density	50	50
pH gleby w KCl – soil pH in KCl	6,2 (2007); 6,6(2008); 7,2(2009)	6,1(2007); 6,5(2008); 6,1(2009)
Data siewu – Sowing date	3-09-2006, 27-08-2007, 27-08-2008	26-08-2006, 28-08-2007, 26-08-2008
Początek kwitnienia – Beginning of anthesis	17-04-2007, 02-05-2008, 23-04-2009	18-04-2007, 02-05-2008, 22-04-2009
Data zbioru – Harvest date	13-07-2007, 28-07-2008, 21-07-2009	18-07-2007, 22-07-2008, 24-07-2009
Pozim nawożenia N, S (kg·ha ⁻¹) <i>N and S fertilization level</i>	225; 30 (2007), 203; 12 (2008), 210; 65 (2009)	206; 40 (2007), 184; 30 (2008), 193; 20 (2009)
Środki ochrony roślin – <i>Agrochemicals</i>		
Herbicydy <i>Herbicides</i>	2007: Butisan Star 416 SC, Pantera 040 EC 2008: Butisan Star 416 SC, Galera 334 SL 2009: Butisan Star 416 SC, Pantera 040 EC	2007: Butisan Star 416 SC 2008: Butisan Star 416 SC, Kerb 2009: Butisan Star 416 SC
Insektycydy <i>Insecticides</i>	2007: Decis 2,5 EC, Dimezyl 400EC, Nurelle D 550 EC, Karate Zeon 050 SC + Nurelle D 550 EC 2008: Decis 2,5 EC (2x), Nurelle D 550 EC (2x), Mospilan 20SP 2009: Danadim 400 EC, Danadim 400 EC, Nurelle D 550 EC, Rapid 060 CS	2007: Nurelle D 550 EC, Talstar 100 EC 2008: Decis EC, Talstar 100EC, Decis EC, Fury 100 EC, Karate Zeon 050 CS (2x) 2009: Proteus, Fury 100 EW, Karate Zeon 050 CS, Fury 100 EW, Karate Zeon 050 CS (2x)
Fungicydy <i>Fungicides</i>	2007: Horizon 250 EW (2x), Pictor 400 SC, 2008: Horizon 250 EW, Alert 375 SC, Caramba 60 SL, Pictor 400 SC 2009: Sparta 250 EW, Caramba 60 SL, Horizon 250 EW	2007: Alert 375SC, Horizon 250 EW, Pictor 400 SC 2008: [-] 2009: Horizon 250 EW



Rys. 1. Przebieg warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych rzepaku ozimego (G – Głubczyce, P – Pawłowice)

Fig. 1. Meteorological conditions in the vegetation seasons of winter rape (G – Głubczyce, P – Pawłowice)



Rys. 2. Plonowanie odmian rzepaku ozimego w latach 2007–2009

Fig. 2. Yielding of winter rape cultivars in 2007–2009

Tabela 2. Plon nasion zrestorowanych odmian rzepaku ozimego ($t \cdot ha^{-1}$, 87% suchej masy) oraz wartości wskaźnika zieleni (NDVI) w zależności od fazy rozwojowej (średnio 2007–2009)

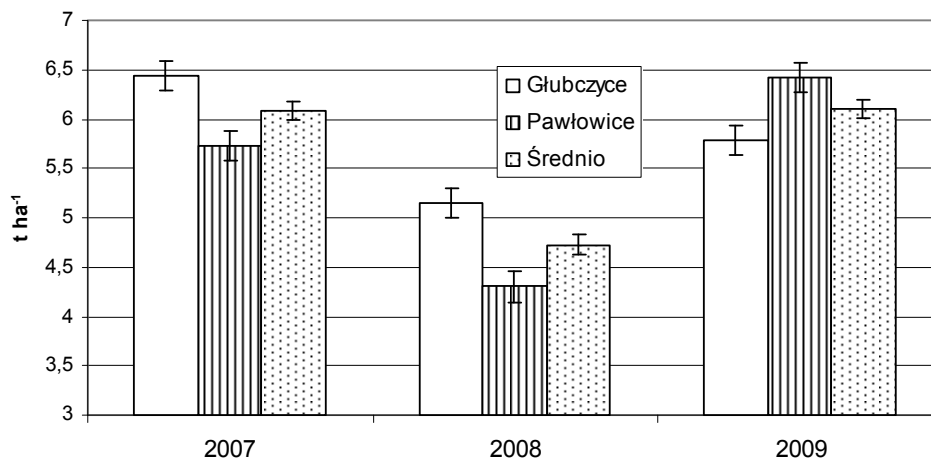
Table 2. Yield of seeds of restored winter rape cultivars ($t \cdot ha^{-1}$, 87% dry matter) and values of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dependent on the developmental stage (mean of 2007–2009)

Wyszczególnienie Description	Plon nasion Yield of seeds	NDVI			
		Data pomiaru – Date of measurement			
		11-IV	25-IV	8-V	25-V
Miejscowości – Localities					
Głubczyce	5,79	0,88	0,76	0,63	0,78
Pawłowice	5,49	0,79	0,82	0,70	0,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,15	0,01	0,01	0,04	0,01
Odmiany – Cultivars					
Baldur	5,60	0,83	0,80	0,67	0,75
ES Betty	5,37	0,82	0,78	0,68	0,77
ES Saphir	5,54	0,84	0,78	0,61	0,77
Extend	5,68	0,86	0,80	0,72	0,76
Herkules	5,85	0,86	0,77	0,65	0,77
Kronos	5,67	0,84	0,79	0,69	0,78
Nelson	5,92	0,84	0,79	0,62	0,76
Titan	5,47	0,83	0,79	0,67	0,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,30	0,04	r.n.	r.n.	0,02
Średnia – Mean	5,64	0,84	0,79	0,66	0,77

r.n. – różnice nies istotne – non significant differences

scowości w kształtowaniu plonu nasion przedstawiono na rysunku 3. Wyrażało się ono lepszym plonowaniem rzepaku w Głubczycach w 2007 r., a w Pawłowicach w 2009 r.

Średnia wielkość wskaźnika zieleni NDVI w następujących po sobie fazach rozwojowych wynosiły, odpowiednio: 0,84 (BBCH 38–51); 0,79 (BBCH 55–61); 0,66 (BBCH 64–65) i 0,77 (BBCH 68–69) (tab. 2). Istotne zróżnicowanie tego wskaźnika w obrębie odmian stwierdzono tylko w pierwszym i ostatnim terminie pomiaru, natomiast zróżnicowanie tego wskaźnika w miejscowościach było istotne we wszystkich terminach pomiaru. Intensywniejszy wczesnowiosenny rozwój roślin rzepaku w Głubczycach powodował, że wielkość indeksu zieleni (NDVI) w pierwszym terminie w Głubczycach wynosiła 0,88 a w Pawłowicach 0,79. Wartość tego wskaźnika dla wybranych odmian populacyjnych w omawianych miejscowościach była zbliżona i wynosiła odpowiednio 0,87 i 0,78 [Kulig i in. 2010]. W następnym terminie pomiaru proporcje uległy odwróceniu na korzyść Pawłowic. Było to wynikiem mniejszego zawiązania wegetacji w Głubczycach, co związane jest ze zmianą zabarwienia łąnu w wyniku rozcieńczenia azotu w większej biomacie łąnu oraz stopniowego pojawienia się żółtego zabarwienia łąnu po rozpoczęciu kwitnienia roślin. Podobną tendencję i zbliżone wartości wskaźnika zieleni w omawianych fazach rozwojowych stwierdzono u odmian populacyjnych [Kulig i in. 2010]. Znajduje to również potwierdzenie w badaniach Piekarczyka [2001].



Rys. 3. Średnie plony rzepaku ozimego w latach i miejscowościach
 Fig. 3. Average seeds yield of winter rape in the years and localities

Wielkość zielonej powierzchni asymilacyjnej (GAI) łanu badanych odmian rzepaku w zależności od odmiany i warunków siedliskowych przedstawia tabela 3. Istotnie większą wartość wskaźnika GAI stwierdzono w każdym terminie pomiaru w Głubczycach. Odmiany populacyjne w omawianym okresie uzyskały zbliżoną powierzchnię łanu we wszystkich terminach [Kulig i in. 2010]. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy odmianami w poszczególnych terminach pomiaru. Średnia wartość wskaźnika GAI rosła od 3,29 (11 kwietnia) do 6,32 (8-maj) by następnie ulec stopniowemu zmniejszeniu na skutek zasychania liści. Również Justes i in. [2000] wykazali, że największą powierzchnię liści rzepaku uzyskał w okresie kwitnienia. Najlepiej plonujące w niniejszych badaniach odmiany Nelson i Herkules charakteryzowały się na początku wiosennej wegetacji nieco większym wskaźnikiem GAI w porównaniu z pozostałymi odmianami, a w następnym terminach wielkością tego wskaźnika zbliżoną do średniej dla odmian. Większą wartość tego wskaźnika we wszystkich terminach odnotowano w Głubczycach co znajduje odzwierciedlenie w wyższym plonowaniu odmian zarówno zrestorowanych, jak i populacyjnych [Kulig i in. 2008, 2010] w tej miejscowości.

Wielkość indeksu zieloności liścia (SPAD) badanych odmian rzepaku wahała się w zależności od terminu pomiaru w zakresie 54,9–68,1 (tab. 4). Istotne zróżnicowanie w wielkości tego wskaźnika w miejscowościach stwierdzono tylko w trzeciej dekadzie kwietnia. Wyższa wartość wskaźnika GAI w Głubczycach i tym samym większe rozcieńczenie azotu w biomase nadziemnej skutkowało niższymi odczytami SPAD na liściach rzepaku w Głubczycach w porównaniu z Pawłowicami. Znajduje to potwierdzenie w badaniach Colnenne i in. 1998], którzy wykazali zmniejszenie koncentracji azotu w organach nadziemnych rzepaku wraz ze przyrostem biomasy nadziemnej. Różnice międzyodmianowe odnotowano tylko w początkowym okresie wzrostu wiosennego (11 i 25 kwiecień). W tych terminach wartości SPAD u badanych odmian kształtowały się w zakresie, odpowiednio: 54,8–61,3 i 61,6–68,1. Po osiągnięciu wartości maksymalnej pod koniec fazy pąkowania wartość tego wskaźnika ulegała stopniowemu zmniejszeniu, osiągając najniższą wartość pod koniec kwitnienia. Uzyskane średnie wartości dla poszczególnych terminów były zbliżone do tych jakie stwierdzono u odmian populacyjnych [Kulig i in. 2010].

Tabela 3. Wielkość wskaźnika powierzchni asymilacyjnej łąnu (GAI) w zależności od fazy rozwojowej rzepaku ozimego (średnio 2007–2009)

Table 3. Values of green area index (GAI) dependent on the developmental stage of winter rape (mean of 2007–2009)

Wyszczególnienie Description	Data pomiaru – Date of measurement			
	11-IV	25-IV	8-V	25-V
Miejscowości – Localities				
Głubczyce	3,89	5,14	6,48	6,12
Pawłowice	2,69	4,50	6,15	5,17
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,22	0,24	0,22	0,34
Odmiany – Cultivars				
Baldur	3,32	4,91	6,35	5,96
ES Betty	3,21	4,79	6,19	5,66
ES Saphir	3,05	4,69	6,25	5,55
Extend	3,31	4,73	6,26	5,38
Herkules	3,41	4,87	6,56	5,64
Kronos	3,23	4,95	6,41	5,87
Nelson	3,50	4,82	6,30	5,59
Titan	3,29	4,81	6,20	5,51
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia – Mean	3,29	4,82	6,32	5,64

r.n. – różnice nies istotne – non significant differences

Tabela 4. Wielkość wskaźnika zieloności liści (SPAD) w zależności od fazy rozwojowej rzepaku ozimego (średnio 2007–2009)

Table 4. Values of SPAD index dependent on the developmental stage of winter rape (mean of 2007–2009)

Wyszczególnienie Description	Data pomiaru – Date of measurement			
	11-IV	25-IV	8-V	25-V
Miejscowości – Localities				
Głubczyce	58,5	63,4	57,9	52,7
Pawłowice	57,4	67,2	59,0	55,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	1,5	r.n.	r.n.
Odmiany – Cultivars				
Baldur	57,5	64,9	56,6	54,7
ES Betty	57,6	66,5	57,7	53,2
ES Saphir	60,0	64,6	60,0	50,8
Extend	61,3	68,1	56,4	58,1
Herkules	54,8	61,6	56,5	51,3
Kronos	57,8	65,6	57,7	55,2
Nelson	56,9	65,1	61,6	53,5
Titan	57,9	66,0	61,1	54,1
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	3,1	3,0	r.n.	r.n.
Średnia – Mean	58,0	65,3	58,4	53,9

r.n. – różnice nies istotne – non significant differences

Tabela 5. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem a wartościami wskaźników wegetacyjnych
 Table 5. Simple correlation coefficients between seeds yield and values of vegetation indices

Wyszczególnienie Description	Plon nasion Yield of seeds	NDVI				GAI				SPAD			
		11-04	25-04	8-05	25-05	11-04	25-04	8-05	25-05	11-04	25-04	8-05	
NDVI	11-04	0,66*											
	25-04	-0,35	-0,76*										
	8-05	-0,35	0,60	-0,30									
	25-05	0,24	-0,78**	-0,30									
GAI	11-04	0,63*	0,88**	-0,39	0,46								
	25-04	0,47	0,77**	-0,32	0,57	0,89**							
	8-05	0,74*	-0,67*	-0,29	0,53	0,66*	0,74*						
	25-05	0,31	-0,68*	-0,38	0,54	0,74*	0,94**	0,66*					
SPAD	11-04	-0,25	0,18	0,20	0,07	-0,07	-0,15	-0,41	-0,14				
	25-04	-0,54	-0,49	0,67*	-0,41	-0,52	-0,56	-0,82**	-0,55	0,59			
	8-05	-0,04	-0,25	-0,51	-0,23	-0,11	-0,24	-0,45	-0,29	-0,01	0,10		
	25-05	-0,10	-0,12	0,83**	-0,38	-0,17	-0,18	-0,32	-0,26	0,45	0,78**	-0,27	

* – istotne na poziomie 0,05 – significant at 0.05 level, ** – istotne na poziomie 0,01 – significant at 0.01 level

Dla średnich wartości plonu i wskaźników wegetacyjnych wykonano analizę korelacji (tab. 5). Plon nasion był w największym stopniu skorelowany z wartościami GAI w okresie kwitnienia oraz GAI i NDVI na początku pąkowania. Pałasz [1995] stwierdził występowanie wysokiej korelacji wielkości LAI z plonem nasion, co może być przydatne do oceny kondycji plantacji i prognozowania plonu. Barens i in. [2006] nie wykazali istotnej korelacji pomiędzy wskaźnikiem NDVI a plonem biomasy nadziemnej, natomiast Wójtowicz i in. [2005] uzyskali podobne zależności jak w niniejszych badaniach. Z wyjątkiem pełni kwitnienia wskaźniki GAI i NDVI wykazywały umiarkowany do bardzo wysokiego stopień wzajemnej korelacji. Istotną korelację pomiędzy NDVI i GAI stwierdzono w tym okresie również dla odmian populacyjnych [Kulig i in. 2010], a znajduje to także potwierdzenie w innych badaniach [Muller i in. 2008]. Między wskaźnikami SPAD i NDVI istotną korelację odnotowano na początku i końcu kwitnienia.

WNIOSKI

1. Plonowanie rzepaku było silnie uzależnione od warunków siedliskowych. Istotnie większy plon nasion uzyskano w lepszych warunkach siedliskowych (Głubczyce) a za najlepiej plonujące odmiany w omawianym trzyleciu należy uznać Nelson i Herkules.
2. Stwierdzono większe wartości wskaźnika GAI we wszystkich terminach badań w Głubczycach, natomiast wskaźniki NDVI i SPAD charakteryzowały się bardziej zróżnicowanymi wartościami w zależności od fazy rozwojowej, odmiany i warunków siedliskowych.
3. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy wielkościami wskaźników GAI i NDVI oznaczonych do początku kwitnienia. Plon nasion był w największym stopniu skorelowany z wartościami GAI w okresie kwitnienia oraz GAI i NDVI na początku pąkowania.

PIŚMIENNICTWO

- Bartkowiak-Broda I. 2004. Kierunki hodowli rzepaku ozimego. W: Rzepak – poradnik dla producentów. Wyd. Agroserwis 6: 17-21.
- Behrens T., Muller J., Diepenbrock. W. 2006. Utilization of canopy reflectance to predict properties of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum sativum* L.) during ontogenesis. *Europ. J. Agron.* 25: 345–355.
- Colnenne C., Meynard J.M., Reau R., Justes E., Merrien A. 1998. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Ann. Bot.* 81: 311–317.
- Gabrielle B., Denoroy P., Gosse G., Justes E., Andersen M.N. 1998. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape. *Field Crop Res.* 57: 209–222.
- Jankowski K., Budzyński W. 2007. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu. II. Plon nasion i jego składowe. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 28: 195–207.
- Justes E., Denoroy P., Gabrielle B., Gosse G. 2000. Effect of crop nitrogen status and temperature on the radiation use efficiency of winter oilseed rape. *Europ. J. Agron.* 13: 165–177.
- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 226–227(2): 395–403.
- Kulig B., Oleksy A., Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2010. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz zróżnicowanie wybranych wskaźników roślinnych populacyjnych odmian rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 31: 99–114.
- Kulig B., Oleksy A., Styrc N., Pyziak K., Staroń J. 2008. Wpływ warunków siedliskowych i poziomu agrotechniki na plonowanie oraz wielkość indeksów GAI i SPAD różnych typów odmian rzepaku ozimego. 29 Konf. Nauk Rośliny Oleiste, 11–12 marca 2008, Streszczenia – Abstracts: 82–88.

- Lista opisowa odmian. 2010. COBORU. Słupia Wielka, Rośliny rolnicze, Cz. 2.
- Müller K., Bottcher U., Meyer-Schatz F., Kage H. 2008. Analysis of vegetation – indices derived from hyperspectral reflection measurements for estimating crop canopy parameters oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosyst. Eng.* 101:172–182.
- Pałosz T. 1995. Indeks liściowy (LAI) i jego zastosowanie do prognozowania plonu rzepaku. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 16(1): 135–140.
- Piekarczyk J. 2001. Temporal variation of the winter rape crop spectral characteristics. *Int. Agrophys.* 15: 101–107.
- Piekarczyk J., Wójtowicz M., Wójtowicz A. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i odmian na charakterystyki spektralne łanu rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 25(1): 280–291.
- Wójtowicz A., Wójtowicz M., Piekarczyk J. 2005. Zastosowanie teledetekcji do monitorowania i oceny produktywności plantacji rzepaku. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 26(1): 269–276.

B. KULIG, A. OLEKSY, K. PYZIAK, N. STYRC, J. STAROŃ

THE EFFECT OF HABITAT CONDITIONS ON THE YIELD AND SIZE OF SELECTED VEGETATION INDICES OF THE RESTORED CULTIVARS OF WINTER RAPE

Summary

The aim of the study was to determine of the seeds yield, and size of vegetation indices (NDVI, SPAD, GAI) of selected cultivars of winter rape depending on habitat conditions. Field experiments were conducted in the period 2006-2009 in Experimental Stations for Variety Testing in Głubczyce and Pawłowice. The cultivars included eight restored hybrids (Baldur, ES Betty, ES Saphir, Extend, Herkules, Kronos, Nelson, Titan). The average seed yield of the examined winter rape cultivars ranged from 5.37 to 5.92 t·ha⁻¹. The greatest yield were characterized by Nelson and Hercules cultivars, and the smallest ES Betty. In the four terms (11-Apr., 25-Apr., 8-May and 25-May) sets out normalized difference vegetation index (NDVI), leaf greenness index (SPAD) and green area index (GAI). Higher GAI values (6,32) were reported at stage of full flowering. There were no differences between cultivars in the size of this feature, but significantly larger GAI index at any time of measurement developed rape in Głubczyce, as reflected in the amount of seed yield. Leaf greenness index gained the highest value (65.3) at the phase end of budding and early flowering (25 April), and in subsequent development stages consistently decreased to the third decade of May (53.9). The greatest value of the NDVI (0.84) was found at the beginning of the spring growing season (11-04), when the rape plants form densely leafy canopy.