

The content of pigments in leaves of spinach and susceptibility of cultivars to black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) invasion

Poziom barwników w liściach szpinaku a podatność odmian na zasiedlenie przez mszycę burakową (*Aphis fabae* Scop.)

Irena Łuczak¹, Maria Gawęda², Izabela Zdrójkowska¹

Summary

The differences in the content of green (chlorophyll a + b) and yellow-orange (carotenoids) pigments in the leaves of 7 cultivars of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and New Zealand spinach (*Tetragona expansa* Murr.) and their effect on black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) invasion were investigated in 2007 and 2008. In both years, the largest numbers of total aphids and colonies were observed on the cultivar Olbrzym Zimowy, whereas, the fewest ones – on *Tetragona expansa*. The high percentages of plants infested by total aphids and winged migrants, and the largest numbers of winged aphids were found on two cultivars: Matador and Markiza. The cultivar Matador was characterised by the highest yellow-orange pigments content in leaves and the highest ratio of these pigments to green ones. In both years, on the cultivar Spiros F₁, small numbers of aphids and small percentages of infested plants were observed. The cultivar Spiros F₁ was characterized by the lowest content of pigments (chlorophyll a + b, carotenoids) in leaves. The influence of yellow-orange pigments on the *A. fabae* invasion was confirmed by the statistically significant and positive correlation coefficients between the carotenoids to chlorophyll (a + b) ratio and the number of winged aphids and colonies, and also the percentages of infested plants by total aphids and winged migrants.

Key words: *Aphis fabae*, *Spinacia oleracea*, cultivars, *Tetragona expansa*, chlorophyll a and b, carotenoids, invasion

Streszczenie

W latach 2007 i 2008 badano różnice w zawartości barwników zielonych (chlorofil a + b) i żółtopomarańczowych (karotenoidy) w liściach 7 odmian szpinaku warzywnego (*Spinacia oleracea* L.) i szpinaku nowozelandzkiego (*Tetragona expansa* Murr.) oraz ich wpływ na zasiedlanie mszycy burakowej (*Aphis fabae* Scop.). W obydwu latach badań największe liczby wszystkich mszyc i kolonii były obserwowane na odmianie Olbrzym Zimowy, a najmniejsze – na *Tetragona expansa*. Wysokie procenty zasiedlanych roślin przez mszycę ogółem i uskrzydłone migrantki oraz największe liczby uskrzydłonych mszyc zostały wykazane na 2 odmianach: Matador i Markiza. Odmiana Matador charakteryzowała się najwyższą zawartością żółtopomarańczowych barwników w liściach i najwyższym wzajemnym stosunkiem tych barwników do barwników zielonych. W obydwu latach badań na odmianie Spiros F₁ obserwowano małe liczebności mszycy i niskie procenty zasiedlanych roślin. Odmiana Spiros F₁ charakteryzowała się najniższą zawartością barwników w liściach (chlorofil a + b, karotenoidy). Wpływ barwników żółtopomarańczowych na *A. fabae* potwierdziły statystycznie istotne i dodatnie współczynniki korelacji między wzajemnym stosunkiem karotenoidów do chlorofilu (a + b) a liczbą uskrzydłonych mszyc i kolonii oraz procentem roślin zasiedlonych przez mszycę ogółem i uskrzydłone migrantki.

Słowa kluczowe: *Aphis fabae*, *Spinacia oleracea*, odmiany, *Tetragona expansa*, chlorofil a i b, karotenoidy, zasiedlanie

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

¹ Katedra Ochrony Roślin
i.luczak@ogr.ur.krakow.pl

² Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich
m.gaweda@ogr.ur.krakow.pl

Wstęp / Introduction

Szpinak (*Spinacia oleracea* L.) jest warzywem bardzo popularnym i jego znaczenie gospodarcze w naszym kraju stale wzrasta. Rosną także wymagania dotyczące zdrowotności szpinaku przeznaczonego zarówno do bezpośredniej konsumpcji, jak i do mrożenia całych liści (muszą one być zdrowe i nieuszkodzone).

Najgroźniejszym szkodnikiem szpinaku jest mszyca burakowa (*Aphis fabae* Scop.). Kolonie mszycy są zakładane na dolnej stronie liści (głównie najmłodszych) i w wierzchniej części pędu. Opanowane rośliny tracą całkowicie wartość konsumpcyjną i handlową. Zmniejszenie szkodliwości mszycy byłoby możliwe przez wprowadzenie do uprawy odmian szpinaku słabo zasiedlanych przez uskrzydłone migrantki i w mniejszym stopniu kolonizowanych przez *A. fabae*.

Wstępne zasiedlanie roślin przez migrujące mszyce jest związane przede wszystkim z podrażnieniem receptorów wzrokowych (Kennedy i wsp. 1961; Kring 1967; Coon i Pepper 1968). Jednym z głównych bodźców wpływających na ten proces jest barwa liści (David i Hardie 1988; Hardie i wsp. 1989; Nottingham i Hardie 1989). Natężenie zielonej barwy liści zależy od zawartości barwników roślinnych, głównie żółtopomarańczowych (obejmujących flawonole i karoteny), a także zielonych (chlorofil a i b) oraz wzajemnych proporcji między nimi (Leszczyński i wsp. 1985; Leszczyński 1987). W badaniach Gawędy i Łuczak (1993) stwierdzono dodatnie i statystycznie istotne korelacje między zawartością w liściach buraka cukrowego karotenoidów i chlorofilu oraz tzw. wskaźnikiem barwy (wyrażającym wzajemny stosunek karotenoidy: chlorofil) a parametrami zasiedlania roślin przez mszyce burakową. Podobne zależności między wskaźnikiem barwy a liczbą uskrzydłonych migrantek *A. fabae* wykazano na buraku éwikłowym (Łuczak i Gawęda 1991a). Łuczak (1993) obserwowała różnice (między czterema badanymi odmianami szpinaku) w średniej liczbie uskrzydłonych form *A. fabae* i stwierdziła dodatnią korelację między tym parametrem a stosunkiem karotenoidy:suma chlorofilu a i b.

Celem badań było porównanie wpływu siedmiu odmian szpinaku warzywnego (*Spinacia oleracea* L.) oraz szpinaku nowozelandzkiego (*Tetragona expansa* Murr.) na osiadanie na roślinach uskrzydłonych mszyc *A. fabae* i ich kolonizację. Podjęto także próbę wyjaśnienia roli barwników roślinnych w słabszym zasiedlaniu niektórych odmian *S. oleracea* i *T. expansa* przez uskrzydłone migrantki mszycy burakowej.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania prowadzono w latach 2007–2008 na polu doświadczalnym Uniwersytetu Rolniczego, w Mydlnikach koło Krakowa. Testowaniem objęto 7 odmian szpinaku warzywnego – *Spinacia oleracea* L. i szpinak nowozelandzki – *Tetragona expansa* Murr. (tab. 1, 2). Doświadczenie odmianowe założono w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach; powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 5,2 m² (2,5 x 2,1 m). Nasiona

szpinaku zostały wysiane 05.05.2007 oraz 25.04.2008 w rzędach odległych co 35 cm.

Od momentu pojawienia się na szpinaku uskrzydłonych migrantek i pierwszych kolonii *A. fabae* (aż do całkowitego zaniku mszyc) prowadzono średnio co 4 dni bezpośrednie obserwacje liczebności mszycy na roślinach. Obserwacjami objęto po 100 roślin z każdego poletka. Wytypowano je (i odpowiednio oznakowano) ze środkowych rzędów poletek podczas wykonywania pierwszej obserwacji, tj. 05.06.2007 oraz 31.05.2008. Na oznakowanych roślinach każdorazowo przeglądano wszystkie liście i liczono dokładnie obecne na nich mszyce. Notowano samice uskrzydłone i bezskrzydłe oraz nimfy, a także liczbę kolonii i zagęszczenie mszyc w koloniach. Rośliny opanowane przez *A. fabae* każdorazowo etykietowano. Zasiedlanie (przez mszyce) badanych odmian szpinaku warzywnego i szpinaku nowozelandzkiego charakteryzowano na podstawie kilku obliczonych wskaźników (tab. 1). Istotność różnic określano według testu t-Studenta ($p = 0,05$).

Równoległe z obserwacjami entomologicznymi wykonywano oznaczenia zawartości w liściach barwników roślinnych: zielonych (chlorofil a, chlorofil b) i żółtopomarańczowych (karotenoidy). Analizy chemiczne wykonano po okresie masowego pojawienia się na szpinaku uskrzydłonych migrantek *A. fabae*, tj. w trzeciej i w drugiej dekadzie czerwca (odpowiednio – w 2007 i 2008 r.). Zawartość barwników określano w świeżych liściach według procedury podanej przez Lichtenthalera i Wellburna (1983). Do oznaczeń chemicznych (dla każdej odmiany) pobierano próby liści z 20 roślin nie opanowanych przez *A. fabae* i spoza środkowych rzędów poletek. Po umyciu, liście suszono na bibule filtracyjnej, a następnie wycinano z nich krążki o średnicy 5 mm. Po odważeniu (dla danej odmiany) trzech prób reprezentatywnych o wadze 250 mg każda, wycięte z liści krążki rozcierano w moździerzu i ekstrahowano 80% acetonem. Absorbencję roztworów mierzono przy następujących długościach fal: chlorofil a – 663, chlorofil b – 646, karotenoidy – 470 nm. Zależności pomiędzy zawartością w liściach barwników zielonych i żółtopomarańczowych a analizowanymi wskaźnikami zasiedlania roślin przez *A. fabae* określano za pomocą obliczonych współczynników korelacji prostej „r” Pearsona.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Liczby mszyc i kolonii oraz procenty zasiedlonych roślin przez *A. fabae* były różne w dwóch kolejnych latach i zależały od odmiany szpinaku warzywnego oraz gatunku rośliny: *S. oleracea* lub *T. expansa*. Różnice w dynamice namalowania i kolonizowania roślin uprawnych przez *A. fabae* oraz wielkości powodowanych przez nią szkód w zależności od roku, gatunku rośliny i odmiany są dyskutowane w wielu pracach (Hurej 1991; Łuczak 1991; Goszczyński i wsp. 1992; Łuczak 1996a, b, c, 2010; Łuczak i wsp. 2012).

W 2007 r. pierwsze uskrzydłone migrantki *A. fabae* i pojedyncze słabe kolonie (1 lub 2 na poletku) zaobserwowano na szpinaku warzywnym w dniu 5 czerwca. Migrantki były notowane do 18.06 lub 22.06.2007 (za-

Tabela 1. Wskaźniki charakteryzujące zasiedlenie wybranych odmian szpinaku warzywnego (*S. oleracea*) i szpinaku nowozelandzkiego (*T. expansa*) przez mszycę burakową (*A. fabae*) w latach 2007–2008
 Table 1. Infestation indices of selected cultivars of spinach (*S. oleracea*) and New Zealand spinach (*T. expansa*) by black bean aphid (*A. fabae*) in 2007–2008

Gatunek, odmiana Species, cultivar	Rok Year	Średnia liczba mszyc i kolonii na 1 poletku w okresie obserwacji Mean number of aphids and colonies on 1 plot during observation period			% roślin zasiedlonych przez: % of plants infested by:				Maksymalna liczba kolonii Maximum number of colonies	
		mszyce ogółem total aphids	uskrzyd- lone winged	kolonie colonies	mszyce ogółem total aphids		uskrzydłone winged		na 1 roślinie per 1 plant	w 1 terminie in one day
					w całym okresie at whole period	w terminie maksimum in maximum date	w całym okresie at whole period	w terminie maksimum at maximum date		
<i>Spinacia oleracea</i>	2007	269,5	4,5	23,5	17,0	5,0	4,0	1,0	5	11
	2008	989,5	4,0	81,5	47,5	20,0	3,0	1,5	5	37
	średnio mean	629,5	4,2	52,5	32,2	12,5	3,5	1,2	5,0	24,0
Orbita	2007	141,0	6,5	24,0	20,0	4,5	6,5	1,5	4	7
	2008	696,5	3,0	39,0	26,5	9,5	5,5	2,0	4	18
	średnio mean	418,7	4,7	31,5	23,2	7,0	6,0	1,7	4,0	12,5
Greta	2007	99,0	5,5	23,0	20,0	5,0	4,5	1,0	3	6
	2008	688,0	3,5	51,5	40,5	15,5	3,5	2,5	3	20
	średnio mean	393,5	4,5	37,2	30,2	10,2	4,0	1,7	3,0	13,0
Rembrandt F ₁	2007	87,0	6,0	16,5	16,0	4,0	5,0	1,5	2	5
	2008	606,0	7,0	51,5	37,0	18,0	6,0	2,5	4	27
	średnio mean	346,5	6,5	34,0	26,5	11,0	5,5	2,0	3,0	16,0
Markiza	2007	124,5	13,5	29,0	27,0	6,5	11,0	4,0	4	7
	2008	365,0	2,5	42,5	34,5	19,0	1,8	1,0	3	24
	średnio mean	244,7	8,0	35,7	30,7	12,7	6,4	2,5	3,5	15,5
Matador	2007	64,5	6,0	16,0	15,5	3,0	5,5	1,0	2	3
	2008	319,5	9,5	58,0	41,0	23,0	8,5	5,8	5	35
	średnio mean	192,0	7,7	37,0	28,2	13,0	7,0	3,4	3,5	19,0
Spiros F ₁	2007	57,5	5,0	13,5	13,0	3,5	4,4	2,0	2	4
	2008	271,0	1,5	29,0	26,5	10,5	1,5	1,0	2	13
	średnio mean	164,2	3,2	21,2	19,7	7,0	3,0	1,5	2,0	8,5
<i>Tetragona expansa</i>	2007	18,0	3,0	6,0	6,0	1,5	3,0	0,5	1	2
	2008	38,5	0,5	8,0	7,5	3,5	0,5	0,5	2	4
	średnio mean	28,2	1,7	7,0	6,7	2,5	1,7	0,5	1,5	3,0
NIR (0,05) LSD (0.05)	2007	46,01	3,03	3,90	1,95	0,83	2,50	0,73	1,25	2,19
	2008	548,17	3,37	15,08	4,18	3,06	2,15	1,72	0,79	5,83
	średnio mean	259,35	3,51	19,99	14,39	4,96	3,07	1,42	1,92	8,89

leżnie od odmiany) i kolonizowały one rośliny *S. oleracea* w niejednakowym stopniu. Populacja *A. fabae* była największa (średnio na 1 poletku w całym okresie obserwacji – 269,5 mszyc) na odmianie Olbrzym Zimowy (tab. 1). Tutaj, w dniu 2 lipca (tj. w terminie maksymalnego pojawu mszycy) stwierdzono największe liczby kolonii: na 1 roślinie – 5, na 1 poletku – 11. Wartości tych trzech obliczonych wskaźników różniły się zasadniczo i statystycznie istotnie od wartości otrzymanych dla

pozostałych odmian. W omawianym roku (2007) na roślinach *S. oleracea* obserwowano pojedyncze mszyce (1–5 szt.) oraz słabe (6–12 szt.) i średnie kolonie (13–42 mszyc/roślinie). Na 2 odmianach (Olbrzym Zimowy i Orbita) notowano także obecność silnych kolonii (tj. 43–120 mszyc/roślinie). Skalę liczebności mszyc w koloniach podano za Goosem (1966). Obecność silnych kolonii na szpinaku Olbrzym Zimowy i prawie 100% zasiedlonych roślin (w 1989 r.) wykazała Łuczak (1993).

W 2007 r. najwięcej uskrzydłych migrantek (średnio na 1 poletku – 13,5 szt.) i największą liczbę kolonii (w całym okresie na 1 poletku – 29) stwierdzono na szpinaku Markiza (tab. 1). Tutaj, zarówno w terminie maksimum występowania mszycy (02.07), jak i w całym okresie obserwacji notowane były największe procenty zasiedlonych roślin przez mszycę ogółem i przez uskrzydłone migrantki. Wszystkie obliczone wskaźniki zasiedlenia roślin przez *A. fabae* były w 2007 roku istotnie zróżnicowane między odmianami szpinaku warzywnego, a także między roślinami *S. oleracea* i *T. expansa*. Na szpinaku nowozelandzkim pierwsze uskrzydłone samice *A. fabae* zaobserwowano 18 czerwca; pojedyncze ich okazy wraz z nielicznymi larwami L_1 – L_3 (maksymalnie 8 szt./roślinie) notowano do 6 lipca. Na *T. expansa* nie obserwowano w ogóle bezskrzydłych dzieworodnych samic, ani starszych larw (L_4 i L_5) mszycy. Można przypuszczać, że czynnikami które hamowały proces żerowania i rozwój mszycy na szpinaku nowozelandzkim mogły być zarówno właściwości budowy morfologicznej i anatomicznej roślin (grube, szorstkie i twarde liście), jak i ich skład biochemiczny. Niższy poziom cukrowców rozpuszczalnych (zwłaszcza sacharozę) i przyswajalnych form azotu (azot ogólny, azot białkowy) stwierdzono w liściach odmian buraków bardziej odpornych na badaną mszycę (Łuczak i Gawęda 1991b, 1993).

W 2008 r. populacja mszycy na szpinaku warzywnym (*S. oleracea*) była zdecydowanie większa, aniżeli w pierwszym roku badań. Łączne liczby mszyc przekraczały 3- lub 5-krotnie (zależnie od odmiany) wartości otrzymane w 2007 roku (tab. 1). Dla niektórych odmian (np. Olbrzym Zimowy, Rembrandt F_1 i Matador) także liczby rozwiniętych kolonii były 3-krotnie większe, aniżeli w roku poprzednim. Nalot uskrzydłych migrantek na rośliny *S. oleracea* trwał krótko (od 31.05 do 09.06.2008) i nie był liczny. Bardzo silne rozmnożenie się mszycy i maksymalny pojaw szkodnika zaobserwowano 6 lub 9 czerwca; po tym terminie liczebność *A. fabae* gwałtownie zmalała, a całkowity zanik mszyc odnotowano 2 lipca. Obliczone (dla całego okresu obserwacji) średnie liczby mszyc i kolonii przypadające na 1 poletko były największe (podobnie, jak w 2007 r.) na szpinaku Olbrzym Zimowy. Wartości te wynosiły – 989,5 mszyc oraz 81,5 kolonii (tab. 1). Tutaj, procenty zasiedlonych roślin przez mszycę ogółem oraz maksymalne zagęszczenia kolonii (na roślinie i na poletku) posiadały również wartości najwyższe.

W 2008 r. najwięcej uskrzydłych migrantek (średnio 9,5 szt. na 1 poletku), wysoką liczbę kolonii (58 na 1 poletku) oraz wysokie procenty roślin zasiedlonych przez mszycę ogółem i uskrzydłone migrantki obserwowano na szpinaku Matador. Na szpinaku nowozelandzkim (*T. expansa*) populacja mszycy burakowej była (podobnie, jak w roku poprzednim) wielokrotnie mniejsza aniżeli na *S. oleracea*. Tutaj, obecność pojedynczych mszyc (1–5 szt.) bądź słabych kolonii (6–12 szt./roślinie) notowano w trzech terminach: 2.06, 6.06 i 9.06. Na *T. expansa* stwierdzano głównie młodociane stadia (nimfy) *A. fabae*. Bezskrzydłe dzieworodne samice były nieliczne, a 2 okazy uskrzydłonych samic zanotowano w dniu 9 czerwca.

Średnie (obliczone za 2 lata) wartości wskaźników i przeprowadzona analiza istotności pozwala wnioskować, że badane odmiany szpinaku warzywnego (*S. oleracea*) stwarzają znacznie bardziej korzystne warunki do zasiedlenia przez *A. fabae*, aniżeli rośliny szpinaku nowozelandzkiego (*T. expansa*). Pomimo zaobserwowanych (w latach badań) różnic w liczebności mszyc nalatujących i kolonizujących rośliny szpinaku preferencja testowanych odmian była dość stabilna. Największą atrakcyjnością na badaną mszycę charakteryzowała się odmiana Olbrzym Zimowy. Zbliżone wyniki uzyskała we wcześniejszych badaniach Łuczak (1993). Spośród testowanych odmian (w latach 2007–2008) Markiza i Matador przyciągały najsilniej uskrzydłone migrantki *A. fabae* i były przez nie zasiedlane najczęściej. Niskim stopniem akceptacji (wobec mszycy) w procesie zasiedlenia roślin charakteryzowała się odmiana mieszańcowa Spiros F_1 . Uzyskane wyniki mogą stanowić ważną informację dla hodowli odpornościowej *Spinacia oleracea* wobec najgroźniejszego fitofaga, tj. mszycy burakowej. Wskazują one także na potrzebę analizowania tych cech odmianowych szpinaku (morfologicznych i biochemicznych), które nie sprzyjają zasiedlaniu roślin przez uskrzydłone migrantki i ich kolonizacji. Jedną z przyczyn różnego zasiedlenia roślin przez uskrzydłone mszycę mogą być różnice odmianowe związane z natężeniem zielonej barwy liści. Prokopy i Owens (1983) wyjaśniają, że różne natężenie zielonej barwy liści (i związane z tym oddziaływanie na receptory wzrokowe mszyc) zależy od zawartości podstawowych grup barwników roślinnych: zielonych, żółtych i pomarańczowych.

Średnie (za 2 lata) zawartości barwników liściowych były istotnie zróżnicowane między odmianami szpinaku warzywnego oraz między *S. oleracea* i *T. expansa* (tab. 2). Z porównania danych zamieszczonych w tabelach 1. i 2. wynika, że największy pozytywny wpływ na zasiedlenie roślin szpinaku przez *A. fabae* wywiera poziom zawartych w liściach karotenoidów oraz wzajemny stosunek zawartości tych barwników do zielonych chlorofili (tzw. wskaźnik barwy). Istotnie, w liściach szpinaku Matador (o najwyższych wskaźnikach zasiedlenia roślin przez uskrzydłone migrantki *A. fabae*) stwierdzono najwyższy poziom karotenoidów (0,209 mg/g) i uzyskano najwyższą wartość tzw. wskaźnika barwy (karotenoidy:suma chlorofilu a + b = 0,248). Liście mieszańcowej odmiany Rembrandt F_1 (często zasiedlanej przez uskrzydłone migrantki, lecz słabiej kolonizowanej przez *A. fabae*) zawierały najwięcej chlorofilu a + b (1,019 mg/g) i wysoki poziom karotenoidów (0,199 mg/g). Zawartości te przekraczały 3-krotnie poziom barwników asymilacyjnych w liściach odmiany Spiros F_1 – o najniższych wskaźnikach zasiedlenia roślin przez badaną mszycę. Średni poziom chlorofilu i karotenoidów stwierdzono w liściach szpinaku nowozelandzkiego (o bardzo niskiej populacji mszycy).

Wykazano dodatnie zależności pomiędzy zawartością w liściach chlorofilu i karotenoidów oraz wzajemnym stosunkiem karotenoidy:suma chlorofilu a + b (tzw. wskaźnikiem barwy) a badanymi parametrami zasiedlenia

Tabela 2. Zawartość barwników zielonych i żółtopomarańczowych [mg/g świeżej masy] w liściach badanych odmian szpinaku warzywnego (*S. oleracea*) i szpinaku nowozelandzkiego (*T. expansa*) – wartości średnie za lata 2007–2008Table 2. The content of green and yellow-orange pigments [mg/g fresh weight] in leaves of tested cultivars of spinach (*S. oleracea*) and New Zealand spinach (*T. expansa*) – mean values from 2007–2008

Gatunek, odmiana Species, cultivar	Chlorofil a Chlorophyll a	Chlorofil b Chlorophyll b	Suma chlorofilu a + b Chlorophyll a + b	Karotenoidy Carotenoids	Karotenoidy: suma chlorofilu a + b Carotenoids: chlorophylls a + b
<i>Spinacia oleracea</i>					
Olbrzym Zimowy	0,666	0,183	0,849	0,181	0,213
Orbita	0,731	0,203	0,934	0,191	0,204
Greta	0,644	0,177	0,821	0,172	0,209
Rembrandt F ₁	0,787	0,232	1,019	0,199	0,195
Markiza	0,682	0,186	0,868	0,196	0,226
Matador	0,665	0,179	0,844	0,209	0,248
Spiros F ₁	0,269	0,063	0,332	0,076	0,229
<i>Tetragona expansa</i>	0,734	0,218	0,952	0,194	0,204
NIR (0,05) – LSD (0.05)	0,0851	0,0379	0,0608	0,0149	0,0100

Tabela 3. Współczynniki korelacji „r” między zawartością w liściach szpinaku (*S. oleracea*, *T. expansa*) barwników zielonych (chlorofil a + b) i żółtopomarańczowych (karotenoidy) a zasiedleniem roślin przez mszycę *A. fabae* (wartości średnie dla 8 odmian i 2 lat)Table 3. The coefficients of correlation between the content of green (chlorophyll a + b) and yellow-orange (carotenoids) pigments in leaves of spinach (*S. oleracea*, *T. expansa*) and the infestation of plants by *A. fabae* (mean values for 8 cultivars and 2 years)

Badane parametry zasiedlania roślin Studied parameters of plant infestation	Suma chlorofilu a + b Chlorophyll a + b	Karotenoidy Carotenoids	Karotenoidy: suma chlorofilu a + b Carotenoids: chlorophylls a + b
Średnia liczba mszyc uskrzydłych na 1 poletku Mean number of winged on 1 plot	0,299	0,451	0,509*
Maksymalna liczba kolonii na poletku w 1 terminie Maximum number of colonies on plot in one day	0,225	0,384	0,520*
Maksymalna liczba kolonii na 1 roślinie Maximum number of colonies per 1 plant	0,422	0,541*	0,270
Maksymalny % roślin zasiedlonych przez mszycę ogółem Maximum percentage of plants infested by total aphids	0,124	0,311	0,608*
Maksymalny % roślin zasiedlonych przez mszycę uskrzydłone Maximum percentage of plants infested by winged	0,282	0,447	0,543*
Średni % roślin zasiedlonych przez mszycę ogółem Mean percentage of plants infested by total aphids	0,039	0,140	0,352
Średni % roślin zasiedlonych przez mszycę uskrzydłone Mean percentage of plants infested by winged	0,320	0,457	0,439

r_{teor.} (p = 0,05) – r_{teor.} (p = 0.05) – 0,497r_{teor.} (p = 0,01) – r_{teor.} (p = 0.01) – 0,623

*korelacja statystycznie istotna przy p = 0,05 – correlation statistically significant at p = 0.05

szpinaku przez *A. fabae*. (tab. 3). Podobne zależności wykazano na buraku cukrowym (Gawęda i Łuczak 1993).

Na podstawie obliczonych wartości „r” (tab. 3) można wnioskować, że przyciąganie uskrzydłych migrantek *A. fabae* do roślin szpinaku zależy od barwy liści i jest modyfikowane przez poziom barwników żółtopomarańczowych. Potwierdzają to wysokie dodatnie i statystycznie istotne korelacje pomiędzy wskaźnikiem barwy (wyrażającym stosunek zawartości karotenoidów do chlorofilu) a liczbą uskrzydłych mszyc i kolonii oraz maksymalnym zasiedleniem roślin (%) przez mszyce ogółem i uskrzydłone migrantki. Podobne zależności obserwowano na buraku ćwikłowym (Łuczak i Gawęda 1991a) i we wcześniejszych badaniach Łuczak (1993) na szpinaku. Wpływ barwników roślinnych (zielonych i żółtopomarańczowych) na zasiedlanie przez *Sitobion avenae* (F.) odmian pszenicy ozimej badali również Leszczyński i wsp. (1985) oraz Leszczyński (1987). Autorzy ci sugerują, że najprawdopodobniej to flawonole (posiadające intensywny żółty kolor i wykazujące żółtozieloną fluorescencję) oddziałują na receptory wzrokowe mszyc i przyciągają uskrzydłone migrantki. Leszczyński (1987) uważa, że dobrym kryterium do określania akceptacji roślin przez uskrzydłone mszyce jest tzw. wskaźnik barwy. Niskie wartości wzajemnego stosunku karotenoidy:suma chlorofilu a + b (tj. wskaźnika barwy) wykazano dla 3 odmian szpinaku warzywnego (Rembrandt F₁, Orbita, Greta) oraz dla *T. expansa* (tab. 2).

Wnioski / Conclusions

1. Rośliny szpinaku warzywnego (*S. oleracea*) są znacznie częściej zasiedlane (przez mszycę *A. fabae*) aniżeli szpinak nowozelandzki (*T. expansa*). Na szpinaku nowozelandzkim obserwuje się głównie pojedyncze okazy mszyc (uskrzydłone samice i nimfy L₁–L₃) lub słabe kolonie.
2. Największą populację *A. fabae* (łącznie liczba mszyc i kolonii) oraz najwięcej zasiedlonych roślin (w %) przez mszyce ogółem obserwuje się na odmianie Olbrzym Zimowy. Najwięcej uskrzydłych migrantek oraz wysokie procenty roślin zasiedlonych przez mszyce ogółem i uskrzydłone migrantki są notowane na 2 odmianach szpinaku (Matador i Markiza).
3. Odmiana Matador charakteryzuje się najwyższą zawartością w liściach barwników żółtopomarańczowych (karotenoidy) oraz najwyższą wartością wzajemnego stosunku karotenoidów do barwników zielonych (chlorofil a + b).
4. Liście heterozyjnego mieszańca Spiros F₁ zawierają najniższy poziom barwników zielonych (chlorofil a, chlorofil b) i żółtopomarańczowych (karotenoidy). Na tej odmianie prawie wszystkie wskaźniki charakteryzujące zasiedlanie (przez *A. fabae*) posiadają wartości najniższe.
5. Istnieje dodatnia i statystycznie istotna korelacja pomiędzy wzajemnym stosunkiem karotenoidów do chlorofilu (a + b) a liczbą uskrzydłych mszyc i kolonii oraz procentem zasiedlonych roślin przez mszyce ogółem i uskrzydłone migrantki *A. fabae*.

Literatura / References

- Coon B.F., Pepper J.B. 1968. Alate aphid species captured in yellow pans. J. Econ. Entomol. 61: 1472–1473.
- David C.T., Hardie J. 1988. The visual responses of free-flying summer and autumn forms of the black bean aphid, *Aphis fabae*, in an automated flight chamber. Physiol. Entomol. 13 (3): 277–284.
- Gawęda M., Łuczak I. 1993. The role of chemical factors in sugar beet resistance to invasion by black bean aphid *Aphis fabae*. IOBC/WPRS Bull. 16 (5): 185–191.
- Goos A. 1966. Metodyka ilościowego określania nasilenia mszyc w doświadczeniach polowej oceny insektycydów. Ekologia Polska, Ser. B, 12: 357–361.
- Goszczyński W., Cichocka E., Chacińska M. 1992. *Aphis fabae* (Scop.) on field beans (*Vicia faba* sp. minor) – life cycle and the direct harmfulness. Aphids and Other Homopterous Insects 3: 51–57.
- Hardie J., Poppy G.M., David C.T. 1989. Visual responses of flying aphids and their chemical modification. Physiol. Entomol. 14 (1): 41–51.
- Hurej M. 1991. Reakcja Buraka Cukrowego na Żerowanie Mszycy Burakowej (*Aphis fabae* Scop.). Mszyce – ich Bionomia, Szkodliwość i Wrogowie Naturalni. PAN, Warszawa: 23–30.
- Kennedy J.S., Booth C.D., Kershaw W.J.S. 1961. Host finding by aphids in the field. III. Visual attraction. Ann. Appl. Biol. 49: 1–21.
- Kring J.S. 1967. Alighting of aphids on colored cards in a flight chamber. J. Econ. Entomol. 60: 1207–1210.
- Leszczyński B. 1987. Mechanizmy odporności pszenicy ozimej na mszycę zbożową *Sitobion avenae* F. ze szczególnym uwzględnieniem roli związków fenolowych. WSR-P Siedlce, Rozp. Nauk. 21, 97 ss.
- Leszczyński B., Warchoń J., Niraz S. 1985. Poziom barwników roślinnych jako wskaźnik odporności pszenicy ozimej na mszycę zbożową. Ochrona Roślin 5: 5–6.
- Lichtenthaler K.N., Wellburn R.A. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Trans. 603: 591–592.
- Łuczak I. 1991. Szkodliwość Mszycy Burakowej (*Aphis fabae* Scop.) na Buraku Ćwikłowym. Mszyce – ich Bionomia, Szkodliwość i Wrogowie Naturalni. PAN, Warszawa: 31–41.
- Łuczak I. 1993. Zasiedlenie czterech odmian szpinaku przez mszycę burakową (*Aphis fabae* Scop.) w powiązaniu z zawartością barwników liściowych. Zesz. Nauk. AR Kraków, Ogrodnictwo 21: 115–127.
- Łuczak I. 1996a. Harmfulness of *Aphis fabae* (Scop.) to sugar beet cultivars. Aphids and Other Homopterous Insects 5: 119–125.

- Łuczak I. 1996b. Occurrence of *Aphis fabae* (Scop.) on different sugar beet cultivars. Roczn. Nauk Roln., Seria E – Ochrona Roślin 25 (1/2): 71–75.
- Łuczak I. 1996c. Colonization of different sugar beet cultivars by *Aphis fabae* (Scop.). Roczn. Nauk Roln., Seria E – Ochrona Roślin 25 (1/2): 77–82.
- Łuczak I. 2010. Podatność nowych odmian i linii hodowlanych buraka ćwikłowego na zasiedlenie i żerowanie mszycy burakowej (*Aphis fabae* Scop.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50 (1): 140–143.
- Łuczak I., Gawęda M. 1991a. Effect of leaf pigments on black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) invasion of red beets. Folia Hort. Ann. III/3: 27–37.
- Łuczak I., Gawęda M. 1991b. Development of the black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) on red beets in relation to the chemical composition of the leaves. Folia Hort. Ann. III/3: 39–48.
- Łuczak I., Gawęda M. 1993. The relationships between the chemical composition of sugar beet leaves and the development of black bean aphid *Aphis fabae*. IOBC/WPRS Bull. 16 (5): 178–184.
- Łuczak I., Świdorski A., Gaborska M., Mech-Nowak A. 2012. Występowanie i szkodliwość mszycy burakowej (*Aphis fabae* Scop.) w uprawie marchwi. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52 (2): 235–239.
- Nottingham S.T., Hardie J. 1989. Migratory and targeted flight in seasonal forms of the black bean aphid, *Aphis fabae*. Physiol. Entomol. 14 (4): 451–458.
- Prokopy R.J., Owens E.D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. Annu. Rev. Entomol. 28: 337–364.