
INFORMACJE

JAN BOCZEK

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Katedra Entomologii Stosowanej

JEDWAB I JEGO FUNKCJE W ŻYCIU OWADÓW, ROZTOCZY I PAJĄKÓW

1. Wstęp

Co najmniej od 60 wieków jedwab jest wytwarzany i stanowi przedmiot handlu. Ponad 99% jedwabiu jest produkowane przez gąsienice jedwabnika morwowego (*Bombyx mori*). Początkowo jego produkcja miała miejsce głównie w Chinach. Od III wieku p.n.e. jedwab był przywożony z Chin do Europy przez ludzi Aleksandra Wielkiego. Powstał liczący 12 000 km tak zwany „Jedwabny Szlak”, wykorzystywany do XVII wieku n.e. Od około 550 r. n.e. jedwab zaczął być produkowany w Europie, początkowo we Włoszech, później również we Francji. Do Ameryki został zawieziony około 1620 roku [Boczek, 2006].

Do 1920 roku były znane tylko trzy rodzaje włókien: bawełna, wełna i jedwab. Dzisiaj, oprócz tamtych mamy włókna: celulozowe, syntetyczne białkowe i nieorganiczne, nylon, poliester i często zastępują one jedwab. Uprzemysłowienie, pracochłonność i wysokie koszty produkcji spowodowały wzrost cen jedwabiu: jest on dwudziestokrotnie droższy od bawełny. Pomimo tego, jedwab jest coraz powszechniej wykorzystywany do produkcji tkanin i nie jest już luksusowym materiałem. W Indiach kobiety noszą coraz liczniej jedwabne sari. Dawniej w Japonii ponad połowa jedwabiu była wykorzystywana na kimono, jednak obecnie coraz częściej noszone są stroje zachodnie. Także w modzie męskiej jedwab znalazł zastosowanie, gdyż dzisiejsi mężczyźni często noszą jedwabne koszule, skarpety, krawaty.

Jedwab produkują wyłącznie zwierzęta bezkręgowce, stawonogi, a więc głównie roztocze, owady i pająki. Spośród roztoczy szpeciele pojedynczych gatunków

i przędziorki przędą jedwabne nici dla ułatwienia sobie rozprzestrzenienia, żerowania i rozmnażania. Owady licznych rzędów i bardzo wielu rodzin produkują jedwab – w różnych celach. Wszystkie pająki przędą nici jedwabne i także w różny sposób je wykorzystują w różnych okresach swojego życia. Mogą produkować jedwab zarówno larwy jak i osobniki dorosłe stawonogów [Sutherland i in., 2010].

2. Cechy jedwabiu

Jedwab kokonu jedwabnika morwowego, podobnie jak innych stawonogów, jest wytworem komórek gruczołu dorosłych gąsienic. W gruczole jest on w formie żelu, który wyciskany jest przez dwa otworki i powstaje w ten sposób nić pokryta dodatkową substancją lepiącą te dwa włókna. Ujścia gruczołów przędnych znajdują się u jedwabnika na wardze dolnej. U innych owadów i pająków mogą się one znajdować na udach, stopach, przy odbycie, czy na skórze różnych okolic ciała. Parzysty gruczoł jedwabnika w formie długich, zagiętych rurek mieszczących się pod jelitem, produkuje w końcowej, 15 centymetrowej części białko fibroin, a w środkowej, 7 centymetrowej części, inne białko – sericin, który te nici skleja. Owad, pająk, może zniszczoną pajęczynę naprawiać, rozpuszczać i przynajmniej częściowo pobierać do organizmu i jest ona ponownie wykorzystywana (recycling). Pajęczyna jest też całkowicie rozkładana w środowisku (biodegradowana) [Elices i in., 2005; Romer i Scheibel, 2008].

Jedwab jedwabnika, a zwłaszcza jedwab pająków, dzięki krystalicznej i elastycznej strukturze, wykazuje wyjątkowe, bardzo korzystne dla nas właściwości. Fragmenty elastyczne (ok. 90%) mają amorficzną strukturę i małą elektroniczną gęstość. Fragmenty krystaliczne (10%) natomiast mają wysoką elektroniczną gęstość. Jedwab pająków przewodzi ciepło najlepiej na ziemi, nawet 800 lepiej niż inne włókna. Jedwab jest ciepły w dotyku, a przewiewny gdy jest ciepło. Chłonie wilgoć szybciej niż bawełna i wtedy szytywnieje i szybciej od niej wysycha. Zapalony nie przywiera do skóry jak włókna sztuczne. Jest wielokrotnie silniejszy od stali, ale elastyczny, co powoduje, że jest 2–3 razy silniejszy od nylonu czy kevlaru. Łatwo się wybarwia. Lepka nić jedwabna pająka grubości kilku μm utrzymuje przyklejoną ofiarę nawet 700 razy większą od niego, np. pszczołę miodną. Grubość nici jedwabnej niektórych pająków to zaledwie 0,02 μm .

Jedwabnik to w tej chwili jedyny gatunek owada, który nie występuje w naturze, a jedynie w hodowlach produkcyjnych. Jest ciągle „poprawiany” drogą inżynierii genetycznej, jest zwierzęciem transgenicznym.

3. Jedwabnictwo w Polsce

W 1924 r. powołano w Milanówku pod Warszawą Centralną Doświadczalną Stację Jedwabnictwa. Celem jej było zachęcanie do hodowli jedwabnika i organizowanie skupu kokonów. W latach 30-tych XX w. było w kraju około 2 400 producentów kokonów jedwabnika. Obecnie w kraju nie ma już produkcji jedwabiu. Jednak planowane jest ponowne zachęcanie do hodowli jedwabnika morwowego, szkolenie hodowców jedwabników i zajmujących się uprawą morwy, zorganizowanie punktu skupu kokonów.

W handlu były wykonywane z naszego jedwabiu piękne i poszukiwane krawaty, apaszki, szale, obrusy – ręcznie malowane przez artystów plastyków, i tak jest do dzisiaj, ale teraz to nie jest nasz jedwab. Dawniej produkowano z jedwabiu także kontuszowe pasy słupskie. W 1997 r. Zakłady Jedwabiu Naturalnego Milanówek zostały sprywatyzowane. Od 2004 r. zagadnieniami dotyczącymi hodowli jedwabnika morwowego zajmuje się Instytut Włókien Naturalnych i Zielarskich w Poznaniu. W Pętzkowie, w Zakładzie Doświadczalnym tego Instytutu, założono plantacje morwy białej (odmiany Żółwińskiej Wielkolistnej).

4. Funkcje jakie pełni jedwab u owadów

1. Ochrona poczwarki, jako kokon. U owadów wielu rzędów i rodzin (świerszcze, siatkoskrzydłe, rośliniarki, pchły, motyle, chruściki, pszczoły, mrówki) dorosła larwa tworzy ochronny kokon. Wylęgły z poczwarki owad dorosły przegryza kokon i wychodzi na zewnątrz. Dla uzyskania jedwabiu zabija się wysoką temperaturą poczwarkę i rozwija kokon.
2. Ochrona jaj. Jaja bywają oplatane jedwabiem, okrywane ze wszystkich stron np. u ważek, siatkoskrzydłych, bleskotek. Do tej grupy można zaliczyć także styliki, na których osadzone są jaja chronione w ten sposób przed drapieżcami u złotooka.
3. Przekazywanie spermy i prezentów „ślubnych”. Samiec rybika cukrowego na nitce jedwabnej przekazuje samicy spermatofor. Podobnie czyni samiec zaleszczotka. U muchówek wujkowatych samiec podaje samicy (która go akceptuje) na jedwabnej nitce prezent.
4. Ochrona w formie dachu, tunelu lub kokoniku. Pszczołowate oraz niektóre pluskwiki sporządzają z nici daszki nad larwami. Jętki, motyle oraz chrząszcze zgniotkowate wyplatają z jedwabiu tuneliki lub kokoniki dla larw, jakby ochronne gniazda przed drapieżcami.

5. Siatki dla łowienia ofiar, zdobywania pożywienia. U niektórych wodnych muchówek tworzone są z jedwabiu siatki, którymi zagarniają pokarm.
6. Naprężane przez ofiarę, jedwabne nici dostarczają informacji o otoczeniu. Oprócz komunikacji chemicznej (feromony) i wizualnej stanowią dodatkowy sposób komunikacji z otoczeniem..
7. Środek transportu. Jak na spadochronie pod wpływem wiatru lub prądów powietrza na niciach pajęczyny przenoszą się owady, pająki i roztocze [Sutherland i in., 2007, 2010; Anonymus 2013a].

Sutherland i in., [2010] wyróżnili aż 23 sposoby wykorzystywania jedwabiu u różnych taksonów owadów. Wynika z tego zestawienia duża różnorodność wykorzystywania go u różnych taksonów, u różnych stadiów rozwojowych, owadów wodnych i lądowych.

5. Funkcje jedwabiu u pająków

Wszystkie pająki przędą jedwabne nici i w wieloraki sposób je wykorzystują, podobnie jak owady, ale nie tylko. Jedwab u pająków jest głównym czynnikiem w konstrukcji pułapek, w komunikacji, życiu społecznym i współpracy między jego członkami.

Jedwab pająków różni się od jedwabiu owadów zarówno strukturą, kompozycją aminokwasów jak i niektórymi funkcjami. Mają więc one niezwykłą budowę i cechy mechaniczne, przystosowane do różnych warunków środowiska, jak i funkcji. Pajęczyna łowiąca pokarm zbudowana bywa z kilku różnych nici. Są tam silne nici strukturalne, tworzące rusztowanie jak i inne, pokryte lepką, klejową masą, unieruchamiające ofiary. Ta klejąca substancja zawiera związki chemiczne odmienne niż samych nici i zawiera dodatkowo jady, fungicydy i baktericydy [Vollrath, 2000]. Osobniki każdego gatunku pająka, a opisano około 40 000 gatunków, produkować mogą nieco inne nici, o innej strukturze i składzie chemicznym. Jaja wszystkich pająków są składane w kapsule z jedwabiu. Pająki blisko połowy gatunków na pajęczynę łowią swoje ofiary, ale równocześnie jedwabiem bronią się przed drapieżcami, unieruchamiając je na pajęczynie lub pętając drapieżniki wyrzucaną nicią jedwabną [Craig i in., 1999; Kraft i Cookson, 2012].

Szczególną funkcję jedwabiu jako ozdoby na pajęczynie opisuje Watanabe [1999]. Otóż na pajęczynie u pająka *Octonoba sybotides* stwierdzał jakby jedwabną ozdobę odbijającą więcej światła ultrafioletu niż sama pajęczyna i sprawiającą, że na taką pajęczynę łowiło się więcej ofiar niż na pajęczynę bez tej ozdoby.

Mrówki z rodzaju *Oecophylla* wykorzystują swoje larwy, które przędą nici. Robotnice wykorzystują je jak igły z nitką do zszywania liści roślin i tworzenia mro-

wiska [Krafft i Cookson, 2012].

Szczególną rolę jedwab pełni u pajaków społecznych, a takich gatunków jest około 50. Uważa się, że jedwab jest determinantem współpracy u społecznych pajaków (ale także u gąsienic i roztoczy). Kolonie pajaków zamieszkujące wspólny teren wspólnie budują pajęczynę skutecznie chroniącą przed wiatrem i deszczem, a jeśli zostanie uszkodzona, wspólnie ją naprawiają. W tropikach spotyka się nawet kolonie jednego gatunku pajaka obejmujące teren 1 000 m². Oprócz łowienia ofiar nici jedwabiu wibrują i wtedy informują. Dzięki temu mogą być łowione nawet ofiary 700 razy większe od samych członków kolonii. Jedwab ułatwia zwartość kolonii i umożliwia wspólną troskę o potomstwo i jego ochronę przed drapieżcami [Downes 1984; Krafft i Cookson, 2012].

Wyróżniono pięć różnych struktur pajęczyny owadów, a ponad 130 sieci pajęczyny pajaków. Te struktury różnią się nie tylko kształtem, ale także specyficzną sekwencją aminokwasów w białkach jedwabiu. Poszczególne gruczoły pajaka mogą zawierać różnie zagęszczony żel jedwabiu, z różną zawartością białek bogatych w alaninę, serynę lub/i glicynę. Pająk może równocześnie produkować w 8 gruczołach nawet 8 nici jedwabnych o różnej strukturze i funkcji. Białka fibroinu są włókniste a sericinu żelowate i żel ten łączy włókna w kokonie. Sericin to skleroproteina, składnik naszych paznokci, oraz rogów.

Podobnie jedwab przędziorka chmielowca ma wpływ na płodność i przeżywalność tego roztocza. Tysiące jedwabnych nici tego szkodnika mogą oplatać całe gałęzie drzew i stanowić wtedy przestrzeń niedostępną dla drapieżników a bezpieczną dla rozwoju stadiów rozwojowych [Goff i in., 2010)].

6. Produkcja jedwabiu

W krajach klimatu umiarkowanego jedwab jedwabnika produkuje się przez dwa letnie miesiące, gdy są dostępne młode liście morwy. W pozostałych miesiącach w niższych temperaturach przechowywane są jaja jedwabnika. W tym przypadku wykorzystuje się jednopokoleniową rasę jedwabnika morwowego.

Dla uzyskania kokonów gąsienice trzeba karmić 12 razy dziennie świeżymi liśćmi morwy przez 20–25 dni. Jest to w sumie bardzo żmudna praca i dlatego jedwab jest drogim produktem. Po trzech linieniach dorosła gąsienica jedwabnika waży do 5 g i produkuje kokon ważący około 1 g, o długości 1–3 km, tracąc na to 1/3 masy ciała. Aby wytworzyć kokon gąsienica musiała wykonać głową w ciągu 3 dni około 40 000 ruchów o amplitudzie 5 cm.

Hodowle muszą być prowadzone w odpowiednich (sterylnych) warunkach, gdyż gąsienice są wrażliwe i reagują nawet na: szczekanie psa, pianie kogutów, nieprzyjemne zapachy, czosnek, kosmetyki, dym tytoniowy, brud. W Azji są opisywane

całe zestawy zachowań, zwyczajów, nawet przesądów związanych z produkcją kokonów. Hodowcy mający wieloletnie doświadczenie w tej pracy uzyskują najlepsze wyniki [Sutherland i inn., 2010]. Woda, której przy produkcji kokonów używa się sporo musi mieć odpowiednią twardość, kwasowość i temperaturę.

Opisywane są także sztuczne pożywki dla gąsienic. W takiej diecie oprócz sproszkowanych liści morwy jest soja, mąka pszenna, sole mineralne i witaminy. Do pokarmu jedwabnikom dodaje się niekiedy związki fluoroscencyjne i wtedy jedwab jest wybarwiony. Stosując liście morwy, ale także sztuczne pożywki, w południowych Chinach produkuje się kokony jedwabnika morwowego nawet w 6–8 kolejnych cyklach w roku. Kokony takiej wielopokoleniowej rasy jedwabnika są mniejsze, niż ma do 450 m długości. Hodowle prowadzone są zwykle w pobliżu stawu z rybami. Ryby wykorzystują odpady hodowli gąsienic (poczwarki i resztki morwy). Poczwarki są zresztą często także zjadane przez ludzi.

Morwy tamtejsze to gatunki *Morus multicaulis*, *M. mongolica*, *M. australis*. Liście zbierane są głównie z bardzo niskich (10 cm) sadzonek morwy, albo z form krzewiastych albo z drzew, ale uprawianych bez pestycydów i syntetycznych nawozów. Z 1 ha takich niskich sadzonek w Indiach uzyskuje się w roku 50 t liści i później 11 kg surowego jedwabiu. Podobnie dwu- i wielopokoleniowe rasy wykorzystuje się w Korei Południowej, Indiach, Tajlandii.

Aby uzyskać 1 kg jedwabiu trzeba wykorzystać 6 kg kokonów, 4000 poczwerek, których gąsienice zjadły 170 kg liści morwy i 10 000 razy powiększyły ciało w porównaniu z tym po wylęgu z jaj. Przez podgrzewanie do 90°C usuwa się z surowego jedwabiu sericin i wtedy jedwab lśni. Jedwab naturalny (greża) przystosowuje się do różnych celów jak: ciężka tkanina (fular), mieniąca się (glace), lub delikatna, przeźroczysta (iluzja) tiul, materiał na szale, welony, suknie; ciężką tkaninę (brokat); miękkie tkaniny (fular), łączy się jedwab z wełną (kaszmir).

Jedwab jako produkt handlowy produkowany jest obecnie w ponad 50 krajach klimatu umiarkowanego i w tropikach, ale głównie w Azji, chociaż przemysł jedwabniczy rozwinięty jest także m.i.w Brazylii, Egipcie, Bułgarii, na Madagaskarze. Trudni się tym w Tajlandii ponad 20 000 ludzi, w Indiach 700 000, milion w Chinach. W Tajlandii przemysł jedwabniczy organizowany jest przez firmę Peacock Standard Thai Silk a w Indiach przez Indian Silk Board. Obecnie ponad 70% produkcji światowej pochodzi z Chin. W Chinach uzyskuje się także jedwab „tussah”, produkowany przez gąsienice motyla *Antheraea mylita*. Jest on poszukiwany w USA i Europie dla sporządzania spadochronów, specjalnych tekstylii, opon [Datta i Nanavaty, 2005]. Produkcja światowa jedwabiu to około 90 000 t i powoli wzrasta. W produkcji tekstyliów stanowi jednak tylko około 0,2% [Reddy i Prasad, 2011]. W Japonii w tej chwili produkuje i używa się najwięcej jedwabiu na głowę obywatela. Jedwab japoński jest najbardziej wyszukany i najdroższy.

Bardzo dużo było dotychczas prób praktycznego wykorzystywania jedwabiu pająków. W Japonii próbowano masowo hodować pająki, wykorzystać jedwab pająków dla sporządzania 3 strun tamtejszej gitary, a przede wszystkim drogą syntezy odtwarzać jedwab jedwabnika i pająków [Gostline i in., 1986; Saravanan i Amman, 2006].

W Indiach produkcją kokonów trudnią się głównie kobiety z małych gospodarstw chłopskich. Zajęcie to, w przeliczeniu na hektar, daje dwukrotnie większe zyski niż uprawa takich roślin jak pszenica, proso. Ponadto koszty produkcji i zużycie wody są wtedy mniejsze. Hodowlę prowadzą z zakupionych jajeczek. Zysk w przeliczeniu na hektar sięga do 9000 zł/6 tygodni. Unika się w ten sposób ucieczki ludzi ze wsi do miast. Na uruchomienie produkcji biorą małe kredyty.

W Chinach tworzą się zespoły producentów. Jeden z nich zajmuje się jajkami i wylęgiem gąsienic, które rozprowadza wśród członków zespołu, a ci karmią gąsienice liśćmi morwy z własnych pól i produkują kokony. Kokony są skupowane z całych rejonów produkcji.

Warto tutaj wspomnieć, że liście morwy są także uważane za lekarstwo. Zawierają 80% więcej antyoksydantów niż owoce malin, jeżyn, borówek. Picie herbaty z liści i owoców morwy ma regulować poziom cukru we krwi, chronić przed cukrzycą i wspomagać w odchudzaniu i działać przeciw starzeniu się.

7. Postęp w badaniach nad jedwabnikiem

Badania nad morwą i jedwabnikiem były i są intensywnie prowadzone w wielu krajach, głównie azjatyckich oraz w USA. Badania podążają w kierunku uzyskania dużych gąsienic, bo wtedy będzie duży kokon o długiej nici, ale także nić powinna być odpowiednio elastyczna i o pożądanej twardości, kolorze i powinna zawierać odpowiednie proporcje podstawowych aminokwasów.

Dzisiejszy jedwabnik jest formą transgeniczną, był wielokrotnie i nadal jest ulepszany drogą inżynierii genetycznej. Jest chyba najbardziej zmienionym przez człowieka zwierzęciem na świecie. W uniwersytecie stanu Wyoming, USA uzyskano genetycznie zmodyfikowane jedwabniki produkujące nić pajęczą [Gilroy, 2010; Anonymus, 2013]. Drogą hodowli uzyskano w Japonii rasę jedwabnika produkującego sam sericin. W innych pracach do jaj jedwabnika wprowadzono jeden zmodyfikowany gen ludzkiego kolagenu aby uzyskać duże ilości kolagenu, który daje tkankom elastyczność i spójność [Yonemura i Sehnał, 2006; Mondal i in., 2007].

8. Wykorzystywanie jedwabiu

Ponieważ białko jedwabiu składa się z 18 aminokwasów takich jak te w naszych tkankach, nie jest toksyczne dla człowieka w czasie degradacji. Sericin jest silnym antyoksydantem. Białko jedwabiu, ponieważ nie powoduje alergii, infekcji, jest antymikrobiałne, system immunologiczny człowieka nie odrzuca go. Białka jedwabiu są coraz szerzej wykorzystywane w medycynie, dentystyce i kosmetyce. Jedwab jest wykorzystywany nie tylko jako nici chirurgiczne, plastry, bandaże ale również dla sporządzania protez stawów, sztucznych więzadeł i ścięgien, protez naczyń krwionośnych, zastawek serca, przy gojeniu ran, w leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawów, ostrego zapalenia zatok, chirurgii jamy ustnej, a nawet produkcji leków i produkcji soczewek kontaktowych. Zawiera m.in. leucynę, która reguluje cukier we krwi i reguluje pracę mięśni; tryptofan regulujący produkcję neuroprzekazników; lizynę, która reguluje absorpcję wapnia; argininę regulującą dzielenie się komórek. Ponieważ łatwo przepuszcza parę wodną i tlen, białko jedwabiu jest bardzo dobre na opatrunki, np. przy oparzeniach. Coraz szerzej jest także wykorzystywane w kosmetyce, gdyż nawilża skórę, zawiera także aminokwasy: glicynę, alaninę, serynę i tyrozynę, mające zasadnicze znaczenie w odżywianiu skóry. Jest wykorzystywane jako komponent luksusowych szamponów, płynów dających skórze jedwabistość, chroni przed oparzeniami słonecznymi. Ponieważ ma strukturę krystaliczną odbija promienie UV. Stosowane jest także w maskach przeciw gorączce siennej. W przyszłości z pewnością białka te mogą znaleźć zastosowanie jako dodatek do produktów spożywczych, a także jako sztuczna skóra, nośniki uwalniania leków, biodegradacyjne materiały dla chrząstki i wiele innych [Omenetto i Kaplan, 2010, Reddy i Prasad, 2011].

Coraz więcej tego białka potrzeba i stąd uzyskano w Kanadzie transgeniczne kozy dające mleko z białkami jedwabiu. Prace podążają w kierunku uzyskania transgenicznych bakterii produkujących białka jedwabiu [Anonymus a, 2013; Gilroy, 2010]. W krajach Unii Europejskiej bardzo niewiele się go produkuje, a zapotrzebowanie wzrasta, zwłaszcza w Wielkiej Brytanii i Włoszech. Europa importuje z Azji corocznie jedwab za 200 mln euro.

9. Podsumowanie i wnioski

Jedwab, produkowany jest dzisiaj prawie wyłącznie przez transgenicznego jedwabnika morwowego. Ma on, a zwłaszcza ten produkowany przez pająki, wyjątkowe, korzystne dla nas chemiczne i fizyczne właściwości. Białko jedwabnika morwowego ma bardzo szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach życia, nie tylko w przemyśle tekstylnym. Ma prozdrowotne działanie, jest cenione

w medycynie, dentyście, w przyszłości przewiduje się zastosowanie w przemyśle spożywczym i dlatego zapotrzebowanie na nie wzrasta. Produkcją jedwabiu zajmują się zwłaszcza kraje azjatyckie. W Polsce obecnie nie produkuje się kokonów jedwabnika, jednak planuje się odbudowę produkcji. W wielu laboratoriach świata szuka się możliwości produkcji jedwabiu drogą syntezy.

Należy nadmienić, że także liście (i owoce) morwy wykorzystywane przy produkcji kokonów jedwabnika mają cenne własności prozdrowotne.

LITERATURA

1. Anonymus (2013): Biological uses of silk: from webs to ballooning. www.mapoflife.org/topics/topic_264. University of Cambridge.
2. Anonymus (2013a): Benefits of silk (all supported by published scientific research. <http://www.mulberrytreesilk.com/blog/benefits-of-silk>. 5 p.
3. Boczek J. (2006): Jedwab i jedwabnik. *Wszechświat*, 107(10–12):256–60.
4. Craig C.L. Hsu M., Kaplan D., Pierce N.E. (1999): A comparison of the composition of silk proteins produced by spiders and insects. *Int.J.Biol.Macromol.*, 24: 109–18.
5. Datta R.K., Nanavaty M. (2005): *Global silk Industry. A complete source book*. Universal Publishers, Boca Raton, Florida.
6. Downes M.F. (1984): Nest of the social spider *Phryganoporus candidus* (Araneae: Desidae). Structure, annual growth-cycle and host-plant relationships. *Austral.J.Zool.*, 42(2): 237–59.
7. Elices M., Perey-Rigueiro J., Playa G.R., Guinea G.V. (2005): Finding inspiration in *Agriope trifasciata* spider silk fibers. *TMS JOM*, 9 p.
8. Gilroy W.G. (2010): Notre Dame and University of Wyoming scientists genetically engineer silkworms to produce artificial spider silk. *News Categories*, 5 pp.
9. Goff G.J., Maileux A.C., Detrain C., Deneubourg J.L. (2010): Group effect on fertility, survival and silk production in the web spinner *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) during colony foundation. *Behaviour*, 147: 1169–84.
10. Gostline J.M., DeMont M.E., Deney M.W. (1986): The structure and properties of spider silk. *Endeavour*, 10: 37–42.
11. Krafft B., Cookson L.J. (2012): The role of silk in the behaviour and sociality of spiders. *Psyche*, ID 529564, 25 pp.
12. Mondal M., Trivedy K., Kumar N. (2007): The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn., a review. *Caspian J.Env.Sci.*, 5: 63–76.
13. Omenetto F., Kaplan D. (2010): From silk cocoon to medical miracle (Preview). *Sci. Amer.* 303: 76–7
14. Reddy R.M., Prasad G.V. (2011): Silk-the prospective and compatible bio-material for advanced functional applications. *Trends Applied Sci.Res.*, 6: 89–95.
15. Romer L., Scheibel T. (2008): The elaborate structure of spider silk. *Prion*, 2(4):154–61
16. Saravanan D., Amman B. (2006): Spider silk – structure, properties and spinning. *JTATM*, 5(1): 1.

17. Sutherland T.D., Young J.H., Sriskantha A., Weisman S., Okada S., Haritos V.S. (2007): An independently evolved Dipteran silk with features common to Lepidopteran silks. *Int.Biochem.Moil.Biol.* 37(10): 1036–43.
18. Sutherland T.D., Young J.H., Weisman S., Hayashi C.Y., Merritt D.J. (2010): Insect silk: one name, many materials. *Annu.Rev.Entomol.*, 55: 171–88.
19. Vollrath F. (2000): Strength and structure of spiders silks. *Rev.Mol.Biotechnol.*, 74: 67–83.
20. Watanabe T. (1999): Prey attraction as a possible function of the silk decoration of the uloborid spider *Octonoba sybotides*. *Behav.Ecol.*, 10(5): 607–11.
21. Yonemura N., Sehnaal F. (2006): The design of silk fiber composition in moths has been conserved for more than 150 million years. *J.Mol.Evol.*,63(1): 42–53.

e-mail: jan_boczek@sggw.pl