

Attractiveness of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars to leafrollers depending on chosen secondary metabolites

Atrakcyjność odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) dla zwójek liściowych w zależności od zawartości wybranych metabolitów wtórnych

Magdalena Gantner¹, Agnieszka Najda², Małgorzata Janiuk¹

Summary

The aim of the study was to assess the attractiveness of highbush blueberry plants of three cultivars: Bluecrop, Northland and Croatan to leafroller caterpillars. The occurrence of leafrollers was observed on commercial plantation near Lublin. The tortricid larvae were collected from 5 blueberry plants of each cultivar. In laboratory conditions the content of selected secondary metabolites (phenolic acids, flavonoids, tannins and anthocyanins) in blueberry new leaves was determined. The greatest number of leafroller larvae was recorded on Bluecrop cultivar, which contained the lowest level of phenolic acids, tannins and anthocyanins. A high content of phenolic acids, flavonoids and tannins in leaves of Northland cultivar clearly did not attract tortricid caterpillars to feed.

Key words: highbush blueberry, leafrollers, secondary metabolites

Streszczenie

Celem prowadzonych badań w latach 2010–2011 była ocena atrakcyjności roślin trzech odmian borówki wysokiej: Bluecrop, Northland i Croatan dla gąsienic zwójek liściowych. Intensywność zasiedlenia roślin obserwowano na plantacji towarowej w okolicach Lublina. Liczebność larw zwójek oceniono na 5 krzewach każdej odmiany. W badaniach laboratoryjnych określono zawartość wybranych metabolitów wtórnych, tj.: kwasów fenolowych, związków flawonoidowych, garbników oraz antocyjanów obecnych w młodych liściach borówki wysokiej. Larwy zwójek najliczniej zasiedlały liście odmiany Bluecrop, charakteryzujące się najniższą zawartością kwasów fenolowych, garbników i antocyjanów. Wyższa zawartość fenolokwasów, flawonoidów i garbników w liściach odmiany Northland wyraźnie zniechęcała larwy zwójek do żerowania.

Słowa kluczowe: borówka wysoka, zwójki liściowe, metabolity wtórne

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

¹ Katedra Entomologii
małgorzata.janiuk@up.lublin.pl

² Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych

Wstęp / Introduction

W uprawach sadowniczych istotne uszkodzenia roślin w okresie wiosennym powodowane są przez liczne gatunki zwójek liściowych (Płuciennik i Olszak 2004; Kot i Jaśkiewicz 2006). W pionierskich badaniach prowadzonych na borówce uprawianej w Polsce Janiuk i wsp. (2011) stwierdziły występowanie 13 gatunków zwójek liściowych, wśród których dominującym była *Archips rosana* L. Żerujące gąsienice uszkadzały młode liście na szczytowych częściach pędów.

Głównym czynnikiem decydującym o akceptacji smakowej roślin przez fitofagi są metabolity pierwotne i wtórne (Dąbrowski 1988; Wright i wsp. 2003). Na ogół owady niechętnie żerują na roślinach o wysokim poziomie zawartości metabolitów wtórnych, wpływającym na wzrost, zdrowotność i zachowanie się zwierząt. Zlokalizowane są one głównie w wakuolach peryferyjnych tkanek, dlatego też działają przede wszystkim na owady o aparacie gębowym gryzącym (Leszczyński 2001). Mechanizmy działania tych związków na owady roślinożerne są dwójakiego rodzaju. Mogą one wpływać na brak akceptacji rośliny przez fitofaga w momencie wyboru rośliny jako żywiciela lub po jej zasiedleniu, ograniczając żerowanie szkodników (Dąbrowski 1988; Harbourn 1997). Interakcje pomiędzy rośliną a owadem mogą mieć również odwrotny kierunek, ponieważ żerowanie owadów często wywołuje wzrost zawartości substancji stresogennych (np. związków fenolowych, takich jak: fenolkwasy, flawonoidy, furanokumaryny, garbniki). Jest to mechanizm obrony zwany odpornością indukowaną (Dąbrowski 1988; Karban i Baldwin 1997).

Celem badań prowadzonych w latach 2010–2011 była ocena atrakcyjności roślin trzech odmian borówki wysokiej: Bluecrop, Northland i Croatan dla gąsienic zwójek liściowych.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania prowadzono w latach 2010–2011 na plantacji towarowej w Niemcach koło Lublina (N 51,349 E 22,620). Przedmiot badań stanowiły krzewy trzech odmian borówki wysokiej: Bluecrop, Northland i Croatan, na których prowadzono obserwacje dotyczące liczebności zwójek liściowych. Poziom ich liczebności określono na 5 krzewach wybranej odmiany. W celu stwierdzenia atrakcyjności odmianowej dla larw zwójek liściowych w okresie najintensywniejszego ich występowania pobrano młode liście (nieuszkodzone i uszkodzone) ze szczytowych części pędów. Analizy laboratoryjne materiału roślinnego obejmowały określenie zawartości wybranych metabolitów wtórnych:

- kwasów fenolowych, metodą spektrofotometryczną (FP VI 2002), zawartość procentową kwasów fenolowych podano w przeliczeniu na kwas kawowy (Najda 2004),
- flawonoidów, metodą spektrofotometryczną (FP VII 2005),
- antocyjanów, metodą według Miłkowskiej i Strzeleckiej (1995),

– garbników, metodą według FP VII (2005).

Wyciągi do badań laboratoryjnych z materiału roślinnego wykonano według przyjętych metod analitycznych. Wszystkie analizy składu chemicznego materiału roślinnego przeprowadzono w Laboratorium Jakości Warzyw i Surowców Zielarskich Katedry Warzywnictwa i Roślin Leczniczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych doświadczeń laboratoryjnych opracowano statystycznie metodą analizy wariancji i przedziałów ufności Tukeya przy 5% poziomie istotności.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji terenowych oraz badań biochemicznych podjęto próbę wyjaśnienia zależności pomiędzy zasiedlaniem roślin trzech odmian borówki wysokiej przez gąsienice zwójek a zawartością metabolitów wtórnych.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że odmiany borówki wysokiej cechuje różny stopień zasiedlenia przez gąsienice zwójek liściowych. Niezależnie od roku badań najmniej larw żerowało na odmianie Northland (8,6 osobników/roślinę w roku 2010 i 5,2 osobników/roślinę w roku 2011). Najwięcej gąsienic stwierdzono na krzewach odmiany Bluecrop i Croatan w 2010 roku (odpowiednio 15,4 i 13,2 osobników/roślinę) (tab. 1). Zwójki liściowe, które na badanych krzewach borówki wysokiej zbierano od pierwszej dekady maja do drugiej dekady lipca uszkadzały młode liście na szczytowych częściach pędów. W Stanach Zjednoczonych jako szkodniki borówki wysokiej wykazywane są trzy gatunki z rodziny Tortricidae: *Grapholita packardi* uszkadzająca owoce (Marucci 1966; Kuepper i Diver 2004) oraz *Argyrotaenia francisana* i *Choristoneura rosaceana* żerujące na liściach (DeFrancesco 2004).

Czynniki regulującymi zachowania roślinożerców i warunkującymi zjawisko naturalnej odporności są w głównej mierze metabolity wtórne (Harborne 1997; Gatehouse 2002). Jedną z najaktywniejszych grup roślinnych allelozwiązków są związki fenolowe, a wśród nich: fenole, alkohole i kwasy fenolowe, fenylopropenoidy, kumaryny, flawonoidy oraz garbniki (Leszczyński 2001). Substancje biologicznie czynne obecne w roślinach borówki wysokiej są przedmiotem obszernych badań prowadzonych w wielu ośrodkach na świecie. Mają one na celu głównie poznanie składu jakościowego i ilościowego związków bioaktywnych owoców tej rośliny, wykazujących specyficzne właściwości, a także ich działanie na organizm człowieka (Cao i wsp. 1997; Jaakola 2003; Skupień 2006; Ścibisz i Mitek 2007; Burdulis i wsp. 2009). W dostępnej literaturze, zarówno polskiej, jak i zagranicznej, nie znaleziono wyników badań dotyczących różnic odmianowych w występowaniu danej grupy fitofagów.

Badania własne wykazały statystycznie istotne różnice w zawartości wolnych kwasów fenolowych (w przeliczeniu na kwas kawowy) w liściach borówki w zależności od odmiany, uszkodzenia i roku badań, a ich średnia zawartość w badanych surowcach kształtowała się na poziomie od 3,8 do 7,7% (tab. 2). Wykazano różnice

Tabela 1. Liczebność larw zwojek żerujących na krzewach trzech odmian borówki wysokiej w latach 2010–2011
Table 1. Number of leafroller larvae feeding on three cultivars of blueberry bushes in 2010–2011

Odmiana – Cultivar	2010	2011
Bluecrop	15,4	12,0
Northland	8,6	5,2
Croatan	13,2	9,6
Średnie niezależne od odmiany – Means independent of the cultivar	12,4	8,9
NIR (0,05) – LSD (0.05)		
Odmiana – Cultivar A		1,10
Lata badań – Years of study B		0,74
A × B		1,92

Tabela 2. Zawartość metabolitów wtórnych w nieuszkodzonych i uszkodzonych liściach roślin trzech odmian borówki wysokiej w latach 2010–2011

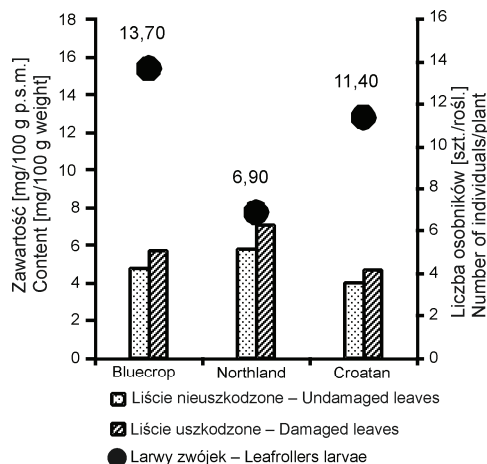
Table 2. The content of secondary metabolites in undamaged and damaged leaves of three blueberry cultivars in 2010–2011

Odmiana Cultivar	Lata Years	Kwasy fenolowe Phenolic acids [% p.s.m.] – [% dry weight]		Flawonoidy – Flavonoids [% p.s.m.] – [% dry weight]		Garbniki – Tannins [% p.s.m.] – [% dry weight]		Antocyjany – Anthocanins [mg/100 g]	
		nieuszkodzone undamaged	uszkodzone damaged	nieuszkodzone undamaged	uszkodzone damaged	nieuszkodzone undamaged	uszkodzone damaged	nieuszkodzone undamaged	uszkodzone damaged
Bluecrop	2010	5,1	6,0	1,2	0,8	4,8	3,8	64,0	69,8
	2011	4,6	5,5	1,3	0,9	5,5	5,1	73,7	80,8
Northland	2010	6,7	7,7	1,1	0,8	7,0	5,0	30,4	58,0
	2011	4,9	6,4	1,2	0,9	8,1	6,1	35,5	58,2
Croatan	2010	3,8	4,5	1,0	0,8	5,3	4,9	50,4	71,2
	2011	4,1	4,8	1,1	0,8	6,2	5,5	60,2	85,6
Średnie niezależne od odmiany Means independent of the cultivar	2010	5,2	6,1	1,1	0,8	5,7	4,6	48,3	66,4
	2011	4,5	5,6	1,2	0,9	6,6	5,6	56,4	74,9
NIR (0,05) – LSD (0.05)									
Odmiana – Cultivar	A	0,205	A	0,020	A	0,107	A	1,409	
Uszkodzenia Damage	B	0,138	B	0,013	B	0,073	B	0,952	
Lata badań – Years	C	r.i.	C	0,013	C	0,073	C	0,952	
	A × B	0,359	A × B	0,034	A × B	0,188	A × B	2,468	
	A × C	0,359	A × C	r.i.	A × C	0,188	A × C	2,468	
	B × C	0,261	B × C	r.i.	B × C	0,137	B × C	1,798	
	A × B × C	0,592	A × B × C	0,057	A × B × C	0,310	A × B × C	4,073	

r.i. – różnice istotne – significant differences

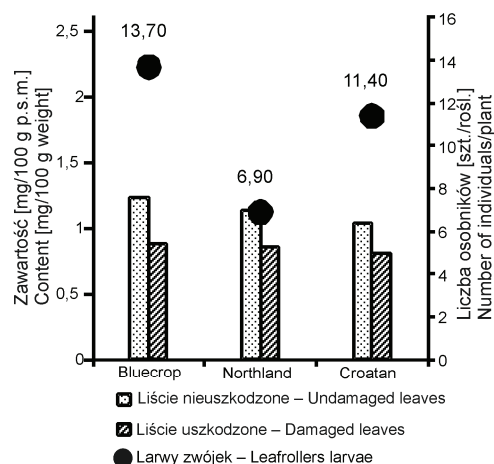
odmianowe w zawartości tych związków. Wyniki badań skłaniają do przypuszczeń, że wyższa zawartość kwasów fenolowych, stwierdzona w liściach odmiany Northland, w porównaniu do liści odmian Bluecrop i Croatan była przyczyną ograniczonej akceptacji tej odmiany przez gąsienice (rys. 1). Z badań przeprowadzonych przez Leszczyńskiego (1987), Kielkiewicz-Szaniawską (2003) oraz Gantner (2007) wynika, że kwasy fenolowe działają deterentnie lub toksycznie na szkodniki, powodując zakłócenia w przyswajaniu składników pokarmowych, a ich

zawartość jako wtórnych metabolitów zarówno w roślinach porażonych i nieporażonych może być istotnym wskaźnikiem konstytutywnej i indukowanej odporności roślin na roztocze i owady. W przeprowadzonych badaniach własnych wykazano, że żerowanie zwojek powodowało wzrost zawartości kwasów fenolowych w liściach uszkodzonych wszystkich badanych odmian. Taka reakcja obronna rośliny na atak szkodnika jest często spotykana i opisywana przez wielu autorów (Felton i wsp. 1989; Kielkiewicz 1991; Tomczyk 1998).



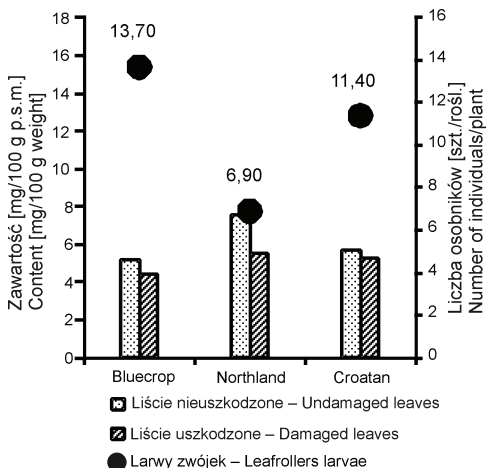
Rys. 1. Zmiany w zawartości fenolokwasów w liściach badanych odmian borówki wysokiej wskutek żerowania larw zwójek liściowych

Fig. 1. Changes in the content of phenolic acids in leaves of tested blueberry cultivars due to feeding of leafrollers larvae



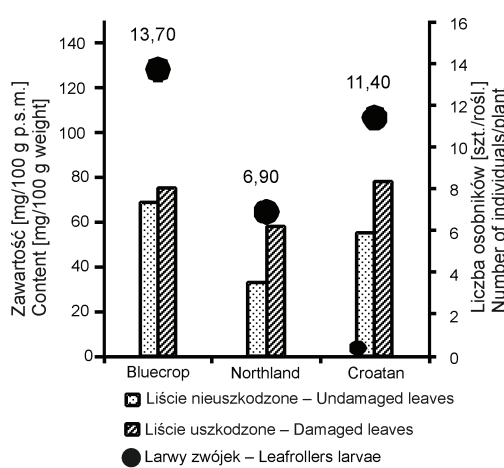
Rys. 2. Zmiany w zawartości flawonoidów w liściach badanych odmian borówki wysokiej wskutek żerowania larw zwójek liściowych

Fig. 2. Changes in the content of flavonoids in leaves of tested blueberry cultivars due to feeding of leafrollers larvae



Rys. 3. Zmiany w zawartości garbników w liściach badanych odmian borówki wysokiej wskutek żerowania larw zwójek liściowych

Fig. 3. Changes in the content of tannins in leaves of tested blueberry cultivars due to feeding of leafrollers larvae



Rys. 4. Zmiany w zawartości antocyjanów w liściach badanych odmian borówki wysokiej wskutek żerowania larw zwójek liściowych

Fig. 4. Changes in the content of anthocyanins in leaves of tested blueberry cultivars due to feeding of leafrollers larvae

Zawartość flawonoidów w liściach była istotnie zależna od odmiany, uszkodzenia oraz czynników klimatycznych w poszczególnych latach badań i kształtowała się na poziomie od 0,8 do 1,3% (tab. 2). W badaniach własnych stwierdzono pozytywny wpływ flawonoidów na atrakcyjność porównywanych odmian dla zwójek liściowych, co może świadczyć o roli tych związków jako atraktantów. We wszystkich latach badań najwyższą zawartością tych metabolitów charakteryzowały się liście roślin odmiany Bluecrop, na której żerowało najwięcej larw zwójek. Potwierdzają to badania Gantner (2007), która wykazała pozytywny wpływ flawonoidów, jako atraktantów, na atrakcyjność porównywanych odmian leszczyny uprawnej dla wielkopakowca leszczynowego (*Phytoptus avellanae* Nal.) i zdobniczki leszczynowej (*Myzocallis coryli* Goetze). Według Dreyera i Jonesa (1981) oraz Aoki i wsp. (2000) związki te stanowią naturalny filtr chroniący rośliny

przed niekorzystnym działaniem promieni UV, wykazują również właściwości antywirusowe, antygrzybowe, antibakteryjne, są atraktantami dla organizmów symbiotycznych, a także spełniają ważną rolę w allelopatii. Niezależnie od odmiany w liściach roślin borówki na skutek żerowania gąsienic zwójek następowało zmniejszenie zawartości flawonoidów (rys. 2).

Zawartość garbników w badanych surowcach kształtowała się na poziomie średnio od 3,8 do 8,1% (tab. 2). Porównując badane odmiany wykazano, że gąsienice niechętnie zasiedlały zasobne w garbniki rośliny odmiany Northland w przeciwieństwie do roślin odmiany Bluecrop, której liście charakteryzowały się najniższą zawartością tych metabolitów (rys. 3). Garbniki występują powszechnie w stosunkowo dużych stężeniach, zwłaszcza w liściach roślin drzewiastych. Mogą one odstraszać owady swoim zniechęcającym smakiem oraz uszkadzać ich jelito środ-

kowe. W badaniach laboratoryjnych nad owadami żerującymi na liściach dębu, Feeny (1970) zaobserwował pierwszoplanową rolę tanin w ograniczaniu żerowania owadów, głównie piędzika przedzimka *Operophtera brumata*. Pod wpływem żerowania zwojek liściowych obserwowano spadek zawartości garbników w liściach wszystkich badanych odmian. Wyższe stężenie poszczególnych związków fenolowych takich, jak na przykład garbniki, w tkankach roślin porażonych przez szkodniki w porównaniu z kontrolnymi było obserwowane w wielu badaniach (Karban i Baldwin 1997; Nykänen i Koricheva 2004).

Liście roślin borówki wysokiej są również cennym źródłem antocyjanów. W badaniach własnych zawartość antocyjanów w badanych surowcach kształtowała się na poziomie od 30,4 do 85,6 mg/100 g (tab. 2). Łata i wsp. (2005) wykazały istotne różnice w zawartości antocyjanów w jagodach borówki wysokiej odmian Darrow i Bluecrop. Badania prowadzone w Stanach Zjednoczonych na borówce niskiej (*V. angustifolium*) nad zawartością m.in. antocyjanów w kwiatach, owocach, liściach zielonych i czerwonych (jesienią) wskazują, że była ona znacząco różna w różnych częściach rośliny (Percival 2006). W badaniach własnych dowiedziono, że zawartość antocyjanów była wprost proporcjonalna do liczebności gąsienic żerujących na liściach roślin badanych odmian borówki wysokiej. Najwyższą zawartością tych związków charakteryzowały się liście roślin odmiany Bluecrop i Croatan, chętniej zasiedlane przez zwojki liściowe w porównaniu do odmiany Northland (rys. 4), natomiast wszystkie analizowane odmiany reagowały wzrostem zawartości antocyjanów spowodowanym ich żerowaniem. Odmienne sugestie dotyczące zależności między zawartością antocyjanów w liściach dębu a ich zasiedleniem przez owady roślinożerne zawarł w swojej pracy Karageorgou i Manetas (2006).

Prezentowane wyniki dokumentują jednoznacznie, że zawartość metabolitów wtórnych, tj.: fenolokwasów, flawonoidów i garbników była jednym z czynników decydującym o odporności konstytutywnej roślin borówki wysokiej na żerowanie larw zwojek liściowych. Odmiana Northland zawierała najwięcej garbników i była niechętnie zasiedlana przez gąsienice. Garbniki wykazują działanie odstrasżające, uszkodzając przewód pokarmowy owadów w wyniku koagulacji białka (Harborne 1997). Wysoka

zawartość garbników w liściach borówki może tłumaczyć fakt, że nie obserwowano na roślinach drugiego pokolenia *Adoxophyes orana* i *Pandemis heparana*, które w warunkach Polski dają dwie generacje.

W liściach uszkodzonych przez gąsienice zawartość flawonoidów oraz garbników zmniejszała się w sposób istotny, natomiast kwasów fenolowych i antocyjanów wzrastała. Zmiany w zawartości metabolitów wtórnych pod wpływem żerowania mszyc stwierdzili Dąbrowski (1988) i Gantner (2007). W badaniach własnych stwierdzono, że żerowanie zwojek powodowało aktywację odporności indukowanej, polegającej głównie na wzroście kwasów fenolowych i antocyjanów. Podsumowując, badane odmiany borówki wysokiej cechuje wysoka zawartość metabolitów wtórnych, co może być przyczyną i źródłem reakcji obronnych roślin przeciwko szkodliwym owadom.

Wnioski / Conclusions

1. Badane odmiany borówki wysokiej istotnie różniły się pod względem liczebności żerujących na nich larw zwojek.
2. Larwy zwojek najliczniej zasiedlały liście odmiany Bluecrop, charakteryzujące się najniższą zawartością kwasów fenolowych, garbników i antocyjanów. Wyższa zawartość fenolokwasów, flawonoidów i garbników w liściach odmiany Northland wyraźnie zniechęcała larwy zwojek do żerowania.
3. Jedną z istotnych przyczyn decydujących o odporności konstytutywnej roślin borówki wysokiej na larwy zwojek liściowych była zawartość metabolitów wtórnych takich, jak fenolokwasy i garbniki.
4. Żerowanie zwojek powodowało aktywację lokalnej odporności indukowanej, polegającej w głównej mierze na wzroście zawartości kwasów fenolowych i antocyjanów.

Przedstawione badania są wynikiem zadań realizowanych przez autorkę w ramach promotorskiego projektu badawczego Nr N N310 308639 nt. „Entomofauna zasiedlająca borówkę wysoką (*Vaccinium corymbosum* L.) na plantacjach w okolicach Lublina”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura / References

- Aoki T., Akashi T., Ayabe S. 2000. Flavonoids of leguminous plants: structure, biological activity, and biosynthesis. *J. Plant Res.* 113 (4): 475–488.
- Burdulis D., Šarkinas A., Jasutiene I., Stackevičiene E., Nikolajevs L., Janulis V. 2009. Comparative study of anthocyanin composition, antimicrobial and antioxidant activities in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits. *Acta Pol. Pharm.* 66 (4): 399–408.
- Cao G., Sofic E., Prior L.R. 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: Structure-activity relationships. *Free Radicals Biol. Med.* 22 (5): 749–760.
- Dąbrowski Z.T. 1988. Podstawy Odporności Roślin na Szkodniki. PWRiL, Warszawa, 260 ss.
- DeFrancesco J. 2004. Pest Management Strategic Plan for Oregon and Washington Blueberries. www.ipmcenters.org/pmsp/pdf/ORWABlueberry.pdf, dostęp: 09.01.2012.
- Dreyer D.L., Jones K.C. 1981. Feeding deterrence of flavonoids and related phenolics towards *Shizaphis graminum* and *Myzus persicae*: aphid deterrents in wheat. *Phytochemistry* 20 (11): 2489–2493.
- Feeny P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology* 51 (4): 565–581.

- Felton G.W., Donato K., Del Vecchio R.J., Duffey S.S. 1989. Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. *J. Chem. Ecol.* 15 (12): 2667–2695.
- Farmakopea Polska VI 2002. Wyd. PTFarm, Warszawa, 1176 ss.
- Farmakopea Polska VII 2005. Wyd. PTFarm, Warszawa, 1283 ss.
- Gantner M. 2007. Źródła odporności wybranych odmian leszczyny wielkoowocowej (*Corylus L.*) na wielkopakowca leszczynowego (*Phytoptus avellanae* Nal.) i zdobniczkę leszczynową (*Myzocallis coryli* Goetze). *Rozp. Nauk. AR Lublin* 324, 118 ss.
- Gatehouse J.A. 2002. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. *New Phytol.* 156 (2): 145–169.
- Harbourne J.B. 1997. *Ekologia Biochemiczna*. PWN, Warszawa, 351 ss.
- Jaakola L.E. 2003. Flavonoid biosynthesis in bilberry (*Vaccinium myrtillus L.*). *Acta. Univ. Oulu*, 44 pp.
- Janiuk M., Gantner M., Kot I. 2011. Zwójki (Lepidoptera, Tortricidae) żerujące na krzewach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum L.*) na plantacjach w okolicy Lublina. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51 (3): 1114–1118.
- Karageorgou P., Manetas Y. 2006. The importance of being red when young: anthocyanins and the protection of young leaves of *Quercus coccifera* from insect herbivory and excess light. *Tree Physiol.* 26 (5): 613–621.
- Karban R., Baldwin I.T. 1997. *Induced Responses to Herbivory*. Chicago University Press, Chicago, 320 pp.
- Kielkiewicz M. 1991. Phenolics in tomato leaves infested by the carmin spider (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) p. 603–606. In: „Modern Acarology”. Proceedings of the VIII International Congress of Acarology. Czechoslovakia, České Budějovice, August 6–11, 1990, Vol. I, 651 pp.
- Kielkiewicz-Szaniawska M. 2003. Startegie obronne roślin pomidorów (*Lycopersicon esculentum* Miller) wobec przędziorka szklarniowca (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval, Acari: Tetranychidae). *Wyd. SGGW, Warszawa, Rozpr. Nauk.*, 140 ss.
- Kot I., Jaśkiewicz B. 2006. The occurrence of Tortricids (Lepidoptera, Tortricidae) in apple orchards of the Lublin area. *Ann. UMCS, Sectio EEE*, 16: 147–153.
- Kuepper G.L., Diver S. 2004. Blueberries: Organic production. National Sustainable Agriculture Information Service. www.attra.nrcat.org, 1–11, dostęp: 09.01.2012.
- Leszczyński B. 1987. Mechanizmy odporności pszenicy ozimej na mszycę zbożową *Sitobion avenae* F. ze szczególnym uwzględnieniem roli związków fenolowych. *Wyd. WSR-P, Siedlce, Rozpr. Nauk.* 21, 97 ss.
- Leszczyński B. 2001. Rola allelozwiązków w oddziaływaniu owady-rośliny. s. 61–86. W: „Biochemiczne Oddziaływania Środowiskowe” (W. Oleszek, K. Głowniak, B. Leszczyński, red.). *Wyd. AM, Lublin*, 314 ss.
- Łata B., Trąmpczyńska A., Mike A. 2005. Effect of cultivar and harvest date on thiol, ascorbate and phenolic compounds content in blueberries. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 4 (1): 163–171.
- Marucci P.E. 1966. Insects and their control. p. 199–235. In: „Blueberry Culture” (P. Eck, ed.). Rutgers University Press, 378 pp.
- Miłkowska K., Strzelecka H. 1995. Flos *Hibisci* – metody identyfikacji i ocena surowca. *Herba Polon.* 41 (1): 11–16.
- Najda A. 2004. Plonowanie i ocena fitochemiczna roślin w różnych fazach wzrostu selera naciowego (*Apium graveolens L. var. dulce* Mill./Pers.). *Rozprawa doktorska, AR Lublin*, 249 ss.
- Nykänen H., Koricheva J. 2004. Damage-induced changes in woody plants and their effects on insects herbivore performance: a meta-analysis. *Oikos* 104 (2): 247–268.
- Percival D. 2006. Levels and distribution of anthocyanins, proanthocyanidins, flavonols, and hydroxycinnamic acids in *Vaccinium angustifolium* Aiton cv. ‘Fundy’. *Acta Hort.* 715: 595–601.
- Pluciennik Z., Olszak R.W. 2004. Remarks on the biology of the filbert leaf-roller (*Archips rosanus L.*) in climatic condition of Poland. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 12: 97–104.
- Skupień K. 2006. Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum L.*). *Folia Hort.* 18 (2): 47–56.
- Ścibisz I., Mitek M. 2007. Wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania owoców borówki wysokiej na zawartość antocyjanów. *Żywność Nauka Technol. Jakość* 5 (54): 231–238.
- Tomczyk A. 1998. Content of some organic compounds in the leaves of cucumber in relation to its susceptibility to spider mites. *Zesz. Nauk.* 214, *Ochr. Środ.* 2: 115–120.
- Wright G.A., Simpson S.J., Raubenheimer D., Stevenson P. 2003. The feeding behavior of the weevil, *Exophthalmus jekelianus*, with respect to the nutrients and allelochemicals in host plant leaves. *Oikos* 100 (1): 172–184.