

Spadek populacji pszczół

Przegląd czynników zagrażających
owadom zapylającym i rolnictwu
w Europie

Raport techniczny
Laboratorium Badawczego
Greenpeace 01/2013

GREENPEACE

Spadek populacji pszczół

Przegląd czynników zagrażających owadom zapylającym i rolnictwu w Europie

Raport techniczny Laboratorium
Badawczego Greenpeace 01/2013

1. Streszczenie	3
2. Wprowadzenie: znaczenie pszczół i innych owadów zapylających dla rolnictwa i ochrony ekosystemu	13
3. Sytuacja pszczół i innych owadów zapylających w Europie i w skali globalnej	17
4. Główne czynniki wpływające na stan zdrowia populacji pszczół	23
5. Środki owadobójcze	29
6. Co możemy zrobić, aby ochronić pszczoły i inne owady zapylające	37
7. Wnioski i zalecenia	45
8. Przypisy	46

Autorzy:

Reyes Tirado, Gergely Simon
oraz Paul Johnston
Greenpeace Research Laboratories,
University of Exeter, UK

Okładka:

© Greenpeace / Pieter Boer

Tło (zdjęcie plastra miodu)

© Greenpeace / Pieter Boer

JN446

Data publikacji: kwiecień 2013

Greenpeace Polska

ul. Lirowa 13
02-387 Warszawa
e-mail: info@greenpeace.pl
Więcej informacji na:
www.greenpeace.pl

Streszczenie

Gdy następnym razem spojrzymy na przelatującą pszczołę, warto przywołać w pamięci fakt, że produkcja żywności w istotnym stopniu zależy od naturalnego procesu zapylania roślin przez owady - czyli podstawowej funkcji jaką pełnią w ekosystemie pszczoły i inne owady zapylające.

Gdyby miało stać się tak, że owady zapylające nie pośredniczyłyby już dłużej w procesie zapylania, w przypadku około 1/3 upraw dostarczających żywność musielibyśmy uciec się do innego sposobu zapylania, w przeciwnym razie bowiem zbiory byłyby w znacznym stopniu niższe, a spadek wydajności dotknąłby nawet 75% wszystkich roślin uprawnych. Brak lub istotne ograniczenie populacji owadów zapylających miałby niewątpliwie bardzo negatywny wpływ na dostępność najbardziej wartościowych i kluczowych dla naszej diety produktów, takich jak owoce i warzywa, ale także na niektóre rośliny paszowe wykorzystywane w produkcji mięsa i przetworów mlecznych. W szczególności ucierpiałaby produkcja jabłek, truskawek, pomidorów i migdałów.

Najnowsze dane szacunkowe na temat globalnych korzyści ekonomicznych wynikających z zapylania wskazują, że jest ono warte ok. 265 mld EUR rocznie (wielkość ustalona na podstawie wartości zbiorów zależnych od procesu zapylania). Należy zwrócić uwagę, że wartość ta nie uwzględnia faktu, że gdyby proces naturalnego zapylania został poważnie zakłócony lub w ogóle przestał funkcjonować, strata prawdopodobnie byłaby nieodwracalna, a wtedy prawdziwa wartość okazałaby się nieskończenie wysoka.

A jak mielibyśmy oszacować wartość – przykładowo - bogactwa kolorów witających nas pięknego, wiosennego poranka? Oprócz odmian uprawnych, większość dziko rosnących roślin (około 90%) aby móc się rozmnażać, potrzebuje pośrednictwa zwierząt w procesie zapylania.

Oznacza to, że inne usługi ekosystemów (oraz dzikie siedliska je zapewniające) także są uzależnione, bezpośrednio lub pośrednio, od owadów zapylających.

Pszczoły, w tym pszczoła miodna i wiele gatunków dziko żyjących, w większości regionów geograficznych świata są największą i ekonomicznie najważniejszą grupą zapylaczy. Niestety, w ostatnich latach sytuacja pszczół miodnych jest coraz gorsza, mimo faktu, że światowa produkcja rolna w coraz większym stopniu przedstawia się na uprawy zależne od zapylania przez pszczoły. Na znaczeniu przybiera rola dziko żyjących zapylaczy – różnych gatunków pszczół i innych owadów, na których coraz częściej koncentruje się uwaga naukowców. Istnienie pszczół dziko żyjących jest zagrożone przez wiele czynników środowiskowych, w tym brak naturalnych i półnaturalnych siedlisk oraz zwiększające się narażenie na oddziaływanie środków chemicznych wytwarzanych przez człowieka.

Populacje pszczół i innych owadów zapylających spadają na całym świecie, w szczególności zaś w Ameryce Północnej i Europie. Istnieją poważne wątpliwości, co do skali i zakresu tego zjawiska, wynikające głównie z niedostatku spójnych, szeroko zakrojonych regionalnych i międzynarodowych programów badawczych na temat aktualnego stanu i tendencji w zakresie występowania owadów zapylających. Tym niemniej, nawet te niepełne, dostępne dane uświadamiają ogrom dotychczasowych strat. Na przestrzeni ostatnich lat, w okresie jesienno-zimowym śmiertelność rodzin pszczełich w Europie wynosiła średnio około 20% (przy szerokim zakresie wartości od 1,8% do 53% w zależności od kraju).

Z kwestią globalnego stanu zdrowia owadów zapylających wiążą się trzy najważniejsze problemy:



W niektórych regionach Ameryki Północnej, Azji Wschodniej i Europy wartość zapylania sięga nawet 1500 USD/ha. Są to pieniądze, które rolnicy, a w konsekwencji społeczeństwo, straciłoby, gdyby spadła tam wielkość populacji zapylaczy. Wyjątkowo wysokie dochody osiągane z tytułu zapylania notuje się w wielu częściach Włoch i Grecji oraz w Hiszpanii, Francji, Wielkiej Brytanii, Niemczech, Holandii, Szwajcarii i Austrii.

Jeden z „sygnałów ostrzegawczych” wskazujących na powiązania pomiędzy spadkiem liczebności zapylaczy, a wysokością zbiorów może stanowić obserwowany w latach 1993-2009 wzrost cen zapylania niektórych z tych roślin, których plonowanie jest uzależnione od tego procesu.

Jeżeli chcemy uniknąć kłopotów z produkcją żywności oraz masowych wylesień w celu zwiększania powierzchni pól uprawnych, musimy rozwiązać przynajmniej podstawowe problemy związane z procesem zapylania, skupiając się w szczególności na spadku liczebności pszczoł miodnych i dzikich owadów zapylających.

Nie da się wskazać jednego czynnika, który odpowiadałby za globalny spadek liczebności pszczoł lub za pogorszenie ich ogólnego stanu zdrowia. Obecna sytuacja jest niewątpliwie wynikiem oddziaływania wielu czynników, zarówno znanych, jak i nieznanymi, działających pojedynczo lub w połączeniu ze sobą.

Najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za pogorszenie stanu zdrowia zapylaczy są choroby i pasożyty oraz powszechne praktyki rolnictwa przemysłowego, wywierające bezpośredni wpływ na wiele etapów cyklu życia pszczoł. Globalne zmiany klimatyczne, przyczyniające się do zaistnienia wszystkich innych czynników, także coraz silniej wpływają na pogorszenie kondycji owadów zapylających. Niektóre pestycydy stanowią dla nich bezpośrednie zagrożenie. Zaprzestanie stosowania szkodliwych dla pszczoł substancji chemicznych w rolnictwie stanowi pierwszy i najbardziej efektywny krok w celu ich ochrony.

Choroby i pasożyty.

Hodowcy pszczoł wskazują, że poważnym zagrożeniem dla pszczelarstwa w skali globalnej jest inwazyjne roztocze *Varroa destructor*. Inne pasożyty, np. *Nosema ceranea*, stanowią poważne zagrożenie dla rodzin pszczoł miodnych szczególnie w niektórych krajach Europy Południowej. Prawdopodobnie na kolonie pszczoł oddziaływać będą także inne, nowe rodzaje wirusów i patogenów.

Odporność na choroby i pasożyty zależy od wielu różnych czynników, w szczególności zaś od tego, jak dobrze odżywione są pszczoły i w jakim stopniu narażone są na oddziaływanie toksycznych substancji chemicznych. Niektóre pestycydy zdają się osłabiać odporność pszczoł miodnych, przez co zwiększa się ich podatność na choroby i pasożyty.

Rolnictwo przemysłowe.

Rolnictwo przemysłowe wywiera różnoraki i niezwykle istotny wpływ na kondycję pszczoł miodnych i dzikich zapylaczy, które cierpią z powodu niszczenia ich naturalnych siedlisk oraz na skutek nieuniknionego nakładania się naturalnych granic ich występowania z obszarami zajmowanymi przez uprawy przemysłowe, wymagające intensywnych praktyk rolniczych.

Fragmentacja naturalnych i półnaturalnych siedlisk, ekspansja monokultur, brak różnorodności – każdy z tych czynników wywiera negatywny wpływ na owady zapylające. Destrukcyjne praktyki ograniczające zdolność gniazdowania pszczoł, a także opryski pestycydami powodują, że rolnictwo przemysłowe stanowi jedno z największych zagrożeń dla społeczności owadów zapylających na całym świecie.

Pozytywny wpływ na zapylacze mają natomiast systemy rolne oparte na bioróżnorodności, wolne od środków chemicznych, na przykład uprawy ekologiczne. Dzięki zróżnicowaniu siedlisk, mieszane systemy upraw ekologicznych przyczyniają się do powiększenia niezbędnych pszczołom pożytków kwiatowych. W tej sytuacji nie da się przecenić zalet rolnictwa ekologicznego (organicznego) i jego dobroczynnego wpływu na dobrostan populacji owadów zapylających.

Zmiany klimatyczne.

Na populację zapylaczy wpływa wiele prognozowanych konsekwencji zmian klimatu, w tym wzrost średnich temperatur, zmiana schematu opadów atmosferycznych oraz pojawiające się na skutek zmian klimatycznych nieprzewidywalne i gwałtowne zjawiska pogodowe. Zmiany te będą wpływać na poszczególne osobniki, a w efekcie na całe społeczności, co ostatecznie może skutkować zwiększeniem tempa wymieralności poszczególnych gatunków owadów zapylających.

Środki owadobójcze

Największym bezpośrednim zagrożeniem dla owadów zapylających są **środki owadobójcze**. Jak sama nazwa wskazuje, są to środki chemiczne przeznaczone do zwalczania owadów. Substancje te są szeroko stosowane w środowisku, w szczególności na terenach uprawnych. Rola, jaką odgrywają środki owadobójcze w globalnym spadku liczebności zapylaczy nie jest dokładnie znana, staje się jednak coraz bardziej oczywiste, że niektóre z nich, gdy są stosowane w stężeniach standardowych dla współczesnych intensywnych systemów rolnych, wywierają bezpośredni negatywny wpływ na zdrowie owadów zapylających – zarówno na poziomie osobniczym, jak i na poziomie całej kolonii.

Zaobserwowany subletalny (prowadzący do upośledzenia organizmu i mogący pośrednio doprowadzić do śmierci) wpływ małych dawek środków owadobójczych na pszczoły jest zróżnicowany. Negatywne skutki ich oddziaływania można ogólnie podzielić na cztery kategorie:

1. Zmiany fizjologiczne, występujące na różnych poziomach, a mierzone szybkością rozwoju (tj. czasem potrzebnym do osiągnięcia postaci dorosłej) i ilością wad rozwojowych (w komórkach wewnątrz ula).

2. Zakłócenia wzorców zachowania pszczół zbieraczek, na przykład poprzez wyraźny wpływ na zdolności nawigacyjne i procesy uczenia się.

3. Zakłócenie procesów odżywiania, poprzez oddziaływanie odstraszające (odstrasza owady od spożywania roślin zanieczyszczonych pestycydami), blokujące normalne procesy odżywiania lub powodujące upośledzenie węchu.

4. Wpływ neurotoksycznych pestycydów na procesy uczenia się (tj. na rozpoznawanie kwiatów i własnego gniazda, na orientację przestrzenną) - bardzo istotny, szeroko zbadany i stwierdzony u różnych gatunków pszczół miodnych.

Wymienione przykłady stanowią ostrzeżenie, że szkodliwe dla pszczół pestycydy mogą wywoływać nieoczekiwane szkody także u innych zapylaczy. Przykłady te stanowią także przypomnienie, że stosując zasady ostrożności, chronić należy wszystkie owady zapylające, zarówno te żyjące dziko, jak i hodowlane. Jeśli ograniczymy stosowanie szkodliwych dla pszczół pestycydów wyłącznie w uprawach roślin atrakcyjnych dla pszczół miodnych, prawdopodobnie nie uratuje to szerokiej rzeszy innych zapylaczy.

Wśród środków owadobójczych wyróżniamy grupę substancji znanych jako neonikotynoidy, które charakteryzują się działaniem systemicznym, tzn. wnikają do organizmu rośliny i przenikają do jej układu naczyniowego. Niektórych substancji z grupy neonikotynoidów używa się do zaprawiania materiału siewnego, co ma zapewnić ochronę rośliny od chwili wysiewu. W momencie zakiełkowania i późniejszego wzrostu, neonikotynoidy zostają rozprowadzane wewnątrz całej rośliny - kumulują się w łodygach i liściach oraz mogą przedostawać się do kropelek wody wydzielanych w procesie gutacji (roślina wydziela krople wody osadzające się na czubkach młodych liści), a ostatecznie do pyłku i nektaru roślinnego. Coraz powszechniejsze stosowanie neonikotynoidów oznacza większe ryzyko wydłużenia okresu wystawienia owadów zapylających na negatywne oddziaływanie tych substancji – na przestrzeni czasu systemiczne środki owadobójcze osadzają się bowiem w różnych częściach rośliny.

Zebrany przez pszczoły pyłek może zawierać pozostałości pestycydów w wysokich stężeniach. Pyłek stanowi główne źródło białka dla pszczół miodnych, ma zatem decydujące znaczenie dla ich dobrego odżywienia i zdrowia całej kolonii. W środowisku występuje wiele pozostałości różnych pestycydów, tym samym wydaje się wielce prawdopodobne, że występują między nimi interakcje oddziałujące na zdrowie pszczół. W jednym z raportów poświęconych wpływowi pestycydów na pszczoły możemy przeczytać: „Konieczność zapewnienia sobie przetrwania w oparciu o pyłek zawierający pozostałości średnio siedmiu różnych pestycydów, musi pociągać za sobą negatywne konsekwencje” (Mullin i in., 2010).

W oparciu o dostępne dowody naukowe Greenpeace zidentyfikował siedem najbardziej szkodliwych dla pszczół insektycydów, których użycie powinno zostać ograniczone i które powinny zostać wyeliminowane ze środowiska w celu zahamowania ich negatywnego oddziaływania na pszczoły i inne dziko żyjące zapylacze. Ta lista zawiera: **imidaklopryd, tiametoksam, klotianidynę, fipronil, chloropiryfos, cypermetrynę i deltametrynę.**

Wyżej wymienione substancje chemiczne są szeroko stosowane w Europie. Jak wykazano, w wysokich stężeniach wykazują one silnie negatywnie oddziaływanie na pszczoły – głównie na pszczoły miodne, ale także na inne owady zapylające. Negatywne skutki zaobserwowano także w przypadku długotrwałego oddziaływania niskich, subletalnych dawek. Do tych skutków zaliczają się: utrata zdolności gromadzenia pokarmu (po zakończeniu zbierania pokarmu pszczoły nie są w stanie znaleźć drogi powrotnej do ula, ich naturalna zdolność odnajdywania drogi zostaje upośledzona), ograniczenie zdolności uczenia się (utrata pamięci węchowo–smakowej, która jest kluczowym czynnikiem wpływającym na zachowanie pszczół), zwiększona śmiertelność i zaburzenia rozwoju osobniczego dotyczące także larw i matek pszczelich (tabela 1 zawiera zestawienie negatywnych skutków, jakie może wywołać siedem wymienionych powyżej substancji chemicznych).

Dowody naukowe wskazują w sposób jasny i jednoznaczny - potencjalne szkody wywołane stosowaniem tych pestycydów zdecydowanie przewyższają wszelkie zakładane korzyści wynikające ze zwiększonego plonowania osiągniętego dzięki roli, jaką odgrywają w ochronie przed szkodnikami. W rzeczy samej, wszelkie potencjalne korzyści są najprawdopodobniej całkowicie iluzoryczne. Ryzyko związane z stosowaniem niektórych z wymienionych pestycydów (w szczególności z trzema substancjami z rodziny neonikotynoidów) – zostało potwierdzone przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności w raporcie opublikowanym w styczniu 2013 r. Jednocześnie powszechnie uznaje się, że ekonomiczna wartość zapylania upraw przez owady zapylające jest ogromna. W skali świata szacuje się ją na 265 mld dolarów rocznie.

		(µg/ pszczółę)	LD50 kontaktowo (µg/ pszczółę)	UE, gdzie substancja jest stosowana	y nasienne	systemiczne	uprawy, w których środek jest stosowany w Europie
Klasa	IMIDAKLOPRYD neonikotynoid	0.0037	0.081	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	tak	tak	Ryż, zboża, kukurydza, ziemniaki, warzywa, buraki cukrowe, owoce, bawełna, słoneczniki, rośliny ogrodowe. Działanie systemiczne w przypadku wykorzystania jako zaprawy nasiennej lub doglebowo.
Producent	Bayer						
Nazwy handlowe	Gaucho, Confidor, Imprimo i wiele innych						
Klasa	TIAMETOKSAM neonikotynoid	0.005	0.024	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	tak	tak	Kukurydza, ryż, ziemniaki, słoneczniki, buraki cukrowe, warzywa owocowe i liściaste, ryż, bawełna, cytrusy, tytoń i soja.
Producent	Syngenta						
Nazwy handlowe	Cruiser, Actara						
Klasa	KLOTIANIDYNA neonikotynoid	0.00379	0.04426	AT, BE, BG, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	tak	tak	Kukurydza, rzepak, buraki cukrowe, słoneczniki, jęczmień, bawełna, soja.
Producent	Bayer, Sumitomo, Chemical Takeda						
Nazwy handlowe	Poncho, Cheyenne, Dantop, Santana						
Klasa	FIPRONIL fenylopirazol	0.00417		BE, BG, CY, CZ, ES, HU, NL, RO, SK	tak	umiarkowane	Zaprawy nasienne: kukurydzy, bawełny, roślin strączkowych, ryżu, soi, sorgo, słonecznika, rzepaku i pszenicy. Do zwalczania pcheł, termitów, karaluchów; jako środek zwabiający muszki owocowe.
Producent	BASF						
Nazwy handlowe	Regent						
Klasa	CHLOROPIRYFOS organofosforan	0.25	0.059	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FR, HU, IE, IT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	tak	nie	kukurydza, bawełna, migdały, drzewa owocowe, w tym pomarańcze i jabłonie. Do zwalczania much, mrówek, termitów, komarów.
Producent	Bayer, Dow Agrosciece i inne						
Nazwy handlowe	Cresus, Exaq, Reldan i wiele innych						
Klasa	CYPERMETRYNA pyretroid	0.035	0.02	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PT, RO, SE, SK, UK	tak	nie	Fruit and vegetable crops, cotton. As biocide for domestic and industrial uses (i.e. schools, hospitals, restaurants, food processing plants, livestock)
Producent	wielu, w tym francuskie SBM DVLPT i CPMA						
Nazwy handlowe	Demon WP, Raid, Cyper, Cynoff, Armour C, Signal						
Klasa	DELTAMETRYNA pyretroid	0.079	0.0015	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	tak	nie	Drzewa owocowe (jabłoni, grusza, śliwa), kapustne, groch.
Producent	wielu						
Nazwy handlowe	Cresus, Decis, Deltagrain, Ecaill, Keshet, Pearl Expert i wiele innych						Rośliny ciepłarniane: ogórki, pomidory, pieprz, rośliny ozdobne.

Uzasadnienie zakazu stosowania środka chemicznego dla ochrony zdrowia pszczelich populacji

Imidaklopyrid: Neonikotynoid szeroko stosowany do zaprawy nasion, charakteryzujący się już w niskich dawkach toksycznością i efektami subletalnymi w stosunku do pszczół.

-w stężeniach toksycznych dla pszczół wykrywany w kropelkach wody wydzielanych w procesie gutacji przez rośliny wyhodowane z nasion zaprawianych (Girolami i in., 2009),

-może wykazywać działanie synergistycznie z pasożytem *Nosema* (Pettis i in., 2012; Alaux i in., 2010),

- odstrasza dziko żyjące muchy i chrząszcze zapylające od roślin będących potencjalnym źródłem ich pożywienia (Easton i Goulson, 2013).

W stężeniach subletalnych:

-pogarsza pamięć średniookresową i metabolizm

mózgu pszczół miodnych, (Decourtye i in., 2004).

-Zaburza zachowania pszczół miodnych zbierających pokarm (Schneider i in., 2012; Yang i in., 2008)

-nawet w bardzo niskich dawkach wywiera szkodliwy wpływ na rozwój kolonii trzmieli; szczególnie negatywny wpływ na matki. (Whitehorn i in., 2012),

-negatywny wpływ na rozwój systemu nerwowego i zdolność poruszania się u nowo wygryzionych robotnic dziko żyjących gatunków pszczół (Tomé i in., 2012),

-w niskich dawkach (porównywalnych ze stężeniami odnajdowanymi w warunkach polowych) i w połączeniu z pyretroidem (lambda-cyhalotryną) zwiększa śmiertelność robotnic i zmniejsza zdolności zbierania pokarmu u trzmieli, szkodząc zdrowiu całej kolonii (Gill i in., 2012).

Tiametoksam: Neonikotynoid szeroko stosowany do zaprawy nasion, charakteryzujący się już w niskich dawkach toksycznością i efektami subletalnymi w stosunku do pszczół.

-w stężeniach toksycznych dla pszczół wykrywany w kropelkach wody wydzielanych w procesie gutacji przez rośliny wyhodowane z nasion zaprawianych (Girolami i in., 2009),

W stężeniach subletalnych:

-powoduje gubienie się pszczół miodnych w drodze powrotnej do ula po zebraniu pokarmu, co osłabia rodzinę pszczelą i zwiększa ryzyko jej załamania (Henry i in., 2012),

-powoduje pogorszenie średniookresowej pamięci węchowej (Aliouane i in., 2009),

-pogarsza pracę mózgu i środkowej części jelit, skraca długość życia zafrykanizowanej pszczoły miodnej (Oliveira i in., 2013).

Klotianidyna: Neonikotynoid szeroko stosowany do zaprawy nasion, charakteryzujący się już w niskich dawkach toksycznością i efektami subletalnymi w stosunku do pszczół.

-w stężeniach toksycznych dla pszczół wykrywany w kropelkach wody wydzielanych w procesie gutacji przez rośliny wyhodowane z nasion zaprawianych (Girolami i in., 2009),

W stężeniach subletalnych:

-u pszczół miodnych wywołuje spadek ilości oblotów w poszukiwaniu pokarmu i dłuższy czas ich trwania (Schneider i in., 2012).

Fipronil: Pestycyd szeroko stosowany do zaprawy nasion, charakteryzujący się już w niskich dawkach toksycznością i efektami subletalnymi w stosunku do pszczół.

- u pszczół miodnych powoduje szkodliwe reakcje synergistyczne w połączeniu z innymi pestycydami (tiaklopyrid) i z pasożytem *Nosema* (Vidau i in., 2011).

W stężeniach subletalnych:

-u pszczół miodnych negatywnie wpływa na mobilność, powoduje zwiększone zużycie wody, pogarsza zdolność rozpoznawania zapachów (Aliouane i in., 2009),

-powoduje spadek zdolności uczenia się u pszczół miodnych (pod tym względem to jeden z najbardziej szkodliwych pestycydów).

Chloropiryfos: Jeden z najbardziej popularnych pestycydów, używany na całym świecie.

Wysocę toksyczny dla pszczół.

- stwierdzono, że urugwajskie gatunki pszczół miodnych są około 10 razy bardziej wrażliwe, niż pszczoły badane w Europie (Carrasco-Letelier i in., 2012) – co oznacza potencjalne różnicowanie reakcji u poszczególnych gatunków zapylaczy,

- w niskich stężeniach, negatywnie wpływa na fizjologię pszczół miodnych i zmniejsza ich aktywność motoryczną (Williamson i in., 2013).

Cypermetyryna: Bardzo popularny pestycyd używany na całym świecie.

W stężeniach subletalnych:

-długoterminowa ekspozycja na niskie dawki ma negatywny wpływ na zdrowie całej kolonii, w tym na zdrowie larw (Bendahou i in., 1999).

Deltametryna: Środek owadobójczy szeroko stosowany na skalę globalną.

-w ilościach znajdujących w warunkach polowych, wpływa na zmniejszenie ilości oblotów w poszukiwaniu pokarmu i negatywnie wpływa na zdolności uczenia się pszczół miodnych (Ramirez-Romero i in., 2005),

-obniża płodność, wywiera negatywny wpływ

na tempo wzrostu i rozwój osobników pszczół miodnych (Dai i in., 2010).

Tabela 1. Siedem pestycydów, które należy całkowicie wyeliminować ze środowiska ze względu na ich szkodliwość dla populacji pszczół

(Uwaga: LD50 (dawka śmiertelna 50%) – dawka zabijająca połowę osobników w danej populacji po upływie określonego czasu testu)



Informacje na temat wartości LD50:

LD (imidaklopyrid): <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3068.pdf>

LD (tiametoksam): http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=399

LD (klotianidyna): http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=399

LD (fipronil): <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/316.htm>
Toksyczność ostra LD50 (po upływie 48 godzin)

LD (chloropiryfos): http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=138

LD (cypermetyryna): http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=143

LD (deltametryna): http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=60
Toksyczność ostra LD50 (po upływie 48 godzin)

Co możemy zrobić?

Każdy krok na drodze do przekształcania obecnego, skrajnie destrukcyjnego systemu rolnictwa opartego o intensywne stosowanie środków chemicznych, w kierunku rolnictwa ekologicznego, przyniesie oczywiste efekty nie tylko w dziedzinie ochrony zdrowia owadów zapylających, ale również przełoży się na korzystny efekt dla wielu innych aspektów ochrony środowiska i naszego bezpieczeństwa żywnościowego.

Istnieje kilka rozwiązań, na których możemy skoncentrować się już dziś, aby w krótkim i średnioterminowym okresie przyczynić się do polepszenia kondycji owadów zapylających. Korzyści z takich działań byłyby widoczne praktycznie natychmiast. Mając na uwadze naukowe analizy globalnego stanu zdrowia zapylaczy, Greenpeace jest zdania, że wyeliminowanie ryzyka związanego ze stosowaniem pestycydów mogących zagrażać pszczołom dziko żyjącym i miodnym nie tylko ochroniłoby życie samych pszczoł, ale także zabezpieczyłoby korzyści ekologiczne i finansowe płynące z procesu naturalnego zapylania roślin.

Przykłady naukowo uzasadnionych krótko- i średnioterminowych działań umożliwiających odwrócenie globalnego procesu ginięcia zapylaczy można podzielić na dwie podstawowe kategorie:

1) unikanie szkodliwego oddziaływania na owady zapylające (np. poprzez wyeliminowanie wystawiania ich na potencjalnie szkodliwe substancje),

2) działania na rzecz promocji zdrowia zapylaczy (np. poprzez zmianę praktyk stosowanych w istniejących agroekosystemach).

Wiele dostępnych nam praktyk przyczyniających się do zwiększenia różnorodności roślinnej, może przełożyć się na zwiększenie wielkości i dostępności pożytków kwiatowych potrzebnych owadom zapylającym.

Coraz szersze upowszechnienie rolnictwa ekologicznego (organicznego) oraz technik IPM (zintegrowanych technik ochrony roślin) jasno pokazuje, że rolnictwo bez użycia pestycydów jest całkowicie możliwe, ekonomicznie opłacalne, a przy tym bezpieczne dla środowiska.

Rolnictwo ekologiczne

Rolnictwo ekologiczne (organiczne) pozwala na utrzymanie wysokiej bioróżnorodności. W rolnictwie ekologicznym nie stosuje się pestycydów i nawozów sztucznych, co ma zbawienny wpływ na różnorodność i liczebność owadów zapylających, to z kolei przekłada się na wyższą efektywność zapylania upraw, a tym samym na wyższe zbiory. Oprócz korzystnego wpływu na życie zapylaczy, ekologiczne metody produkcji przynoszą wiele innych korzyści. Poprawiają skuteczność zwalczania chwastów, chorób i szkodników, a wreszcie przyczyniają się do ogólnego zwiększenia odporności całych ekosystemów.

Niestety na badania w zakresie dalszego rozwijania oraz doskonalenia praktyk i procesów zarządczych w rolnictwie ekologicznym przeznaczane są mniejsze publiczne środki finansowe niż na rozwój konwencjonalnych technik rolnych opartych na intensywnym wykorzystaniu środków chemicznych. Ten brak wsparcia jest rażący, jeśli wziąć pod uwagę fakt, że uprawy ekologiczne generują porównywalne ilości żywności i są równie zyskowe, co systemy konwencjonalne – przy wielokrotnie niższych kosztach środowiskowych i społecznych. Konieczne jest zatem przeznaczenie większych nakładów publicznych oraz prywatnych na badania i rozwój ekologicznych praktyk rolnych. W ostatecznym rozrachunku metody te stanowią najlepszą drogę do maksymalizacji funkcji ekologicznych, zabezpieczając produkcję żywności i chronią środowisko – jednocześnie promując zrównoważony rozwój społeczny i ekonomiczny.

Europejskie polityki rolne

Europejskie polityki rolne – przede wszystkim zaś Wspólna Polityka Rolna (WPR) – powinny brać pod uwagę aktualne dowody naukowe wskazujące zagrożenia dla populacji hodowlanych pszczoł miodnych i dziko żyjących zapylaczy. Wymagane jest podjęcie pilnych działań mających na celu ochronę procesu zapylania jako podstawowej usługi ekosystemu. Omówione powyżej, istniejące już narzędzia ochrony zapylaczy należy wpisać w zasady polityk rolnych jako jeden ze sposobów zachęcających do stosowania praktyk wzmacniających pszczele populacje.

Ponadto, na poziomie unijnym należy wdrożyć rygorystyczne przepisy regulujące stosowanie substancji chemicznych potencjalnie szkodliwych dla pszczoł, przy czym, zgodnie z zasadą ostrożności, należy uwzględnić dostępne dowody na temat szkodliwości tych substancji i wrażliwości pszczoł miodnych na ich oddziaływanie. Zasadę ostrożności należy także przenieść na inne gatunki dzikich owadów zapylających, mając na uwadze ich kluczową rolę w zabezpieczeniu procesu zapylania, zarówno obecnie, jak i w obliczu niepewnej przyszłości.

Postulaty Greenpeace

Pszczoły miodne i dzikie owady zapylające odgrywają kluczową rolę w rolnictwie i produkcji żywności. Niestety, obecnie stosowany model rolny oparty na agresywnym wykorzystaniu substancji chemicznych zagraża zarówno jednemu, jak i drugiemu, przez co stwarza niebezpieczeństwo dla łańcucha dostaw żywności.

Niniejszy raport pokazuje, że istnieją mocne dowody naukowe wskazujące, że neonicotynoidy i inne pestycydy są w dużym stopniu odpowiedzialne za proces ginięcia pszczoł. Mając to na uwadze, politycy powinni podjąć działania, których owocem będzie:

- 1. Zakazanie stosowania pestycydów szkodliwych dla populacji pszczeleli**, poczynając od siedmiu najbardziej niebezpiecznych, dopuszczonych do stosowania na obszarze Unii Europejskiej. Substancje te to: imidaklopryd, tiametoksam, klotianidyna, fipronil, chloropiryfos, cypermetryna i deltametryna (zob. tabela 1).
- Przyjęcie narodowych planów ochrony owadów zapylających, a w konsekwencji **wspieranie i promocja praktyk rolniczych mających korzystny wpływ na proces zapylania realizowany w ramach systemów rolnych** – np. rotacji upraw (płodozmianu), ustanawiania obszarów proekologicznych na poziomie indywidualnych gospodarstw, wspieranie ekologicznych metod upraw
- Zwiększenie ochrony naturalnych i półnaturalnych siedlisk wokół obszarów rolniczych, a także wzmacnianie bioróżnorodności pól uprawnych.**
- Zwiększanie finansowania badań, rozwoju i ekologicznych praktyk rolnych** polegających na odchodzeniu od chemicznych metod ochrony roślin i stosowaniu rozwiązań opartych na bioróżnorodności, chroniących przed szkodnikami wzmacniających odporność całego ekosystemu. Politycy Unii Europejskiej powinni przeznaczać więcej środków na badania w dziedzinie rolnictwa ekologicznego – w ramach WPR (płatności bezpośrednie) i programu Horizon 2020 (unijny program badawczy).



Wprowadzenie: znaczenie pszczół i innych owadów zapylających dla rolnictwa i ochrony ekosystemu

„Życie pszczół znajduje się w punkcie krytycznym, ponieważ oczekuje się, że będą wypełniały swoje zadania w warunkach coraz bardziej nieprzyjaznego im świata”

– Spivak et al, 2010

Dobrobyt człowieka zależy od wielu różnych usług ekosystemu (funkcji wypełnianych przez środowisko naturalne). Usługi te, podtrzymujące życie na naszej planecie, obejmują między innymi oczyszczanie wody, ochronę przed szkodnikami czy zapylanie. Zwykle traktujemy je jako rzecz oczywistą i dostępną nam za darmo. Niestety może się to zmienić, jeżeli nadal będziemy tak bardzo uzależniać nasze codzienne życie od technologii.

Gdy następnym razem spojrzymy na przelatującą pszczołę, warto przywołać w pamięci fakt, że produkcja żywności w istotnym stopniu zależy od naturalnego procesu zapylania roślin przez owady. Jest to podstawowa funkcja jaką pełnią w ekosystemie pszczoły i inne owady zapylające.

Gdyby miało stać się tak, że owady zapylające nie pośredniczyłyby już dłużej w procesie zapylania, w przypadku około 1/3 upraw dostarczających żywność musielibyśmy uciec się do innego sposobu zapylania (np. zapylanie ręczne), w przeciwnym razie bowiem nie udałoby się wyprodukować tej samej ilości żywności (Kremen i in., 2007). Dodatkowo, większość roślin dziko rosnących (od 60% do 90%) aby móc się rozmnażać, potrzebuje pośrednictwa zwierząt w procesie zapylania – oznacza to, że inne usługi ekosystemu (oraz dzikie siedliska je zapewniające) także są uzależnione, bezpośrednio lub pośrednio, od owadów zapylających.

Zboża takie jak pszenica, ryż czy kukurydza, stanowiące istotną część ludzkiej diety, w większości zapylane są przez wiatr, nie są zatem uzależnione od zapylaczy. Spadek liczebności populacji owadów zapylających miałby jednak bardzo negatywny wpływ na inne, wartościowe składniki naszej diety, takie jak owoce, warzywa czy niektóre rośliny paszowe wykorzystywane w produkcji mięsa i przetworów mlecznych (Spivak i in. 2011).

Dzikie zwierzęta biorące udział w procesie zapylania to między innymi owady, takie jak pszczoły, wiele gatunków motyli, ćmy, muchy, żuki i osy, a także niektóre ptaki i ssaki. Ważnymi zapylaczami są także gatunki pszczół hodowane i utrzymywane przez człowieka dla celów komercyjnych (głównie pszczoła miodna, *Apis mellifera*). To właśnie pszczoły są największą i ekonomicznie najważniejszą grupą zapylaczy w większości regionów świata. W ostatnich latach rodziny pszczoły miodnej coraz częściej odczuwają skutki chorób, wpływu pestycydów i niekorzystnych zmian w środowisku naturalnym. Odpowiednio, w procesach zapylania, zdaje się wzrastać znaczenie dzikich zapylaczy (w tym wielu innych gatunków pszczół, ale także innych owadów) (Kremen and Miles 2012; Garibaldi et al, 2013).

Niniejszy raport skupia się głównie na pszczołach. Większość informacji naukowych na temat zapylania dotyczy pszczół miodnych, a czasami, w mniejszym zakresie, także trzmieli. Choć mówiąc o zapylaczach często automatycznie mamy na myśli pszczoły, nie oznacza to jednak, że umniejszamy rolę innych owadów i zwierząt. W wielu przypadkach czynniki wpływające na populacje pszczół oddziałują także na inne zapylacze (np. na motyle, muchy, itp.). Oczywiście, mając na uwagę złożoność różnych indywidualnych czynników, przyjmowanie jakichkolwiek ogólnych założeń byłoby bardzo ryzykowne. Aby właściwie ocenić stan i zdrowie społeczności zapylaczy potrzebna jest większa ilość informacji naukowych.

Ogromna większość roślin na Ziemi potrzebuje zapylania przez zwierzęta, aby wytwarzać nasiona i owoce. Jedynie niewielka część z nich nie wymaga przeniesienia pyłku z innych roślin i to właśnie ta część, jako jedyna, najprawdopodobniej nie odczuje zmian stanu zdrowia pszczelich populacji. Na pozostałą część gatunków wytwarzających nasiona i owoce dzięki przeniesieniu pyłku, zmniejszenie populacji pszczoł wyrzeze ogromny negatywny wpływ. Nawet jeżeli nie jest to dla nich wymóg niezbędny z punktu widzenia reprodukcji, wiele roślin wytwarza więcej nasion i owoców po tym, jak dokona się zapylanie przez pszczoły.

„Niektóre rośliny wykorzystywane komercyjnie, np. migdały czy borówki, bez udziału zapylaczy w ogóle nie rodzą owoców. W wielu przypadkach dobrze zapylony kwiat będzie zawierał więcej nasion o większym potencjale kiełkowania, co ostatecznie przekłada się na większe i bardziej kształtne owoce. Skuteczniejszy proces zapylania to także skrócenie czasu pomiędzy zakwitnięciem kwiatu a dojrzewaniem owocu, co zmniejsza ryzyko niekorzystnego oddziaływania szkodników, chorób, warunków pogodowych i substancji agrochemicznych, zmniejszając przy tym zapotrzebowanie na wodę”

(UNEP, 2010).

Niedawno oszacowano, że 87,5% kwitnących roślin jest zapylanych przez zwierzęta (Ollerton et al, 2011). Liczba ta, obejmująca zarówno rośliny uprawne, jak i dziko żyjące, wskazuje na kluczowe znaczenie pszczoł, jako głównych globalnych zapylaczy, dla utrzymania produkcji żywności i ekosystemów roślinnych. Zapylanie przez zwierzęta oznacza zwiększoną ilość owoców i nasion w przypadku 75% roślin uprawianych

na świecie z przeznaczeniem na produkcję żywności (Klein i in., 2007). Najnowsze dane szacunkowe wskazują, że globalne korzyści ekonomiczne wynikające z naturalnego zapylania wynoszą 265 mld EUR rocznie. Oczywiście, jak przy każdej wycenie usług ekosystemu, jeżeli którakolwiek z nich ulegnie nieodwracalnemu zniszczeniu, jej wartość rośnie w nieskończoność.

„Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Olnictwa (FAO) szacuje, że spośród około 100 gatunków roślin uprawnych używanych do wytworzenia 90% światowego pożywienia, 71 jest zapylanych przez pszczoły. W samej Europie 84% ze wszystkich gatunków roślin uprawnych jest zapylanych przez zwierzęta; 4000 odmian warzyw istnieje tylko dzięki zapyleniu przez pszczoły”

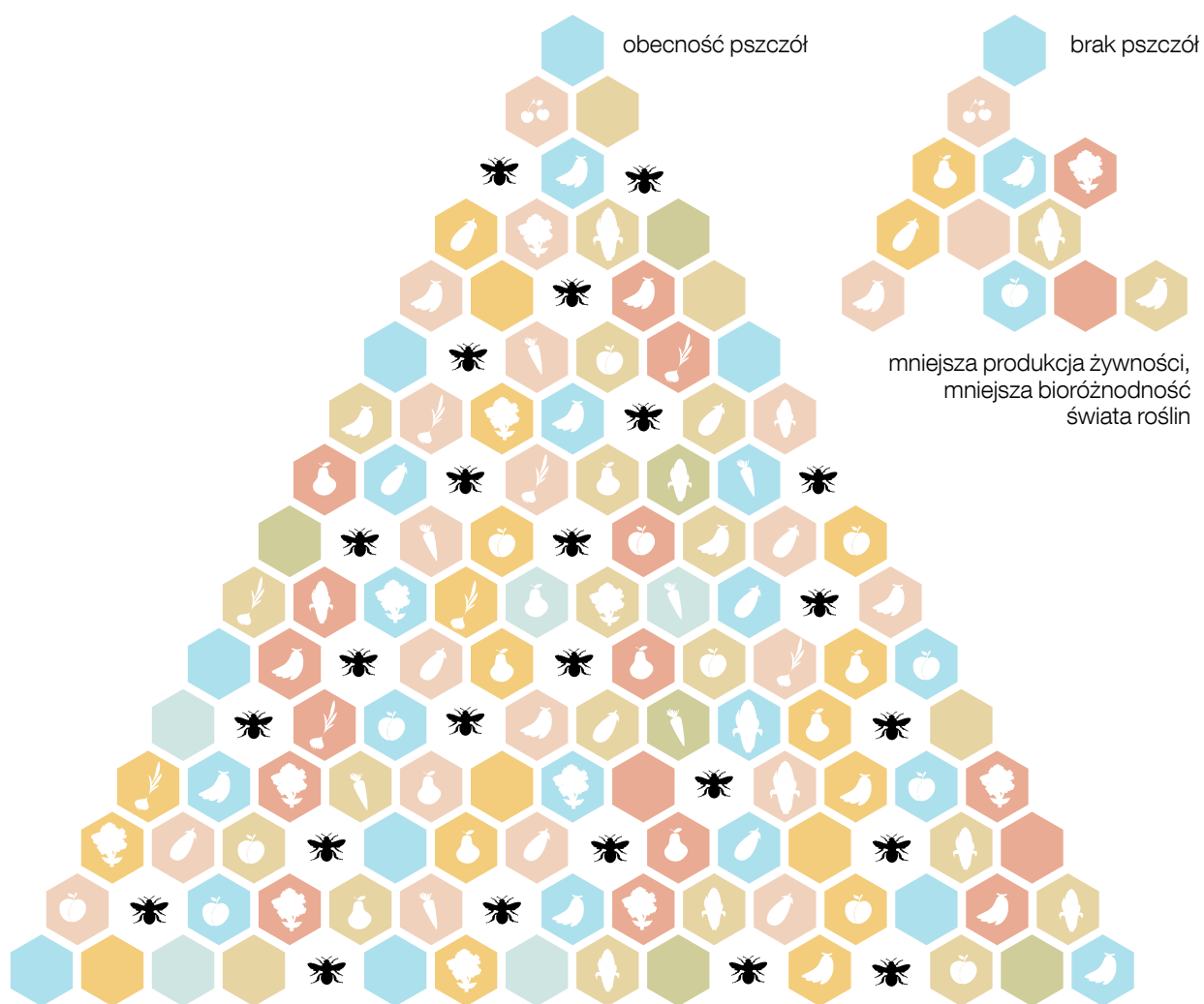
(UNEP, 2010).

„Wartość produkcyjna jednej tony roślin uprawnych zależnych od zapylaczy jest około pięć razy wyższa, niż wartość produkcyjna gatunków niezależnych od zapylania przez owady”

(UNEP, 2010).

W niektórych regionach Europy nie występują dziko żyjące populacje pszczoł miodnych, ponieważ nie są one w stanie wytrzymać presji wywołanej przemysłowymi praktykami rolnymi (monokultury, środki chwastobójcze i owadobójcze), a także licznymi chorobami i pasożytami niezależnymi od działalności człowieka. W Hiszpanii np. żyją jedynie te rodziny pszczoły, którymi opiekują się pszczelarze dostarczając im pożywienia i leków. (Mariano Higes, informacja przekazana osobiście).

Ludzkość przeznaczyła znaczny obszar Ziemi pod uprawy i produkcję rolną, jednak w ostatnich dziesięcioleciach daje się zauważyć relatywny wzrost obszarów przeznaczonych pod uprawę roślin zależnych od zapylaczy, zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się. W okresie od 1961 do 2006 roku wzrost ten w krajach rozwiniętych i rozwijających się wyniósł odpowiednio 16,7% i 9,4% (Aizen i Harder, 2009; Aizen et al, 2009). Niestety, potencjał procesu zapylania nie nadąża za wzrostem ilości upraw od niego zależnych. Może to oznaczać niepożądane konsekwencje w postaci spadku globalnej produkcji rolnej. To z kolei może prowadzić do kolejnych działań kompensacyjnych polegających na przekazywaniu kolejnych gruntów pod uprawy rolne.



zwiększona produkcja żywności, większa bioróżnorodność świata roślin



Sytuacja pszczół i innych owadów zapylających w Europie i w skali globalnej

„Jeżeli spadek liczebności dzikich owadów zapylających będzie trwał nadal, ryzykujemy wyginięcie istotnej części światowej flory”.

– Ollerton et al, 2011

Spadek liczebności pszczół i innych zapylaczy, wydaje się zachodzić w skali globalnej. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w Ameryce Północnej i Europie (Potts i in., 2010). Istnieją poważne wątpliwości co do skali i zakresu tego zjawiska, wynikający głównie z niedostatku spójnych, szeroko zakrojonych regionalnych i międzynarodowych programów badawczych na temat aktualnego stanu i tendencji w zakresie występowania owadów zapylających. Tam, gdzie udało się zgromadzić dokumentację, skala i zakres strat są uderzające.

W Stanach Zjednoczonych ubytek 30-40% rodzin pszczelich, jaki ma miejsce od 2006 roku, wiąże się z zespołem Colony Collapse Disorder (CCD - zespół masowego giniecia pszczoły miodnej, zwany też zjawiskiem destrukcyjnego załamania rodzin) charakteryzującym się między innymi znikaniem z uli pszczół robotnic (zob. odnośniki podane w: Lebuhn i in., 2013). Od 2004 roku straty rodzin pszczelich w Stanach Zjednoczonych spowodowały, że ich liczebność jest tam najniższa od 50 lat (UNEP, 2010).

W Chinach 6 milionów rodzin pszczelich (należących do gatunku *Apis mellifera* lub *Apis ceranea*) hodowanych jest przez około 200 tysięcy pszczelarzy. W ostatnich latach także oni donoszą o niewytłumaczalnych stratach pszczół obydwu gatunków. Nie udało się ustalić przyczyny ubytków, a towarzyszące im objawy miały bardzo złożony charakter. O symptomach masowego giniecia pszczół donoszą także pszczelarze egipscy, których pasieki zlokalizowane są wzdłuż Nilu (UNEP, 2010).

Oszacowano, że od 1985 roku straty rodzin pszczelich w Europie Środkowej wyniosły 25%, a w samej Wielkiej Brytanii ubytki te sięgają 54% (Potts i in., 2010).

„Od 1998 roku pszczelarze w Europie donoszą o niewyjaśnionym słabnięciu i śmiertelności rodzin pszczelich, w szczególności we Francji, Belgii, Szwajcarii, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Holandii, Włoszech i Hiszpanii. Śmiertelność rodzin jest szczególnie wysoka w pod koniec zimy i na początku wiosny”.

(UNEP, 2010).

W ubiegłych zimach śmiertelność rodzin pszczelich w Europie wynosiła przeciętnie 20%, przy czym występowały istotne wahania pomiędzy poszczególnymi krajami (od 1,8% do 53%)¹. W zimie 2008/09 ubytek pszczół miodnych w Europie mieścił się w zakresie od 7% do 22%, natomiast w zimie 2009/10 – między 7% a 30%. W przypadku krajów, które prowadziły badania w obydwu latach, odnotowano istotny wzrost zimowych strat rodzin podczas drugiego roku².

Oprócz giniecia rodzin pszczelich, w różnych częściach globu zauważalny jest także ubytek rdzennych dziko żyjących zapylaczy. Dobrymi przykładami w tym względzie jest Wielka Brytania i Holandia.

W tym kontekście dość zaskakujący może być fakt, że globalna produkcja miodu wydaje się wzrastać na przestrzeni ostatnich kilku dziesięcioleci. Może to prowadzić do wniosku, że zmniejszenie liczby rodzin zapylaczy to zjawisko o charakterze lokalnym, zachodzące głównie w Ameryce Północnej i w Europie,

¹ Materiały z 4 konferencji COLOSS, Zagrzeb, Chorwacja, 3-4 marca 2009 r., dostępne pod adresem: www.coloss.org/publications, cytowane w: Williams i in., 2010.

² <http://www.ibra.org.uk/articles/Honey-bee-colony-losses-in-Canada-China-Europe-Israel-and-Turkey-in-2008-10>

a spadek ten jest kompensowany wzrostem w krajach uznawanych za największych producentów miodu (Chiny, Hiszpania i Argentyna) (Aizen i Harder 2009). Większość naukowców zajmujących się tą dziedziną zgadza się co do trzech głównych kwestii dotyczących globalnego stanu zdrowia zapylaczy:

1. Obecnie brakuje dokładnych danych, aby z całą pewnością ustalić fakty co do globalnej kondycji owadów zapylających, tj. ich liczebności i różnorodności (Lebuhn i in., 2013; Aizen i Harder 2009). Rozbieżność wyliczeń na temat stanu gatunków jest tak wielka, że „zanim znajdziemy dowód na spadek liczebności populacji, może nastąpić rzeczywiste jej obniżenie sięgające 50% (Lebuhn i in., 2013).
2. Lokalne i regionalne zapotrzebowanie na owady zapylające rośnie szybciej, niż podaź i dlatego już teraz i w najbliższej przyszłości, możemy spodziewać się ograniczeń w udziale pszczół w procesie zapylania. Powodem tego stanu jest fakt, że wzrost ilości wysokowartościowych upraw zależnych od zapylania wzrasta szybciej, niż liczebność rodzin pszczelich (Garibaldi et al, 2011; Lautenbach et al, 2012). Zapylaniem zajmują się także populacje dzikich pszczół, w szczególności w regionach, gdzie zapylanie przez pszczoły miodne występuje w ograniczonym zakresie (na przykład w Wielkiej Brytanii). Niestety, presję na pszczoły dziko żyjące wywiera z kolei proces intensyfikacji produkcji rolnej – poprzez niszczenie siedlisk i zmniejszanie bioróżnorodności (Kremen et al, 2007, Lautenbach et al, 2012). Dodatkowo, jest mało prawdopodobne, aby jakkolwiek wzrost liczebności rodzin pszczelich zaspokoił rosnące zapotrzebowanie rolnictwa na zapylanie albo skompensował spadek liczebności rdzennych zapylaczy (Aizen i Harder, 2009).
3. W poszczególnych regionach rolniczych występuje istotne zróżnicowanie liczebności rodzin pszczelich. W niektórych krajach uznawanych za głównych producentów miodu obserwuje się wzrost populacji pszczoły miodnej przy jednoczesnym spadku w innych regionach, w tym tych charakteryzujących się wysoką produkcją rolniczą, takich jak Stany Zjednoczone, Wielka Brytania czy kraje Europy Zachodniej (Aizen i Harder, 2009; Garibaldi i in., 2011; Lautenbach i in., 2012).

Nie istnieją przy tym żadne regionalne, krajowe lub międzynarodowe programy, w ramach których gromadzono by dokumentację pozwalającą stwierdzić, czy ubytki w populacji owadów zapylających (innych niż pszczoły miodne) faktycznie mają miejsce. Trudno zatem wyrazić liczbowo status ich populacji albo nawet przybliżyć wielkość ewentualnych ubytków (Lebuhn et al, 2013). Istnieje pilna potrzeba stworzenia takich programów. Umożliwiłyby one śledzenie zmian w populacjach zapylaczy oraz stanowiłyby system wczesnego ostrzegania o spadku ich liczebności. Koszt takiego systemu (szacowany na 2 mln USD w skali świata) jest naprawdę bardzo niewielki, biorąc pod uwagę potencjalne straty ekonomiczne, jakie może wywołać gwałtowny ubytek zapylaczy. Tego rodzaju programy „umożliwiłyby łagodzenie skutków ubytku zapylaczy oraz uniknięcie kryzysu finansowego i żywnościowego, jaki groziłby w wyniku nieprzewidzianego i gwałtownego spadku ich liczebności” (Lebuhn et al, 2013).

Reasumując, oczywisty wydaje się trend, że rolnictwo, a zatem produkcja żywności, wraz z upływem czasu stają się coraz bardziej zależne od owadów zapylających. Jednocześnie obserwuje się istotne ubytki w ich dziko żyjących i udomowionych populacjach. Jeden z „sygnałów ostrzegawczych” wskazujących na powiązania i pomiędzy ubytkiem populacji zapylaczy a wysokością zbiorów, może stanowić obserwowany w latach 1993-2009 wzrost cen zapylania niektórych z tych roślin, których plonowanie jest uzależnione od tego procesu (Lautenbach et al, 2012).

Jeżeli chcemy uniknąć kłopotów z produkcją żywności oraz masowych wylesień w celu zwiększania powierzchni pól uprawnych, musimy rozwiązać przynajmniej podstawowe problemy związane z procesem zapylania, skupiając się w szczególności na spadku liczebności pszczół miodnych i dzikich owadów zapylających.

Ekonomiczna wartość procesu zapylania

Zgodnie z pierwszymi szacunkami, ekonomiczna wartość zapylania rozumianego jako globalna usługa ekosystemu wynosiła w 1997 r. 117 mld USD (88 mld EUR) (Costanza i in., 1997). Później, dzięki zastosowaniu ulepszonej metodologii, Gallai i in. (2009) zmodyfikowali szacunki i ustalili wartość na poziomie 153 mld USD (115 mld EUR). Najnowsza wartość szacunkowa z 2012 r., uwzględniająca wzrost relatywnej wagi upraw zależnych od procesu zapylania w globalnym łańcuchu dostaw żywności, to 265

mld EUR (Lautenbach i in., 2012). Ten rosnący trend wskazuje jasno na coraz większe uzależnienie globalnego systemu żywnościowego od zapylaczy, a także na istotną skalę niepewności co do tego rodzaju finansowej wyceny wartości środowiska i jego systemów.

Jak w przypadku wielu wycen warunkowych, tak samo wycena ekonomicznej wartości zapylania zależy od perspektywy, z jakiej patrzymy na to zjawisko. Dla indywidualnego rolnika może być to po prostu cena, jaką musi zapłacić za usługę zapylania przez sprowadzone na uprawę pszczoły miodne w przypadku, gdyby w jego gospodarstwie rolnym zanikło zapylanie naturalne. Dla innych może być to wartość zbiorów utraconych w wyniku braku naturalnego zapylania. Na przykład, w północnej części Kanady uprawy rzepaku znajdujące się w pobliżu obszarów niezajętych pod uprawę roli są zapylane przez bardziej zróżnicowane i liczniejsze gatunki dzikich pszczoł. Poprawia to jakość zapylania, a ostatecznie przekłada się na wyższe zbiory nasion (Morandin and Winston, 2006). Analiza relacji kosztów i korzyści może być bardzo zawiła. Wskazuje jednak, że rolnicy mogliby zmaksymalizować zyski gdyby wyłączyli z uprawy 30% należących do nich gruntów rolnych, dzięki temu uzyskaliby większe zbiory z pozostałych 70%, jednocześnie oszczędzając na nakładach poniesionych na uprawę dzięki ugorowaniu reszty obszaru (Morandin i Winston, 2006).

Poniżej przedstawiamy dwa przykłady spadków wielkości zbiorów spowodowanych brakiem zapylania i reakcji instytucji państwowych na to zjawisko (Kremer i in. 2007):

- **„W Kanadzie, w wyniku stosowania na szeroką skalę pestycydu o nazwie fenitroton (do zwalczania brudnicy nieparki w sąsiadujących z uprawami lasach), spadła liczebność zapylaczy oraz produkcja borówki (Kevan & Plowright 1989). Straty ekonomiczne poniesione przez plantatorów borówki wymusiły na rządzie zmianę polityki i wprowadzenie zakazu stosowania fenitrotonu do zwalczania brudnicy nieparki. W wyniku tych działań liczebność zapylaczy i produkcja borówki ponownie wzrosła” (Tang i in. 2006).**
- **„Występujące w 2004 roku niedobory rodzin pszczoł miodnych niezbędnych w procesie zapylania migdałowców zmusiły Departament Rolnictwa Stanów Zjednoczonych do zmiany polityki w zakresie importu pszczoł miodnych: Departament zgodził się na sprowadzenie kolonii**

pszczoł miodnych z Australii” (Krajowa Rada Badawcza Akademii Krajowych, 2006).

Trudność w dokładnym oszacowaniu wartości zapylania dokonywanego przez zwierzęta wynika z faktu, że zjawisko to nie sprowadza się jedynie do samego zapylania roślin uprawnych czy dziko rosnących. Dzięki stymulowaniu wytwarzania owoców roślin dziko żyjących, zwiększa się ilość pokarmu dostępnego dla wielu gatunków owadów, ptaków, ssaków i ryb, co przekłada się na zwiększenie bioróżnorodności. Przyczyniając się do wsparcia produktywności roślin, proces zapylania podtrzymuje wiele różnych usług ekosystemu, takich jak ochrona przed powodziami, zapobieganie erozji, ochrona systemów klimatycznych, oczyszczanie wody, wiązanie azotu i sekwestracja (wychwytywanie) dwutlenku węgla z atmosfery (Kremer i in., 2007). Zapylanie jest zatem jedną z kluczowych usług ekosystemu. Ponieważ pszczoły przyczyniają się do zwiększenia produkcji roślinnej, są niezbędne dla wielu usług ekosystemu, nie tylko tych służących wytwarzaniu żywności. Dzięki pszczołom poprawia się ogólna jakość życia człowieka na Ziemi.

W swoim najnowszym kompleksowym badaniu Lautenbach i in. (2012), pokazali korzyści i zagrożenia wiążące się z procesem zapylania ilustrując je zbiorem map. W badaniach uwzględniono znaczenie zapylania dla rolnictwa w poszczególnych regionach świata. Autorzy odnieśli przybliżoną wartość pieniężną tej części produkcji rolnej, która uzależniona jest od zapylania przez zwierzęta, do ogólnej wartości upraw znajdujących się w poszczególnych „komórkach” 5' na 5' (minuty geograficzne) wyznaczonych na mapie świata siatką południków i równoleżników (na równiku jest to w przybliżeniu 10 km na 10 km). Na zaprezentowanych mapach wyraźnie widać regiony odnoszące największe korzyści z procesu zapylania, a także te szczególnie wrażliwe na pogorszenie jego jakości (Lautenbach et al, 2012).

Na globalnej mapie usług zapylania (rys. 1) ciemniejszymi kolorami zaznaczono regiony, gdzie są one najcenniejsze (wartość wyrażona w USD/ha). Są to niektóre regiony Ameryki Północnej, Azji Wschodniej i Europy. Wartość zapylania w tych miejscach może sięgać nawet 1500 USD/ha (Lautenbach i in. 2009). Są to pieniądze, które rolnicy, a w ostateczności społeczeństwo, straciliby, gdyby nastąpił tam upadek populacji zapylaczy.

W Europie występuje silne zagęszczenie obszarów charakteryzujących się wysoką wartością finansową

Rys. 1. Globalne korzyści z zapylania w skali lokalnej. „Wartości dotyczą roku 2000 i podano je w USD/ha. Podane wartości skorygowano o inflację (w odniesieniu do 2009 r.) i o parytet siły nabywczej. W: Lautenbach i in. (2012). „Przestrzenne i czasowe trendy w globalnych korzyściach z usługi zapylania”, PLoS ONE 7(4): e35954, na licencji Creative Commons Attribution License.

pod względem korzyści z zapylania przypadających na hektar gruntu (zob. rys. 1). Wyjątkowo wysokie wartości przypisane korzyściom z zapylania występują na dużych obszarach Włoch i Grecji oraz Hiszpanii, Francji, Wielkiej Brytanii, Niemiec, Holandii, Szwajcarii i Austrii. Regiony o wysokiej wycenie wartości zapylania znajdują się także w Polsce, Rumunii i na Węgrzech. Dodatkowo, we Włoszech i Hiszpanii występuje ogólna wysoka zależność systemów rolnych od usługi naturalnego zapylania (Lautenbach i in., 2009).

W skali globalnej, wielkie korzyści ekonomiczne z procesu zapylania czerpią takie kraje, jak Brazylia, Chiny, Indie, Japonia i Stany Zjednoczone. W Afryce największe korzyści z zapylania czerpane są w Egipcie, wzdłuż Nilu. W Chinach, w latach 1993 – 2009, szacowane korzyści z zapylania wzrosły o 350%. Zjawisko to stanowi potwierdzenie trendu zwiększania produkcji owoców w celu zaspokojenia popytu ze strony rosnącej, zamieszkującej miasta, klasy średniej i na potrzeby eksportu. Na Chiny przypada od 30 do 50% całkowitych globalnych korzyści z procesu zapylania (Lautenbach i in., 2009).

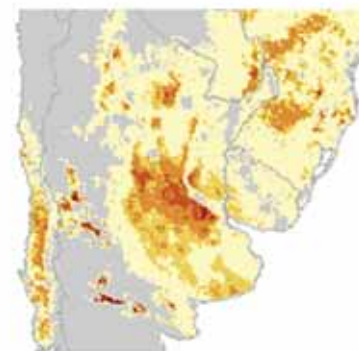
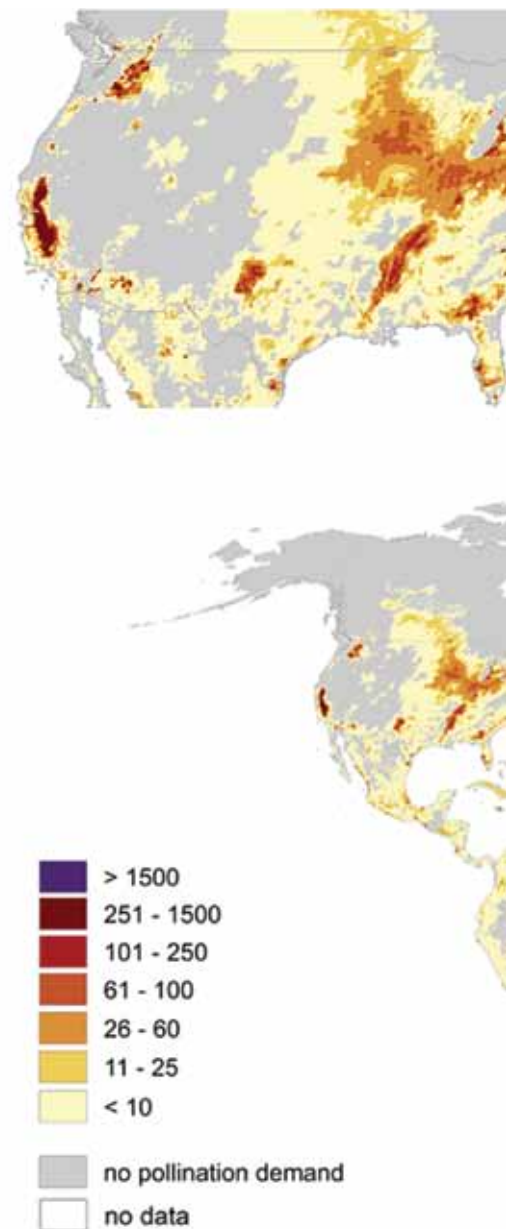
„Na dużym obszarze naszego globu korzyści z zapylania są na tyle wysokie, że, o ile zostaną uwzględnione, powinny odnieść znaczący wpływ na strategie ochronne i decyzje o wykorzystaniu gruntów”.

– Lautenbach i in., 2012

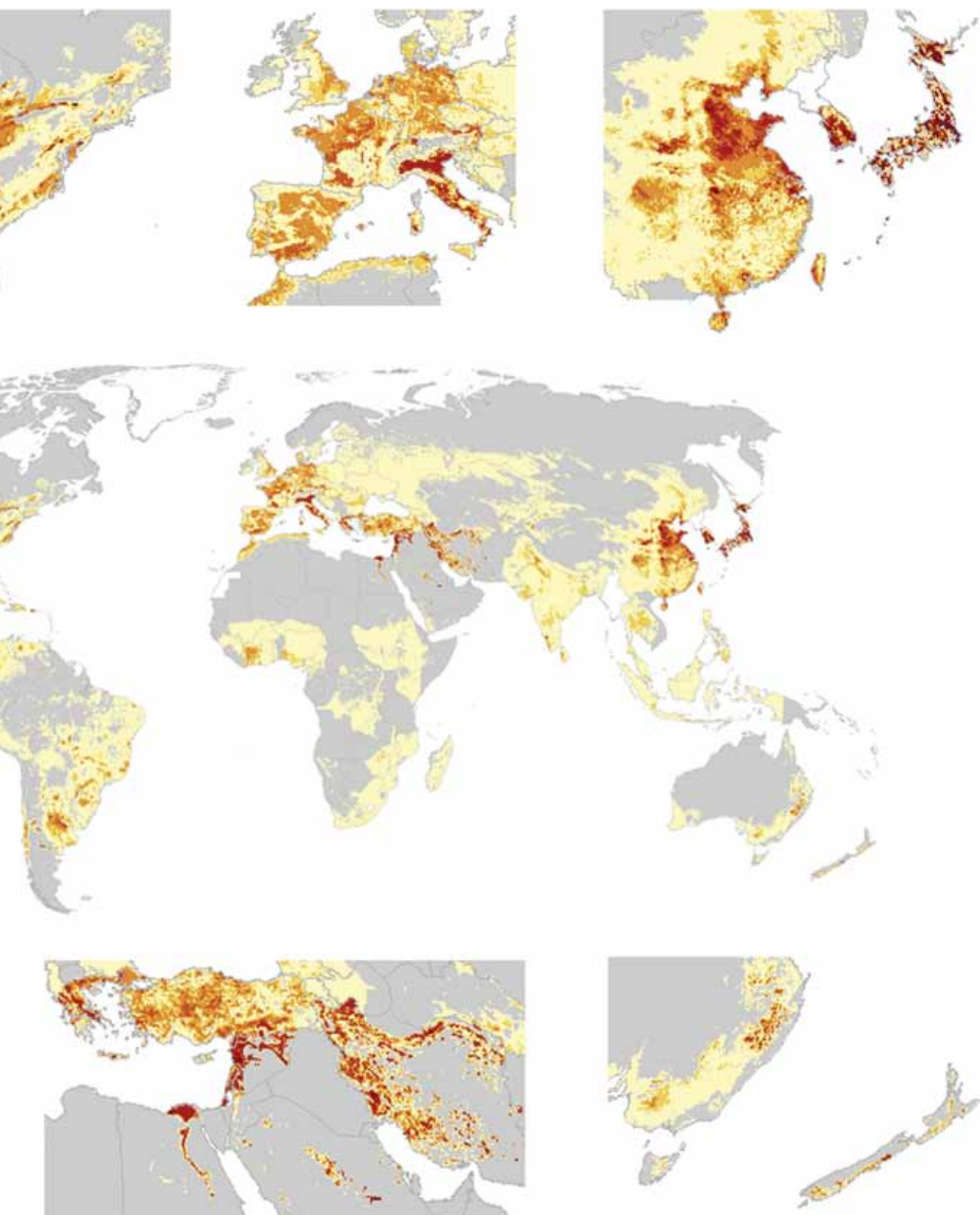
„Od 2001 roku wzrosły koszty upraw roślin zależnych od zapylania, przy czym wzrost ten był dużo większy, niż wzrost kosztów upraw roślin od zapylania niezależnych, takich jak ryż, kukurydza czy zboża. Według naukowców oznacza to, że intensyfikacja produkcji rolnej przekłada się na globalny wzrost cen roślin zależnych od zapylania.

Opryskiwanie coraz większą ilością pestycydów, stosowanie coraz większych ilości nawozów sztucznych oraz niszczenie cennych strukturalnych elementów krajobrazu rolniczego, takich jak żywopłoty czy szpalery drzew, by przekształcać je w pola uprawne, prowadzi do ginięcia owadów”.

Centrum Badań Środowiskowych
im. Helmholtza (UFZ), 2012³.



³ Artykuł prasowy z 27 kwietnia 2012 r. na temat badań prowadzonych przez: Lautenbach i in., 2012. <http://www.ufz.de/index.php?en=30403>



Źródło: Lautenbach, S., R. Seppelt, i in., (2012). "Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit." PLoS ONE 7(4): e35954.
 (Creative Commons Attribution Licence)
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0035954>

Wartości dotyczą roku 2000 i podano je w USD/ha. Podane wartości skorygowano o inflację (w odniesieniu do 2009 r.) i o parytetu siły nabywczej.



Główne czynniki wpływające na stan zdrowia populacji pszczół

Istnieje ogólna zgoda co do tego, że upadek pszczelich populacji i pogarszający się stan ich zdrowia (np. zespół masowego giniecia pszczół miodnej i podobne zjawiska) są powodowane przez wiele czynników, zarówno znanych, jak i nieznanymi, przy czym mogą one oddziaływać samodzielnie lub w połączeniu.

Straty rodzin pszczelich wywołane są trzema głównymi czynnikami:

Choroby:

pszczół cierpią z powodu chorób i pasożytów, które osłabiają je, a niekiedy doprowadzają do śmierci. Większość chorób i pasożytów pszczelich to gatunki inwazyjne, których rdzenne odmiany pszczół nie są w stanie pokonać na drodze naturalnej adaptacji lub nabycia odporności. Chore lub zaatakowane przez pasożyty pszczół stają się bardziej wrażliwe na inne negatywne czynniki, takie jak złe odżywianie czy oddziaływanie toksycznych substancji chemicznych.

Głód:

pszczół czerpią pożywienie z kwiatów, potrzebują więc stabilnego dostępu do roślin kwitnących, zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Rodziny pszczoły, pomimo iż w niektórych porach sezonu są dokarmiane przez pszczelarzy, potrzebują kwiatów aby móc zbierać pyłek, ich główne pożywienie i źródło białka. Jeśli w trakcie sezonu zabraknie wystarczającej ilości kwitnących kwiatów (np. w monokulturach wytwarzających tylko jeden rodzaj kwiatu w okresie szczytowym), pszczoły nie są w stanie wykarmić ani siebie, ani potomstwa. Mogą cierpieć głód na skutek występowania wielu czynników, głównie związanych z rolnictwem przemysłowym. Do jego wystąpienia przyczynia się stosowanie środków chwastobójczych zmniejszających różnorodność dzikiej flory na terenie gospodarstw i wokół nich, ekspansja pól uprawnych prowadząca do niszczenia miedz, skrajów pól, żywopłotów, itd., chroniących różnorodność roślinności wokół gospodarstw. Dodatkowo, zmiany klimatyczne mogą prowadzić do zmian schematu kwitnienia, wpływać na przemieszczanie przestrzenne rośliny będących tradycyjnym źródłem pożywienia dla pszczół na danym obszarze albo powodować „przesunięcie pór roku” (kwitnienie przestaje być zbieżne z wiosennym rozwojem rodzin). (Kremen et al, 2007, Cameron et al, 2011).

Zatrucia:

Wiele kwiatów, terenów gniazdowania, a także całe ekosystemy, w których żyją pszczoły jest często skażonych środkami chemicznymi, głównie pestycydami (wliczając pył unoszący się w wyniku określonych działań w gospodarstwie rolnym). Środki owadobójcze, chwastobójcze i grzybobójcze aplikowane są co prawda na rośliny, ale za pośrednictwem pyłku i nektaru oraz poprzez glebę, wodę i powietrze docierają także do zapylaczy. Pestycydy mogą oddziaływać na pszczoły jako pojedyncze substancje lub w postaci mieszanin różnych związków, w sposób ostry, w krótkim czasie, lub w niskich dawkach, z długofalowym efektem osłabiającym kondycję pszczół i prowadzącym ostatecznie do śmierci (zob. rozdział poniżej).

Czynniki indywidualne wpływające na stan zdrowia pszczelich populacji

Choroby i pasożyty: gatunki inwazyjne

Duża część pszczelarzy zgadza się, że niezwykle poważnym zagrożeniem dla pszczelarstwa w skali globalnej jest inwazja roztoczy *Varroa destructor*. Przypuszcza się, że pochodzi z Azji, jednak obecnie występuje prawie na całym świecie. *Varroa* to niewielkie (wielkości główki od szpilki) pasożytnicze roztocze, odżywiające się hemolimfą pszczół i szybko rozprzestrzeniające się pomiędzy ulami i pasiekami. *Varroa* nie tylko doprowadza do osłabienia kondycji pszczół, ale może także roznosić choroby wirusowe i bakteryjne. Skutki obecności roztoczy są bardzo poważne i przy braku działań kontrolnych (lecznicznych) ze strony pszczelarza prowadzą zwykle do śmierci rodziny pszczelej zaledwie w ciągu trzech lat. (UNEP, 2010).

Uważa się, że *Varroa destructor* i inne patogeny są odpowiedzialne za zimowe ubytki rodzin pszczelich, zwykle jednak przyczyna tego zjawiska jest wieloczynnikowa. Przykładem mogą być badania niemieckie podczas których, stwierdzono kilka powodów zimowych strat tamtejszych rodzin pszczelich. Zaliczono do nich wysoką inwazję roztoczy *V. destructor*, infekcje wirusowe, wiek matek pszczelich oraz osłabienie rodzin w okresie jesiennym (Genersch i in., 2010).

Innym patogenem pszczoły miodnej jest mikrosporydium *Nosema ceranae*. Występuje prawie na całym świecie, jednak najwięcej szkód wyrządza w krajach basenu Morza Śródziemnego - w Hiszpanii i innych krajach Europy Południowej (najnowsze badania, zob. (Higes i in., 2013). W Europie Północnej obserwuje się mniejsze natężenie negatywnych skutków inwazji tego pasożyta. *N. ceranae* jest odpowiedzialna za wzrost śmiertelności pszczół zbieraczek, co z kolei hamuje rozwój rodziny, a przy drastycznym spadku liczebności pszczół może zakończyć się jej nagłym spadkiem. Pomimo ciągłego postępu wiedzy udział *Nosema ceranae* w zwiększonej śmiertelności rodzin pszczelich jest wciąż niejednoznaczny, a powodem tych kontrowersji są prawdopodobnie różnice klimatyczne różnych regionów

geograficznych, warunkujące niejednakowy przebieg choroby w rodzinach pszczelich. (Higes i in., 2013).

Odporność pszczół na choroby i pasożyty wydaje się być uwarunkowana wieloma czynnikami, w szczególności jednak zależy od warunków żywieniowych i narażenia pszczół na oddziaływanie szkodliwych substancji chemicznych.

Stwierdzono na przykład, że równoczesne oddziaływanie imidakloprydu, pestycydu z grupy neonikotynoidów i pasożyta *N. ceranae* powoduje osłabienie pszczół (Alaux et al, 2010). Połączone działanie obydwu czynników skutkowało bowiem wzmożoną śmiertelnością poszczególnych owadów i obniżenia zdolności pszczół do sterylizacji (czyszczenia/odkazywania) rodziny i pożywienia. A zatem, w dłuższym okresie, w efekcie równoczesnego negatywnego oddziaływania obu tych czynników, może dochodzić do zwiększenia wrażliwości rodziny na inne patogeny.

Inne, niedawno przeprowadzone badania wykazały, że wśród pszczół wychowanych w komórkach plastrów zawierających wysoki poziom pozostałości pestycydów, znacznie wyższy odsetek był podatny na rozwój zakażenia *Nosema ceranae* w młodszym wieku, w porównaniu do pszczół wychowywanych w plastrach o niskim skażeniu pestycydami (Wu i in., 2012).

*„Dane sugerują, że ekspozycja stadiów rozwojowych na pestycydy znajdujące się w plastrach z czerwiem zwiększa podatność dorosłych pszczół na rozwój zakażenia *Nosema ceranae*.”*

– Wu i in., 2012

We wnioskach autorzy stwierdzają: „badania wskazują zwiększenie wrażliwości pszczół na zakażenie *N. ceranae*. Może się to wiązać z dodatkowym stresem wywołanym ich rozwojem w komórkach plastrów obciążonych pozostałościami pestycydów i krytycznym wykorzystaniem zasobów energetycznych i enzymów detoksykujących. Choć ilość i rodzaj pozostałości pestycydów w plastrach Y i G jest znana, nie jesteśmy w stanie jednoznacznie wskazać substancji aktywnych, które to powodują. Niemniej skutki interakcji narażenia na pestycydy i zakażenia *N. ceranae* wymagają dalszych badań, uwzględniających w szczególności poziom stężenia pozostałości pestycydów w plastrach z czerwiem”.

W jednym z ostatnio przeprowadzonych eksperymentów wykazano także, że śmiertelność pszczół zakażonych *Nosema ceranae*, narażonych na subletalne dawki pestycydów fipronil i tiaklopryd jest istotnie wyższa, w porównaniu do pszczół niezakażonych. (Vidau i in., 2011).



W świetle tych i innych interakcji widać jasną potrzebę dalszych badań celem oszacowania negatywnego wpływu poszczególnych czynników na zdrowie zapylaczy. Należy pamiętać, że wspomniane badania skupiały się wyłącznie na pszczołach miodnych. Tymczasem inne zapylacze, np. trzmiele, są tak samo wrażliwe na pestycydy i pasożyty (np. Nosema) i podobnie ich liczebność spada (Williams i Osborne, 2009; Alaux i in., 2010; Winfree i in., 2009; Cameron i in., 2011). Istnieje pilna potrzeba prowadzenia dalszych badań oraz bardziej zdecydowanych działań w celu ograniczenia oddziaływania potencjalnie interaktywnych czynników (np. możliwej zwiększonej podatności na choroby przy jednoczesnej ekspozycji na pestycydy), a tym samym ochronę zdrowia zapylaczy w skali globalnej.

Rolnictwo przemysłowe

Obszary rolne, w tym tereny uprawne i pastwiska, zajmują około 35% wolnej od lodu powierzchni Ziemi. Należą do jednego z największych ekosystemów na naszej planecie, skalą dorównując obszarom zajmowanym przez lasy (Foley i in., 2007). Mniej więcej sto lat temu nastąpił zwrot w stronę rolnictwa zindustrializowanego. Industrializacja oznacza zwiększone zużycie nawozów sztucznych, wykorzystanie coraz bardziej toksycznych chemicznych środków ochrony roślin (np. pestycydy i herbicydy), zwiększenie zasięgu upraw monokulturowych i intensywnej ekspansji na nowe obszary. Wszystkie te czynniki razem wzięte decydują o tym, że współczesne rolnictwo wywiera zdecydowanie szkodliwy wpływ na środowisko naturalne (Tilman i in., 2001; Foley i in., 2011; Rockstrom i in., 2009).

Owady zapylające, zarówno dzikie, jak i hodowlane, poddawane są różnorodnym i negatywnym wpływom rolnictwa przemysłowego i niszczenia ich naturalnych siedlisk. W tym drugim przypadku jest to wynik nieuniknionego nakładania się naturalnych granic występowania zapylaczy z obszarami zajmowanymi przez uprawy przemysłowe.

Rolnictwo przemysłowe wpływa na życie pszczoł i innych zapylaczy na różne sposoby, jednak w szczególności:

Intensyfikacja rolnictwa powoduje znikanie i fragmentację cennych naturalnych i półnaturalnych siedlisk zapylaczy, takich jak systemy agroleśne, łąki, nieużywane obszary polne, tereny pokryte krzakami, lasy i żywopłoty. Uważa się, że jest to główny powód giniecia dzikich owadów zapylających, chociaż ma mniejsze znaczenie w przypadku pszczoł miodnych.

Charakterystyczne dla przemysłowego rolnictwa monokultury, a bardziej ogólnie - brak bioróżnorodności na terenach wokół pól uprawnych, ogranicza (w czasie i przestrzeni) ilość pożywienia dostępnego dla zapylaczy. W Wielkiej Brytanii i Holandii (Biesmeijer i in., 2006) udokumentowano równoległe ze spadkiem różnorodności roślinnej na poziomie lokalnym, spadki liczebności pszczoł i innych zapylaczy. Możliwe, że zjawisko to występuje na znacznie większą skalę.

Praktyki takie, jak orka, intensywne praktyki irygacyjne i usuwanie roślinności leśnej niszczą tereny gniazdowania zapylaczy (Kremen i in., 2007).

Aplikowanie na dużą skalę środków chwastobójczych drastycznie obniża różnorodność i liczebność roślin nieuprawnych. W ten sposób ograniczana jest bieżąca dostępność pokarmu dla pszczoł. Chemiczne niszczenie siedlisk poprzez masowe stosowanie środków chwastobójczych może mieć długoterminowe konsekwencje, w szczególności dla rozmieszczenia zapylaczy na terenach rolniczych (UNEP, 2010).

Szeroko rozpowszechnione stosowanie pestycydów, praktyka doskonale znana w obecnych systemach rolnych bazujących na intensywnym wykorzystaniu środków chemicznych, może doprowadzać do śmierci i/lub zmieniać wzorce zachowania pszczoł zbieraczek (kwestia omówiona szczegółowo w następnym rozdziale).

Ustalenie wpływu pestycydów na zdrowie zapylaczy jest o tyle skomplikowane, że zwykle tereny ich intensywnego wykorzystania są tymi samymi miejscami, w których występuje ograniczona dostępność zasobów kwiatowych i ograniczona ilość miejsc gniazdowania (oba czynniki są bardzo ważne dla wielu gatunków dzikich zapylaczy (Kremen i in., 2007). Ustalenie wagi poszczególnych czynników jest bardzo ważnym zadaniem na przyszłość.

Intensyfikacja działalności rolniczej jest skorelowana ze spadkiem liczebności i zróżnicowania dzikich owadów zapylających, a zatem ze spadkiem jakości usług ekosystemu, jakie te owady świadczą na rzecz roślin uprawnych (Kremer i in., 2007). Intensyfikacja tych działań ma najprawdopodobniej także negatywny wpływ na zdrowie i stabilność populacji pszczoł miodnych.

W przeciwieństwie do omówionych powyżej negatywnych efektów, niektóre badania wskazują na pozytywne wpływy rolnictwa na społeczność zapylaczy, np. poprzez zwiększenie zasobów kwiatowych w częściach naturalnych siedlisk (Winfree i in., 2006, w: Kremer i in., 2007). Co jednak istotne, pozytywne efekty zdają się zachodzić na obszarach, gdzie dany typ rolnictwa zwiększa (a nie zmniejsza) zróżnicowanie siedlisk pszczoł (np. małe gospodarstwa rolne, uprawy mieszane, żywoploty, itp.) (Tscharntke i in., 2005, w: Kremer i in., 2007). Wskazuje to na potencjalną korzystną rolę ekologicznych/organicznych systemów rolnych.

Dodatkowo, również sektor rolniczy może ponosić straty w związku z ograniczeniami w procesie zapylania. Obserwacja ta odzwierciedla fakt często trudnego współistnienia rolnictwa przemysłowego i zapylaczy, od których to pierwsze częściowo jest uzależnione.

Zmiany klimatu

Wiele z przewidywanych skutków zmian klimatu, w tym wzrost temperatury, zmiana układu opadów atmosferycznych oraz nieprzewidywalne i gwałtowne zjawiska pogodowe, nie pozostanie bez wpływu na zapylacze. Zmiany te dotkną poszczególne osobniki, a w efekcie całe ich społeczności. Ostatecznie będzie to skutkowało zwiększoną umieralnością poszczególnych gatunków (UNEP, 2010).

Przykładowo, w Polsce udokumentowano zjawisko polegające na tym, że pszczoły miodne reagują na zmiany klimatu poprzez przyspieszenie pierwszego oblotu zimowego (następującego w momencie przebudzenia rodziny po zimie). Jest to element zjawiska znanego ogólnie pod nazwą „przesunięcia pór roku”. W ciągu 25 lat obserwacji data pierwszego zimowego lotu przesunęła się już o ponad 1 miesiąc – przyczyny tego zjawiska doszukuje się we wzroście temperatur (Sparks i in., 2010).

Oprócz wpływu na liczebność gatunków, zmiany klimatu najprawdopodobniej doprowadzą do modyfikacji interakcji pomiędzy zapylaczami a ich źródłami pożywienia (kwitnącymi kwiatami), między innymi poprzez zmiany terminów i schematów kwitnienia. Najnowsze analizy sugerują, że w realistycznym scenariuszu przewidywanych zmian klimatu modyfikujących schematy kwitnienia, niedobór pożywienia odczuje około 17-50% gatunków zapylaczy (Memmott i in., 2007). Autorzy analizy wyciągają wniosek, że skutkiem tej sytuacji będzie prawdopodobne wyginięcie niektórych zapylaczy i roślin, a zatem krytyczne zaburzenie relacji je łączących (Memmott i in., 2007).

Podsumowując, zmiany klimatu, oprócz spodziewanego wpływu na ginięcie gatunków, mogą także prowadzić do „występującego na masową skalę zanikania interakcji odpowiadających za kluczową usługę ekosystemu, jaką jest zapylanie roślin” (Memmott i in., 2007).



Zdjęcie, luty 2013, Szwajcaria:
Aktywiści Greenpeace i lokalni
pszczelarze wręczają przedstawicielom
rządu Szwajcarii petycję wzywającą
do ochrony pszczół i zakazania
stosowania szkodliwych pestycydów.
Pod petycją podpisało się 80 tys. osób.

Środki owadobójcze

Środki owadobójcze to szczególny rodzaj pestycydów przeznaczonych do zwalczania szkodników upraw. Wykorzystuje się je także do usuwania pasożytów występujących u zwierząt hodowlanych oraz szkodników domowych. W odpowiednio dużych dawkach zabijają (efekt letalny) lub odstraszaają szkodniki. Niestety, przy niższych dawkach mogą wywoływać niezamierzony (subletalny) wpływ na owady niedocelowe – włączając w to owady zapylające (Desneux et al, 2007). Ze względu na swoją charakterystykę i funkcję, środki owadobójcze to grupa pestycydów stanowiących najbardziej bezpośrednie zagrożenie dla zapylaczy.

Niezależnie od faktu, że relatywna rola środków owadobójczych w globalnym procesie ginięcia zapylaczy jest słabo opisana, nigdy do tej pory nie dało się zauważyć równie wyraźnie negatywnego wpływu niektórych z nich na zdrowie zapylaczy, zarówno na poziomie osobniczym, jak i całych kolonii (Henry i in., 2012; Whitehorn i in., 2012; Easton i Goulson, 2013; Mullin i in., 2010). Fakt ten jest niewątpliwym, nawet jeżeli większość badań nad oddziaływaniami środków owadobójczych skupia się głównie na dotkliwych efektach występujących przy relatywnie wysokich poziomach ekspozycji. Mniej uchwytne, długoterminowe skutki wystawienia na mniejsze dawki nie zostały dotąd objęte wszechstronną analizą w ramach badania toksyczności. Na dodatek, większość badań skupia się na pszczołach miodnej (oraz w mniejszym stopniu na trzmielach), nie uwzględniając potencjalnego wpływu na wiele innych gatunków dzikich zapylaczy, w oczywisty sposób bardzo istotnych dla zapylania upraw i utrzymania bioróżnorodności (Potts i in., 2010; Brittain i in., 2013a; Easton i Goulson, 2013).

Środki owadobójcze, zarówno w małych, jak i w dużych dawkach, mogą wpływać na zapylaczy nawet, jeżeli nie są skierowane bezpośrednio przeciwko nim. Ten rodzaj

ekspozycji ma miejsce wszędzie i na wielką skalę. Dzieje się tak dlatego, ponieważ:

- 1. W skali globalnej, rolnictwo wykorzystuje obecnie niespotykane nigdy wcześniej w historii ilości pestycydów (Tilman i in., 2001).**
- 2. Pozostałości środków owadobójczych mogą przedostawać się i utrzymywać w wielu lokalizacjach będących miejscem schronienia dla licznych gatunków owadów zapylających, umiejscowionych w pobliżu upraw, na których zastosowano środki ochrony roślin. Pozostałości środków owadobójczych mogą zalegać w glebie, unosić w formie pyłów i przedostawać do powietrza w trakcie wysiewów i oprysków, trafiać do cieków wodnych w pobliżu gospodarstw, mogą wreszcie osadzać się w pyłku i nektarze roślin uprawnych i dziko rosnących (np. chwastów). Pozostałości pestycydów trafiają ostatecznie do wosku w ulach (Mullin et al, 2010).**
- 3. Niektóre środki owadobójcze wykazują działanie systemiczne, tzn. nie pozostają na zewnątrz rośliny, ale wnikają do jej układu naczyniowego. Na przykład, niektóre systemiczne neonicotynoidy są wykorzystywane do zaprawiania nasion, aby zapewnić roślinom ochronę od momentu wysiania. W momencie zakiełkowania i późniejszego wzrostu neonicotynoidy są rozprowadzane w łodygach i liściach rośliny, a także mogą przedostać się do kropelek wody wydzielanych w procesie gutacji (krople wody pojawiające się na czubkach młodych liści sadzonek). Pszczoły często piją z tych kropeł, a zatem narażają się na oddziaływanie toksycznych środków chemicznych (Girolami et al, 2009). Dodatkowo, gdy rośliny wyhodowane z nasion pokrytych neonicotynoidami zaczynają wytwarzać kwiaty, pozostałości środków chemicznych trafiają również do pyłku i nektaru roślinnego. Pszczoły żywiące się na takich kwiatkach są więc ponownie narażone na oddziaływanie środków chemicznych. Coraz powszechniejsze stosowanie neonicotynoidów oznacza większe narażenie owadów zapylających na negatywne oddziaływanie tych**

substancji w długim okresie. Na przestrzeni czasu systemiczne środki owadobójcze osadzają się bowiem w różnych częściach rośliny wyhodowanej z nasion zaprawianych neonikotynoidami, a potem przedostają się do wytwarzanego przez nią w okresie kwitnienia płynu gutacyjnego, pyłku i nektaru (Ellis, 2010).

Skutki oddziaływania środków owadobójczych na zapylacze mogą mieć charakter ostry (letalny) lub chroniczny (subletalny). W pierwszym przypadku skutki są szybko widoczne i powodują śmierć. W drugim przypadku skutki nie oznaczają natychmiastowej śmierci populacji, ale w długim okresie mogą wywoływać mniej zauważalne efekty fizjologiczne i behawioralne, na przykład poprzez pogarszanie zdolności uczenia się, zmianę zachowania lub innych cech neurofizjologicznych.

W przeszłości największą uwagę skupiano na ostrym wpływie środków chemicznych na pszczoły miodne, zanedbywano tymczasem skutki subletalne, które także mogą wpływać na zdrowie zapylaczy i przyczyniać się do spadku produkcji rolnej. Kwestie te były bardzo słabo udokumentowane oraz nie w pełni zrozumiałe. Mimo to, istnieje wiele dobrze udokumentowanych przykładów efektów subletalnych (Desneux i in., 2007). Uwzględniając indywidualną charakterystykę, zaobserwowane skutki można ogólnie podzielić na cztery kategorie:

1. Zmiany fizjologiczne, występujące na różnych poziomach, mierzone między innymi szybkością rozwoju (tj. czasem potrzebnym do osiągnięcia dorosłości) i ilością wad rozwojowych (tj. w komórkach wewnątrz ula).

2. Zakłócenia wzorców zachowania pszczół zbieraczek, na przykład poprzez wyraźny wpływ na zdolności nawigacyjne i procesy uczenia się.

3. Zakłócenie procesów odżywiania poprzez oddziaływanie odstraszające, blokujące normalne procesy odżywiania lub powodujące spadek zdolności węchowych.

4. Wpływ neurotoksycznych pestycydów na procesy uczenia się owadów (tj. na rozpoznawanie kwiatów i gniazda, na orientację przestrzenną). Bardzo istotny, szeroko zbadany i stwierdzony w przypadku pszczoły miodnej.

Przykłady efektów subletalnych

Efekty fizjologiczne i rozwojowe:

Analizy laboratoryjne wykazały, że pyretroid o nazwie deltametryna zakłóca wiele funkcji komórkowych pszczół

miodnych, na przykład powoduje zauważalne dysfunkcje komórek sercowych skutkujące zmianą częstotliwości i szybkości skurczów serca. Oprócz tego, w połączeniu z prochlorazem, negatywnie wpływa na termoregulację i wywołuje hipotermię u pszczół, przy czym efekt ten nie został zaobserwowany w przypadku stosowania wyłącznie deltametryny (Desneux et al, 2007).

- U zafrykanizowanej pszczoły miodnej poddanej wpływowi subletalnych stężeń tiametoksamu pogarsza się praca mózgu i jelita środkowego, skraca się także czas życia owadów (Oliveira i in., 2013).
- Nawet bardzo niskie dawki imidaklopyrydu zakłócają rozwój kolonii trzmieli, szczególnie negatywnie oddziałując na matki trzmieli (Whitehorn i in., 2012). Rozwój trzmieli żywiących się pożywieniem skażonym nawet najmniejszą ilością imidaklopyrydu jest zakłócony, przez co w efekcie ich kolonie są mniejsze (o około 8-12%). Co ważne, przekłada się to na nieproporcjonalnie duży spadek ilości matek w kolonii - jedna lub dwie w porównaniu do 14 w koloniach wolnych od pestycydów. Matki mają fundamentalne znaczenie dla przetrwania kolonii - jako jedyne przeżywają zimę i zakładają gniazdo następnej wiosny (Whitehorn i in., 2012).
- Opublikowane niedawno wyniki badań laboratoryjnych (Hatjina i in. 2013) pokazują, że ekspozycja na subletalne dawki imidaklopyrydu skutkuje widocznymi zmianami wzorca oddychania u pszczół oraz niedorozwojem gruczołów gardzielowych. Badacze doszli do wniosku, że analiza skutków wystawienia pszczół na działanie imidaklopyrydu powinna także obejmować ocenę przebiegu procesów fizjologicznych mających istotne znaczenie dla funkcjonowania indywidualnych owadów jak i całej rodziny.

Mobilność:

Obserwacje laboratoryjne wykazały, małe dawki należącego do grupy neonikotynoidów imidaklopyrydu mają negatywny wpływ na mobilność pszczół miodnych. Siła oddziaływania zależy od wielkości dawki i zmienia się w czasie (Suchail i in., 2001; Lambin i in., 2001). Oznacza to, że dla wykrycia niektórych, bardziej ukrytych, efektów oddziaływania środków owadobójczych, kluczowe znaczenie ma czas obserwacji.

W innym eksperymencie laboratoryjnym wykazano, że subletalne dawki imidaklopyrydu powodują poważny spadek mobilności. Pszczoły poddane oddziaływaniu tej substancji były mniej aktywne, choć efekt był przejściowy. Pszczoły wykazywały także utratę zdolności komunikacyjnych, co może mieć bardzo destrukcyjny

wpływ na ich zachowania społeczne (Mędrzycki i in., 2003).

Nawigacja i orientacja

W przypadku niektórych zapylaczy istotne znaczenie dla orientacji przestrzennej ma zdolność wizualnego uczenia się znaków rozpoznawczych występujących w terenie. Pszczoły miodne na przykład wykorzystują takie znaki do odszukiwania źródeł pożywienia i do precyzyjnego przekazywania reszcie rodziny informacji o odległości i kierunku, w jakim się one znajdują. Pesticydki mogą osłabiać zarówno zdolność uczenia się wizualnych znaków napotykanych podczas lotów w poszukiwaniu pokarmu, jak również zdolność zwrotnego komunikowania tej informacji do ula.

- Wykazano, że należąca do grupy pyretroidów deltametryna zastosowana miejscowo i w dawkach subletalnych zmienia zachowania pszczół zbieraczek związane z powrotem do ula - odnotowuje się zmniejszoną liczbę lotów powrotnych pszczół zbieraczek poddanych działaniu tej substancji (Vandame i in., 1995). Niedawno przeprowadzone, bardzo złożone badanie wykonane na pszczołach miodnych w warunkach półnaturalnych wykazało, że te z nich, które żywiły się pyłkiem lub nektarem skażonym tiametoksamem (neonikotynoid), nawet w bardzo małych dawkach, gubiły się w drodze powrotnej do ula. Z tego powodu dwukrotnie zwiększało się prawdopodobieństwo ich śmierci w ciągu dnia. W rezultacie tego zjawiska kolonia ulega osłabieniu i zwiększa się ryzyko jej załamania (Henry i in., 2012).
- Wykazano, że pszczoły zbieraczki poddane ekspozycji na niewielkie stężenia imidaklopridu gubią drogę powrotną do ula. Poddanie działaniu subletalnej dawki pestycydu skutkowało dłuższymi niż przeciętne lotami w poszukiwaniu pożywienia i spadkiem liczebności pszczół (Yangi in., 2008).
- Ekspozycja na imidaklopryd (neonikotynoid) lub na deltametrynę (pyretroid) powodowała spadek liczby lotów wykonywanych przez pszczoły zbieraczki w poszukiwaniu pożywienia o 20-60%. Deltametryna obniżała także zdolność uczenia się pszczół (Ramirez-Romero i in., 2005).

Odżywianie

"W przypadku pszczół miodnych zaburzenie ich behawioru żywieniowego może prowadzić do drastycznego spadku liczebności populacji rodziny. W większości wielkoobszarowych gospodarstw rolnych, na

których źródła roślin pokarmowych (pożytkowych) pszczół ograniczone zostały wyłącznie do roślin uprawnych, odstraszący wpływ pestycydów może zredukować spożycie pyłku i nektaru. Potencjalnie może to prowadzić do obniżenia populacji kolonii"

– Desneux i in., 2007

Pyretroidy są prawdopodobnie najlepiej poznanymi środkami owadobójczymi działającymi odstrasząco na zapylacze. W wielu przypadkach unikanie pestycydów przez zapylacze było uważane za formę adaptacji skutkującej zmniejszonym ryzykiem ekspozycji (Desneux i in., 2007). Jednakże następne badania wykazały, że zastosowanie pyretroidów w szczytowych godzinach aktywności lotnej pszczół (w środku dnia) skutkuje wysokimi poziomami ekspozycji (zob. dyskusja w: Desneux i in., 2007).

"Efektu odstraszącego nie należy zatem mylnie interpretować jako zabezpieczenia przed ekspozycją na pestycydy."

(Desneux i in., 2007).

Ekspozycja na pestycydy może obniżyć zdolność pszczół do wykrywania źródeł pożywienia. Na przykład fipronil stosowany na pszczoły miodne miejscowo, w niskich dawkach, zmniejszał o około 40% ich zdolność do wyczuwania niskich stężeń sacharozy w porównaniu z pszczołami, które nie zostały poddane działaniu tego środka (El Hassani i in., 2005).

Imidaklopryd działa odstrasząco na niektóre zapylacze (muchy i żuki zapylające). Ich ekspozycja na tę substancję jest w związku z działaniem odstraszącym mniejsza, jednak może zaowocować zagłodzeniem z powodu braku pożywienia, jeżeli jedynym jego źródłem w regionach rolniczych są uprawy spryskane imidakloprydem. Dodatkowo, unikanie przez owady kwiatów roślin spryskanych imidakloprydem może negatywnie wpływać na wielkość zbiorów, w zależności od siły reakcji i liczebności populacji zapylaczy (Easton i Goulson, 2013).

Skuteczność uczenia się

Wpływ pestycydów na procesy uczenia się pszczół miodnych był przedmiotem kilku badań naukowych przeprowadzonych na ich społecznościach. Po pierwsze dlatego, że skuteczność procesu uczenia się wpływa u nich na efektywność zbierania pokarmu, a po drugie system, w którym żyją, jest przez nas relatywnie dobrze poznany (Desneux i in., 2007). Pamięć i proces uczenia węchowego u pszczół miodnych są kluczowe dla ich strategii odżywiania i skuteczności poszukiwania pożywienia, zarówno na poziomie osobniczym, jak

i na poziomie całej rodziny. Długookresowa ekspozycja na niskie stężenia pestycydów może wywierać krytyczny wpływ na zdrowie całej kolonii pszczoł miodnych.

W warunkach laboratoryjnych tiametoksam oraz fipronil, aplikowane w dawkach subletalnych, obniżały pamięć węchową pszczoł miodnych - nie były one w stanie rozróżnić woni znanej od nieznannej. Pszczoły poddane oddziaływaniu fipronilu wykazywały także przez znaczną część okresu badania zmniejszoną mobilność (Aliouane i in., 2009).

W testach biologicznych z użyciem różnych pestycydów pszczoły miodne, którym zaaplikowano doustną dawkę imidaklopyrydu, fipronilu, deltametryny i endosulfanu, wykazywały zmniejszone zdolności uczenia się przez dłuższy okres (Decourtye i in., 2004; Decourtye i in., 2003; Decourtye i in., 2005). Ekspozycja pszczoł miodnych na niskie dawki imidaklopyrydu wydaje się pogarszać ich pamięć węchową przez nieco krótszy czas. (Decourtye i in., 2004). Wciąż niepoznane są konsekwencje chronicznego oddziaływania tych substancji na zachowanie pszczoł zbieraczek. (Desneux i in., 2007).

Subletalny wpływ pestycydów na inne społeczności zapylaczy

Subletalny wpływ pestycydów oddziałuje na wiele funkcji decydujących o zdrowiu pszczoł miodnych i trzmieli (funkcje zbierania pożywienia, plenności i mobilności). Możliwe, że taki sam wpływ odczuwają także inne zapylacze. Subletalne wpływy na ekologię społeczności wielu z nich są bardzo słabo zbadane (Desneux i in., 2007). Co więcej, większość przykładów oddziaływania środków owadobójczych na zapylacze dotyczy poziomu całych gatunków. Niewiele jest informacji na temat wpływu na dzikie owady zapylające na poziomie danej społeczności.

Pszczoły miodne służą często jako organizmy modelowe do badania subletalnych skutków oddziaływania pestycydów na społeczności zapylaczy, uważa się jednak, że badania na pszczołach niedokładnie odzwierciedlają wpływ na pozostałe zapylacze, w tym na inne gatunki pszczoł. Pszczoły to bardzo zróżnicowana grupa owadów, charakteryzująca się dużymi różnicami pod względem wrażliwości na oddziaływanie pestycydów.

“W przypadku pszczoł miodnych pestycydy zagrażają organizacji społecznej (rezultatem ekspozycji jest zmniejszenie ilości zbieranego pożywienia lub zmniejszenie populacji robotnic/potomstwa), jednak ewentualne negatywne skutki mogą ulec skompensowaniu, ponieważ matka nie bierze udziału w zbieraniu pożywienia i prawdopodobnie z tego powodu jest mniej narażona na oddziaływanie pestycydów, niż pszczoły robotnice. W przypadku innych społecznych zapylaczy (np. trzmieli), aby móc założyć kolonię na wiosnę, matka musi zebrać pożywienie. W takim przypadku potencjalne negatywne skutki stosowania pestycydów mogą istotnie utrudnić założenie kolonii. Podsumowując, żyjące w społecznościach zapylacze które nie posiadają stałej kolonii oraz zapylacze które nie żyją w społecznościach są bardziej narażone na negatywne oddziaływanie pestycydów.”

(Desneux i in., 2007).

Co więcej, zapylacze charakteryzujące się określonymi specyficznymi cechami mogą wykazywać większą wrażliwość na oddziaływanie pestycydów. Na przykład, owady z rodziny bzygowatych żywiące się mszycą, składają jaja wśród roślin uprawnych, potencjalnie narażając swoje potomstwo na oddziaływanie środków owadobójczych (Brittany and Potts, 2011). W wyniku oddziaływania środka owadobójczego może ulec zmianie skorelowane ryzyko specyficzne dla danej cechy lub zwyczajów zapylacza. To z kolei może doprowadzić do zmiany składu społeczności, a w dalszej kolejności do zmian w składzie flory (Brittany and Potts, 2011). Tego rodzaju potencjalne skutki stanowią ostrzeżenie, że pestycydy szkodzące pszczołom mogą wywoływać nieoczekiwane szkody u innych zapylaczy, oraz przypomnienie, że, stosując zasadę ostrożności, chronić należy wszystkie zapylacze, zarówno te żyjące dziko, jak i hodowlane. Jeżeli proponowane ograniczenia stosowania pestycydów szkodzących pszczołom zostaną wdrożone wyłącznie w odniesieniu do roślin uprawnych atrakcyjnych dla pszczoł miodnych, reszta owadów zapylających prawdopodobnie nadal będzie zagrożona.

Ekspozycja na pozostałości większej liczby pestycydów i efekty synergiczne

Na obszarach zajętych pod rolnictwo przemysłowe wysokie zagrożenie dla zapylaczy mogą stwarzać mieszaniny różnych środków agrochemicznych: owadobójczych, chwastobójczych, grzybobójczych i innych.

Stosowanie preparatów chwastobójczych powoduje zmniejszenie zasobów pokarmowych. Ograniczenie

roślinnej bazy pokarmowej dla pszczoł i innych zapylaczy szczególnie często ma miejsce na wielkoobszarowych uprawach monokulturowych, charakterystycznych dla rolnictwa przemysłowego (Brittany i Potts, 2011). Rozmiar ciała zapylaczy może determinować całościowy wpływ pestycydów na owady - im mniejszy owad, tym większe zagrożenie. Większe pszczoły będą w stanie wykonać dłuższe loty w poszukiwaniu pożywienia, mniejsze będą głodować (Brittany i Potts, 2011).

„Ustalono także, że środki chwastobójcze zwiększają toksyczność wielu środków owadobójczych przeciwko muchom i myszom, zjawisko to nie zostało jednak udokumentowane w przypadku pszczoł. Subletalny wpływ środka owadobójczego zmniejszający efektywność odnajdywania pożywienia u pszczoł mógłby mieć znacznie poważniejsze konsekwencje, gdyby pszczoły były narażone na jego oddziaływanie w sytuacji spadku zasobów pożywienia spowodowanego stosowaniem środków chwastobójczych”

(Brittany i Potts 2011).

W okresie kwitnienia, gdy pszczoły zbierają pożywienie, wiele roślin uprawnych przez nie zapylanych, poddawanych jest rutynowym opryskom środkami grzybobójczymi. Dzieje się tak, ponieważ środki grzybobójcze uznaje się za mniej szkodliwe dla pszczoł przez co nie nałożono poważnych ograniczeń na ich stosowanie. Jednakże niektóre z nich, w stężeniach zalecanych do ochrony roślin w warunkach polowych, wykazują bezpośrednią toksyczność w stosunku do pszczoł miodnych i samotnic (Mullin i in., 2010). Martwi także fakt, że niektóre środki grzybobójcze zwiększają toksyczność oddziaływania pyretroidowych środków owadobójczych na pszczoły miodne (Brittany i Potts, 2011).

Kilka badań wskazuje na możliwość synergistycznych interakcji pestycydów i środków grzybobójczych. Inhibitor biosyntezy ergosterolu (IBE) reaguje synergistycznie z pyretroidami (Nørgaard i Cedergreen, 2010). Ekspozycja na deltametrynę w kombinacji ze środkami grzybobójczymi prochlorazem lub difenokonazolem wywołuje hipotermię u pszczoł miodnych, przy czym ma to miejsce w dawkach, które nie wywołują istotnego wpływu na termoregulację w przypadku indywidualnego użycia tych substancji (Vandame i in., 1998). Inne badanie wykazało, że powszechnie stosowany neonikotynoid tiaklopyrd staje się o dwa rzędy wielkości bardziej toksyczny dla pszczoł miodnych w przypadku połączenia jego oddziaływania ze środkiem grzybobójczym propikonazolem, a około trzy rzędy wielkości bardziej

toksyczny w przypadku połączenia z triflumizolem (Iwasa i in., 2004).

W raporcie pomocniczym przygotowanym pod koniec roku 2012 dla Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności znajdziemy następujące stwierdzenie: „Istnieją doniesienia o istotnej synergii pomiędzy środkami grzybobójczymi IBE, a środkami owadobójczymi opartymi na neonikotynoidach i na pyretroidach, jednakże w niektórych przypadkach, gdy odnotowywano zaistnienie istotnego efektu synergicznego, dawki środków grzybobójczych istotnie przekraczały dawki określone w rozdziale raportu omawiającego tematykę ekspozycji. W warunkach laboratoryjnych większe natężenie efektu synergicznego obserwuje się pomiędzy środkami grzybobójczymi IBE (w stężeniach zalecanych do ochrony roślin w warunkach polowych a pyretroidami stosowanymi jako środek przeciwko warzocie (flumetrin i fluwalinat) oraz pomiędzy kumafosem i fluwalinatomowymi środkami przeciwko warzocie” (Thompson, 2012).

Implikacje wynikające z badań nad interakcjami środków grzybobójczych z innymi środkami owadobójczymi nie są niestety przanalizowane w stopniu zadowalającym, nawet pomimo potencjalnej wagi tych ustaleń (Mullin i in., 2010).

Oprócz interakcji z różnymi pestycydami, środki owadobójcze wchodzi w interakcje z innymi stresogennymi czynnikami, takimi jak choćby pasożyty (Alaux i in., 2010, Wu i in., 2012). Na przykład, „śmiertelność pszczoł miodnych w wyniku oddziaływania środka owadobójczego imidaklopyrydu (z grupy neonikotynoidów) jest większa u pszczoł zakażonych pasożytem Nosema. Synergistyczna interakcja pomiędzy tymi dwoma czynnikami redukuje aktywność enzymów odpowiedzialnych za sterylizację pożywienia przeznaczonego dla kolonii” (Alaux i in., 2010; Brittany i Potts, 2011).

„Zapylacze w coraz większym stopniu są narażone na oddziaływanie mieszanki różnych pestycydów. Na przykład, w pojedynczej próbie pyłku pochodzącego z rodziny pszczoł miodnych wykryto do 17 różnych pestycydów (Frazier i in., 2008); nie wiemy, jakie są konsekwencje tego zjawiska dla zdrowia pszczoł i usług zapylania. Uwzględniając prognozy dalszego zwiększania globalnej produkcji pestycydów (Tilman i in., 2001) oraz upraw roślin zależnych od zapylaczy (Aizen i in., 2008), waga problemu najprawdopodobniej będzie narastać w przyszłości. Już teraz istnieje poważna trudność w wyodrębnieniu wpływu środków owadobójczych z grupy innych wpływów wywołanych procesem intensyfikacji produkcji rolnej. Kwestię jeszcze bardziej zaciemnia skumulowany

i synergistyczny efekt jednoczesnego stosowania wielu różnych środków owadobójczych.”

(Brittany i Potts 2011).

Obecność pozostałości pestycydów w ulach pszczelich

Badania pozostałości pestycydów w pyłku, wosku i pszczołach (metodą pobierania próbek z rodzin pszczelich), o najszerzym jak dotychczas zasięgu przeprowadzono w Ameryce Północnej. Stwierdzono, iż pszczoły są stale narażone na oddziaływanie wielu różnych pestycydów (Mullin i in., 2010). Autorzy badania wykryli bowiem „bezprecedensowy poziom skażenia rodzin pszczelich substancjami rozpuszczalnymi i pestycydami w całym Stanach Zjednoczonych i w jednej z prowincji kanadyjskich”.

Badanie jasno pokazuje, że pyłek zbierany przez pszczoły może zawierać pozostałości różnych pestycydów w wysokich stężeniach, w tym istotne ilości środków owadobójczych (aldikarb, karbaryl, chloropiryfos i imidaklopyryd), środków grzybobójczych (boskalid, kaptan, myklobutanil i tanil) oraz środka chwastobójczego (pendimetalin). Stwierdzono także obecność wysokich stężeń fluwalinatu i kumafosu. Dwie ostatnie, to substancje często stosowane przez pszczelarzy do zwalczania inwazji *Varroa destructor*.

Pyłek jest głównym źródłem białka dla pszczoł miodnych, jest zatem czynnikiem decydującym o odżywianiu pszczoł i zdrowiu całej pszczelej rodziny. Zaistnienie interakcji pomiędzy różnymi pestycydami wydaje się zupełnie realne, gdy weźmiemy pod uwagę, że w środowisku życia pszczoł występują pozostałości tak wielu z nich. W pyłku stwierdzono obecność 10 pestycydów w ilości przekraczającej jedną dziesiątą poziomu LD50 dla pojedynczej pszczoły, co oznacza, że może mieć miejsce subletalne oddziaływanie tych toksycznych substancji (Mullin i in., 2010). Podsumowując, „Konieczność zapewnienia sobie przetrwania w oparciu o pyłek zawierający pozostałości średnio siedmiu różnych pestycydów, musi pociągać za sobą negatywne konsekwencje” (Mullin et al, 2010).

Obok środków owadobójczych, drugą największą grupą pestycydów odnajdowanych w pyłku są środki grzybobójcze. Autorzy zwrócili uwagę na korelację pomiędzy obecnością niektórych fungicydów, a złym stanem zdrowia pszczoł w ulu (Mullin i in., 2010). Jak wyjaśniono powyżej, fungicydy mogą zaostreżać szkodliwe skutki oddziaływania niektórych środków owadobójczych na pszczoły miodne.

W badaniu stwierdzono, że wysokotoksyczne pyretroidy, w tym deltametryna i bifentryna, były najczęściej występującą i dominującą klasą insektycydów w Ameryce Północnej. Ich stężenia były wystarczające, aby okazały się śmiertelne dla pszczoł miodnych w określonych warunkach. Co więcej, pyretroidy są często stosowane przez rolników w połączeniu z fungicydami, wykazano zaś, że niektóre z nich zwiększają toksyczność dla pszczoł niektórych pyretroidów.

„Jest bardzo prawdopodobne, że potencjalne występowanie interakcji pomiędzy różnymi pyretroidami i fungicydami będzie wpływać na zdrowie pszczoł. Określenia wymagają jednakże dokładne sposoby tego oddziaływania.”

– Mullin et al, 2010

W pyłku i wosku często znajdowano resztki neonikotynoidów, przy czym były to stężenia zwykle niższe niż stężenie pyretroidów. Jedna próbka pyłku zawierała wyjątkowo dużą ilość imidaklopyrydu. Potencjał neonikotynoidów do wchodzenia w interakcję z innymi pestycydami jest słabo zbadany (Mullin i in., 2010).

Autorzy wieńczą swój raport następującą konkluzją: „Zjawisko powszechnej i jednoczesnej obecności pozostałości wielu różnych pestycydów, szczególnie, w sytuacji, gdy niektóre z nich występują w toksycznych stężeniach, przy jednoczesnym niedostatku literatury naukowej na temat biologicznych konsekwencji oddziaływania mieszanek pestycydów stanowi bardzo silny argument za wprowadzeniem przepisów regulacyjnych w zakresie rejestracji i monitorowania środków ochrony roślin szkodzących bezpieczeństwu zapylaczy. Zaistniała sytuacja wymaga także dodatkowych nakładów finansowych na badania pomagające załatać tysiące dziur w naszej wiedzy naukowej na temat szkodliwych konsekwencji oddziaływań pestycydów na zapylacze. Ograniczenie walki z toksycznymi skutkami oddziaływania pestycydów na życie pszczoł jedynie do zamieszczania informacji ostrzegawczej na etykietach produktów, a także brak należytej oceny systemowych skutków oddziaływania pestycydów na pszczoły, mogą przyczynić się do zakrojonego na szeroką skalę procesu zanieczyszczenia pyłków kwiatowych, podstawowego źródła pożywienia większości zapylaczy. Czy 14 mld USD wkładu, jakie wnoszą zapylacze do naszego systemu żywnościowego, naprawdę nie jest warte działania?” (Mullin i in., 2010).

Także w Europie badania materiału zgromadzonego w ulach wykazały obecność pozostałości pestycydów.

Na przykład w pasiekach w Hiszpanii, w pierzdze pszczelej znaleziono osady akarycydów (środków do zwalczania roztoczy) i pestycydów wykorzystywanych w rolnictwie, w tym środków owadobójczych charakteryzujących się subletalną toksycznością dla pszczół (cypermetryna, deltametryna i chloropiryfos). Ilości akarycydów były przy tym znacznie wyższe, niż pestycydów (Orantes-Bermejo i in., 2010). W Słowenii w pierzdze wytworzonej przez rodziny pszczół miodnych żyjących w sadach jabłoniowych w których stosowano środki owadobójcze stwierdzono obecność pozostałości tych środków nawet do 16 dni po ich użyciu. W pyłku zgromadzonym przez te same rodziny stwierdzano pozostałości takloprydu (do 6 dni po aplikacji) i diazinonu (do 10 dni po aplikacji) (Škerl i in., 2009).

Zestawienie pestycydów szkodliwych dla pszczół: siedem podstawowych środków chemicznych zagrażających pszczołom

Bazując na dostępnych informacjach na temat stosowania pestycydów w Europie oraz ich wpływu na pszczoły i inne zapylacze, Greenpeace stworzył listę siedmiu pestycydów szkodliwych dla pszczół, które muszą zostać wyeliminowane ze środowiska w celu zapobieżenia ostrym zatruciom z efektem letalnym oraz ochrony zapylaczy przed wszelkimi potencjalnymi oddziaływaniami subletalnymi. To siedem najbardziej szkodliwych owadobójczych środków chemicznych. Ich użycie powinno być ograniczone i a one same wyeliminowane ze środowiska w celu zahamowania ich negatywnego oddziaływania na pszczoły i inne dzikie owady zapylające. Na liście tej znajdują się: imidaklopyrd, tiametoksam, klotianidyna, fipronil, chloropiryfos, cypermetryna i deltametryna. Tabela 1 zawiera zestawienie podstawowych informacji na temat każdego z tych środków, a także odnośniki dokumentujące potencjalne szkody i zawierające uzasadnienie stosowania zasady ostrożności w celu ich wyeliminowania ze środowiska.

4 <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/130116.htm>

Pestycydy z grupy neonikotynoidów

W ciągu ostatnich kilku dekad neonikotynoidy stały się jednymi z najczęściej stosowanych środków owadobójczych.

Wyróżniamy dwie podklasy neonikotynoidów: nitroguanidyny i cyjanoamidyny. Nitroguanidyny, w tym imidaklopyrd, klotianidyna, tiametoksam i dinotefuran, wykazują silnie toksyczne oddziaływanie na pszczoły miodne; ich toksyczność jest bardzo wysoka przy spożyciu doustnym: 4-5 ng/pszczołę. Cyjanoamidyny, w tym acetamiprid i tiaklopyrd, są w niewielkim stopniu szkodliwe dla pszczół miodnych.

Jak mówią producenci środków owadobójczych, neonikotynoidy są „najszybciej rozwijającą się klasą środków chemicznych, znajdującą szerokie zastosowanie w zwalczaniu wielu szkodników ssących i niektórych szkodników gryzących” (Jeschke i in., 2010).

Wraz ze wzrostem skali stosowania neonikotynoidów, narastają obawy co do ich potencjalnego oddziaływania na zapylacze, w szczególności na pszczoły miodne i trzmiele (opublikowano wiele prac naukowych na ten temat, łącznie z raportem UNEP, a ostatnio także i Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Niestety politycy bardzo wolno reagują na te problemy. Jedynie w kilku krajach, w tym we Francji i we Włoszech, podjęto pierwsze kroki w kierunku zwiększenia restrykcji odnośnie ich stosowania. Jednak nawet te podjęte już kroki nie w pełni zabezpieczają dobrostan zapylaczy.

W ostatnim czasie EFSA wyraziła obawy co do ryzyka związanego z niektórymi zastosowaniami trzech neonikotynoidów (klotianidyny, imidaklopyrdy i tiametoksamu) oraz zażądała od Komisji Europejskiej rozważenia wprowadzenia zmian w regulacjach dotyczących tych substancji. Sprzeciw niektórych państw członkowskich oraz silne lobby korporacji agrochemicznych spowalniają jednak wszelkie próby zmian w obecnie obowiązujących przepisach dotyczących autoryzacji tych środków. Trzy wymienione wyżej neonikotynoidy należą do najlepiej sprzedających się środków owadobójczych na świecie (stanowią 85% rynku neonikotynoidowych środków owadobójczych, wartego 2,236 mld USD w 2009 r.) (Jeschke i in., 2010). Najlepiej sprzedającym się pestycydem jest imidaklopyrd, którego wartość sprzedaży w 2009 r. wyniosła 1,091 mld USD (Jeschke i in., 2010).

Zdaniem Greenpeace, zidentyfikowane problemy związane ze stosowaniem tych substancji są wystarczająco przekonujące, aby całkowicie zawiesić stosowanie wielu pestycydów szkodliwych dla pszczół, w tym neonikotynoidów. To ograniczenie nie może, samo w sobie, zapewnić bezpieczeństwa wszystkich zapylaczy. Jak zauważają autorzy najnowszego badania analizującego oddziaływanie imidaklopyrdy na inne zapylacze, takie jak muchy i żuki: „w rzeczywistości nie wiemy prawie nic o oddziaływaniu pestycydów opartych na neonikotynoidach na zachowania owadów niedocelowych innych niż pszczoły. Uderzające, w jak niewielkim stopniu rozumiemy toksykologię tak szeroko stosowanej klasy środków owadobójczych” (Easton i Goulson, 2013).



Co możemy zrobić, aby ochronić pszczoły i inne owady zapylające

Zagrożenia dla dzikich zapylaczy i pszczół miodnych są realne, poważne i bardzo złożone. Stawienie im czoła w sposób kompleksowy to ogromne i bezwzględnie konieczne wyzwanie. Nie ma wątpliwości, że krokiem we właściwym kierunku będzie rozwiązanie problemu oddziaływania współczesnego rolnictwa opartego na intensywnym wykorzystaniu środków chemicznych, jednego z głównych czynników zagrażających zapylaczom.

Każdy krok na drodze przekształcania obecnego, skrajnie destrukcyjnego systemu rolnictwa, w system rolnictwa ekologicznego, przyniesie oczywiste efekty nie tylko w dziedzinie ochrony zdrowia owadów zapylających, ale również przełoży się na korzystny efekt dla wielu innych aspektów ochrony środowiska i naszego bezpieczeństwa żywnościowego.

Wyzwanie przekształcenia obecnego systemu w taki, który chroniąc środowisko naturalne, jednocześnie zaspokoi globalne potrzeby żywnościowe jest onieśmielającym zadaniem: udana realizacja tej długoterminowej wizji wymagać determinacji i konsekwencji w działaniu. Jednym z etapów na tej drodze jest zapewnienie ochrony zapylaczom poprzez eliminację ze środowiska pestycydów potencjalnie szkodzących pszczołom. Osiągnięcie tego celu będzie miało zarówno bezpośredni, jak i pośredni wpływ na kluczowe komponenty naturalnych i sztucznych ekosystemów.

Istnieje kilka rozwiązań, na których możemy już dziś skoncentrować się, aby w krótkim i średnioterminowym okresie przyczynić się do polepszenia kondycji owadów zapylających. Korzyści z takich działań byłyby widoczne praktycznie natychmiast. Mając na uwadze naukowe analizy globalnego stanu zdrowia zapylaczy, Greenpeace jest zdania, że wyeliminowanie ryzyka związanego ze stosowaniem pestycydów mogących zagrażać pszczołom dziko żyjącym i miodnym nie tylko ochroniłoby życie samych pszczół, ale także zabezpieczyłoby korzyści ekologiczne i finansowe płynące z procesu naturalnego zapylania roślin.

Przykłady naukowo uzasadnionych krótko i średnioterminowych działań umożliwiających odwrócenie globalnego procesu ginięcia zapylaczy można podzielić na dwie podstawowe kategorie:

- 1) unikanie szkodliwego oddziaływania na owady zapylające (np. poprzez wyeliminowanie ekspozycji na potencjalnie szkodliwe substancje),**
- 2) działania na rzecz promocji zdrowia zapylaczy (np. poprzez zmianę praktyk stosowanych w istniejących agroekosystemach).**

Ochrona owadów zapylających poprzez wyeliminowanie stosowania i ekspozycji na pestycydy potencjalnie szkodliwe dla pszczół

We wcześniejszych rozdziałach naszego raportu omówiliśmy obecny stan wiedzy na temat najważniejszych zagrożeń związanych ze stosowaniem niektórych pestycydów szkodliwych dla pszczół. Przedstawione doniesienia naukowe mówią w sposób

jasny i jednoznaczny - potencjalne szkody wywołane stosowaniem tych pestycydów zdecydowanie przewyższają wszelkie zakładane korzyści wynikające ze zwiększonego plonowania osiągniętego dzięki roli, jaką odgrywają one w ochronie przed szkodnikami. W rzeczy samej, te zakładane korzyści są prawdopodobnie całkowicie iluzoryczne. Ryzyko związane ze stosowaniem niektórych z wymienionych pestycydów (w szczególności z trzema substancjami z rodziny neonikotynoidów⁵) zostało potwierdzone przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności. Jednocześnie powszechnie uznaje się, że ekonomiczna wartość zapylania upraw przez owady zapylające jest ogromna.

Coraz szersze, szczególnie w Europie⁶, upowszechnienie rolnictwa ekologicznego oraz technik IPM (zintegrowanych technik ochrony roślin) jasno pokazuje, że rolnictwo bez użycia pestycydów jest całkowicie możliwe, ekonomicznie opłacalne, a przy tym bezpieczne dla środowiska (Davis et al, 2012). We Włoszech, gdzie kilka lat temu zawieszono możliwość stosowania niektórych pestycydów szkodzących pszczołom (zaprawianego neoinikotynoidami materiału siewnego), rolnicy nie zgłaszali zwiększenia problemów szkodników upraw po zaprzestaniu ich stosowania. Co więcej, nie zgłaszali też statystycznie istotnych spadków wysokości plonów po szybkim przyjęciu i wdrożeniu bardziej rozważnych regulacji odnośnie pestycydów szkodzących pszczołom (APENET, 2011).

Rolnicy potrzebują wsparcia w poszukiwaniu nowych sposobów ochrony zbiorów przez szkodnikami, przy czym ta ochrona powinna polegać na metodach nietoksycznych i bezpiecznych dla środowiska. Istnieje oczywista potrzeba dalszych badań i opracowywania alternatywnych rozwiązań w tym zakresie. Ponadto, niewątpliwie należy zwiększać promocję dostępnych na chwilę obecną alternatyw. Działania powinny obejmować między innymi zapewnienie dostępności alternatywnych produktów, oczywiście po wypróbowaniu i udowodnieniu ich skuteczności.

Polepszanie stanu zdrowia owadów zapylających, w agrosystemach, jak i w siedliskach półnaturalnych

Wzrost różnorodności i wielkości zasobów pożytków kwiatowych na terenach rolniczych

Tereny zajęte pod rolnictwo przemysłowe to zwykle pustynia dla pszczoł. Na obszarze zdominowanym przez wielkoskalowe monokultury, czyli terenie z niewielką liczbą różnych roślin kwitnących, ogólną niską różnorodnością szaty roślinnej, gdzie na szeroką skalę stosuje się środki chwastobójcze, pszczoły nie są w stanie znaleźć odpowiedniego pożywienia.

Istnieje wiele praktyk zwiększających, w czasie i przestrzeni, różnorodność roślinną, a zatem i wielkość zasobów pożytków kwiatowych niezbędnych owadom zapylającym. Na przykład, w skali pojedynczych siedlisk, włączanie upraw zapewniających obfitość pyłku i nektaru, np. koniczyny czerwonej, słonecznika, melonów, rzepaku lub migdałów, już w krótkim okresie może poprawić warunki bytowania zapylaczy (Kremer i in., 2007).

Na poziomie indywidualnego gospodarstwa, przed lub po zakwitnięciu uprawy głównej, zapylacze utrzymują się przy życiu zbierając pokarm alternatywny. Efektywnym sposobem zapewnienia tego pożywienia jest utrzymywanie bogatych w kwiaty miedz, ugorów, skrajów pól i żywopłotów (Kremer i in., 2007; Carvell

⁵ „EFSA identyfikuje zagrożenia dla pszczoł płynące ze stosowania neonikotynoidów”. Artykuł prasowy z 16 stycznia 2013 r. <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/130116.htm>

⁶ „Rolnictwo organiczne to stale rozwijający się w ostatnich latach sektor rolnictwa europejskiego.” http://ec.europa.eu/agriculture/organic/home_en

i in., 2004). Rezerwuarem zasobów kwiatowych mogą być także uprawy międzyplonów przyciągające różne gatunki owadów, w tym także owady zapylające (Kremer i in., 2007). Do poprawy stanu zdrowia społeczności zapylaczy przyczynić się może występowanie roślin jednorocznych, zwykle chwastów (Morandin i Winston, 2006). Sady i gaje oliwne mogą funkcjonować efektywnie, jednak konieczne jest zachowanie wysokiej bioróżnorodności umożliwiającej tworzenie siedlisk dzikich owadów zapylających (Potts i in., 2006).

W szerszej skali lokalnej, wkomponowanie półnaturalnych obszarów w sztucznie utworzone obszary rolne może zwiększać liczebność populacji dzikich zapylaczy, a co za tym idzie, wielkość usług zapylania świadczonych przez ekosystem. Występowanie dużej ilości dzikich owadów zapylających na terenach wokół gospodarstw rolnych często wynika z występowania w ich pobliżu naturalnych lub półnaturalnych obszarów. W takiej sytuacji znacząco wzrasta produkcja warzyw, czego przykładem może być polowa uprawa pomidorów w Kalifornii (Greenleaf i Kremen, 2006). Jak wykazano niedawno, zwiększanie ogólnej różnorodności zapylaczy (na przykład poprzez wprowadzanie na tym samym terenie hodowlanych pszczoł miodnych i pszczoł dzikich) poprawia jakość zapylania i zwiększa produkcję owoców w sadach migdałowców (Brittain i in., 2013b). W przypadku sadów mango, produkcja owoców z jednego drzewa była znacznie wyższa, w przypadku występowania na miedzach dzikich kwiatów. Wyższą produkcję gwarantowała także bliskość obszarów naturalnych i niskie zużycie pestycydów (Carvalho i in., 2012). Tereny kwiatowe i naturalne siedliska występujące na obszarach rolniczych przyciągają dziko żyjące pszczoły, co zwiększa efektywność zapylania, a jednocześnie zapobiega utracie naturalnych siedlisk w wyniku szkodliwych praktyk rolnych.

Na obszarach rolnych wzrasta rola dzikich owadów zapylających (głównie różnych gatunków pszczoł, ale także niektórych gatunków much, motyli i żuków) jako organizmów napędzających proces zapylania. Najnowsze, prowadzone na globalną skalę badania

wykazały, że na terenach o mniejszej liczebności i zróżnicowaniu dzikich owadów, uprawy są mniej produktywnie, niezależnie od tego, jak wiele pszczoł miodnych bytuje wokół terenu gospodarstwa (Garibaldi i in., 2013). Zjawisko to pokazuje, jak ważna jest ochrona dzikich zapylaczy, nie tylko dla zachowania bioróżnorodności, ale także z punktu widzenia ich kluczowej roli w procesie wytwarzania żywności. Pszczoły miodne są ważne, jednak nie mogą zastąpić skutecznego procesu zapylania realizowanego przez wiele różnych dzikich owadów bytujących wokół upraw (Garibaldi i in., 2013).

Udowodniono, że dziko żyjące pszczoły są bardziej efektywne w zapylaniu wiśni, niż pszczoły miodne (Holzschuh i in., 2012). Liczebność i różnorodność dzikich pszczoł była z kolei powiązana z występowaniem naturalnych siedlisk w pobliżu sadów wiśniowych. Naturalne siedliska i obecność dzikich pszczoł mają znaczny wpływ na ilość wytwarzanych owoców - „Wzrost udziału silnie zróżnicowanych siedlisk w krajobrazie z 20% arealu do 50%, skutkowało zbiorami owoców zwiększonymi o 150%”. Autorzy doszli zatem do następującego wniosku - „Rolnicy muszą chronić występujące w krajobrazach półnaturalne siedliska. Zagwarantuje to odpowiedni proces zapylania i wysokie zbiory” (Holzschuh i in., 2012).

Wykazano, że naturalne zapylacze (na przykład trzmiele) są w stanie przebyć dłuższy dystans po to, aby zebrać pożywienie z bardziej zróżnicowanych miejsc występowania kwiatów (Jha i Kremen, 2013). Odkrycie to sugeruje, że działania skierowane na wzbogacanie różnorodności tych miejsc, zarówno w krajobrazach naturalnych, jak i sztucznych, może wzmacniać korzyści płynące z zapylania przez dziko żyjące owady. Jest to doskonała okazja do zaangażowania w działania promujące bioróżnorodność i usługi zapylania, wszystkich zainteresowanych stron – rolników, specjalistów gospodarki przestrzennej, a nawet planistów miejskich. (Jha i Kremen, 2013).

„Wkomponowanie niezagospodarowanych terenów w obszary rolne może wspomagać racjonalne wykorzystanie tychże i ochronić usługi ekosystemów przy relatywnie niskim koszcie ekonomicznym”.

– Lautenbach i in., 2012

Rolnictwo charakteryzujące się bioróżnorodnością i niestosowaniem środków chemicznych - systemy ekologiczne (organiczne)

Wykazano, że wraz z większą liczebnością i różnorodnością zapylaczy, rośnie efektywność zapylania kwiatów roślin uprawnych, a zatem wzrasta produkcja owoców i nasion. Fakt ten został potwierdzony w eksperymentach prowadzonych na uprawach rzepaku. Im bardziej efektywny proces zapylania, tym wyższe zbiory i ich wartość rynkowa (Bommarco i in., 2012).

Wielokrotnie wykazano, że praktyki rolnictwa ekologicznego pozwalające na utrzymanie bioróżnorodności, a jednocześnie wolne od używania jakichkolwiek pestycydów czy nawozów sztucznych (rolnictwo ekologiczne), przyczyniają się do zwiększania liczebności i różnorodności zapylaczy. Stosowanie takich technik poprawia jakość procesu zapylania, a zatem i potencjalnie zwiększa wysokość zbiorów (Morandin i Winston, 2005; Andersson i in., 2012). Niestety, pozytywne oddziaływanie rolnictwa organicznego (i innych praktyk rolniczych nieopartych na środkach chemicznych) na zdrowie zapylaczy, nie stanowi jak dotąd częstego przedmiotu badań. Metody te są często zaniedbywane, a przecież mogą stanowić bardzo efektywne narzędzie ochrony i wzmacniania populacji pszczół.

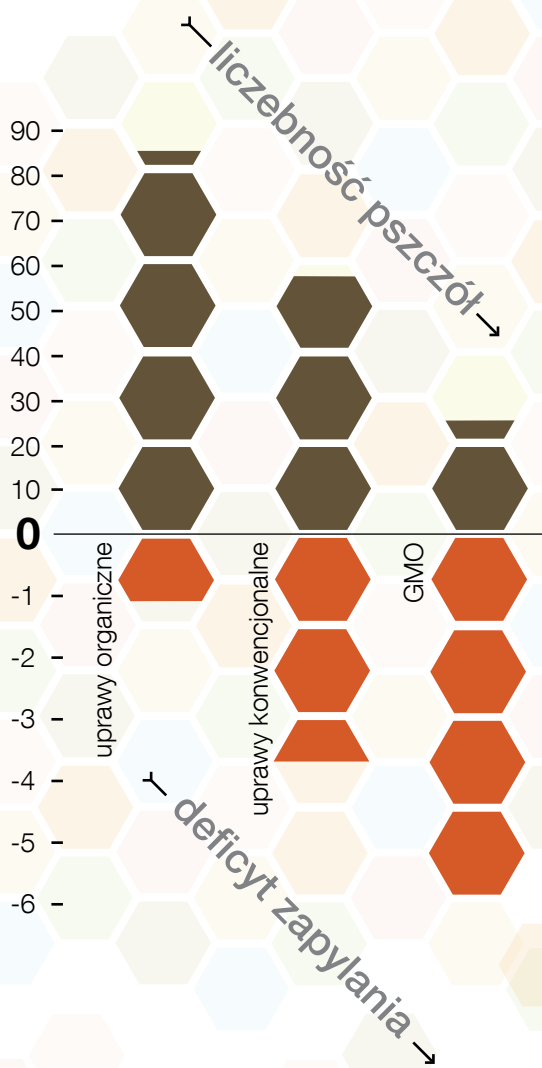
Przeprowadzone niedawno w Szwecji badania jasno wykazały korzystny wpływ rolnictwa organicznego na uprawy truskawek. Organiczne truskawki przyciągały więcej zapylaczy i dlatego zapylanie w ich przypadku było o wiele bardziej efektywne w porównaniu z truskawkami uprawianymi tradycyjnymi metodami. Co więcej, różnica była widoczna prawie natychmiast po zmianie sposobu uprawy z konwencjonalnego na organiczny. Autorzy badania wyciągnęli wniosek, że rolnictwo organiczne wpływa korzystnie na zapylanie upraw, zarówno pod względem ilości, jak i jakości zbiorów (Andersson i in., 2012).

Ekologiczne praktyki rolnicze mogą korzystnie wpływać na różnorodność i liczebność populacji zapylaczy, szczególnie na bardziej intensywnie wykorzystywanych terenach rolniczych (Batáry i in., 2011; Holzschuh i in., 2008). Korzyścią może być pełne wykorzystanie potencjału upraw (Kremen i Miles, 2012). Porównanie liczebności populacji dzikich pszczół na kanadyjskich farmach zajmujących się uprawą rzepaku w sposób organiczny, konwencjonalny i z użyciem odmian genetycznie modyfikowanych odpornych na środki chwastobójcze wykazało, że farmy organiczne charakteryzowały się największą liczebnością pszczół i najniższym deficytem zapylania (definiowanym jako wzrost produkcji nasion z jednego owocu dzięki dodatkowemu zapyleciu) (zob. rys. 2) (Morandin i Winston, 2005). Uprawy konwencjonalne cechowała przeciętna liczebność pszczół i pewne ograniczenia w poziomie zapylania. Uprawy genetycznie modyfikowanego rzepaku odpornego na środki chwastobójcze charakteryzowały się najniższą liczebnością populacji pszczełich i najwyższym deficytem zapylania. Choć w tym ostatnim przypadku przyczyny nie są dokładnie znane, wydaje się racjonalne twierdzenie, że wysokie dawki glifosatu (herbicyd często używany przy uprawach GMO) mogły negatywnie wpływać na zdrowie populacji pszczół bezpośrednio lub pośrednio przez zmniejszenie zasobów kwiatowych. Możliwe, że „genetycznie zmodyfikowana odmiana rośliny zaprojektowana w celu zwiększenia zbiorów poprzez zapobieganie rozwojowi chwastów wywołała niepożądany skutek w postaci zredukowania liczby pszczół występujących na polu uprawnym”, w ten sposób ograniczając wielkość zbiorów” (Morandin i Winston, 2005).

Zalety rolnictwa organicznego pod względem wpływu na liczebność i różnorodność owadów zapylających mogą rozciągnąć się na sąsiadujące uprawy konwencjonalne. Organiczne praktyki rolne realizowane w Niemczech na polach pszenicy spowodowały wzrost

różnorodności i liczebności zapylaczy, odpowiednio o 60% i 130-160% w porównaniu do praktyk konwencjonalnych (Holzschuh i in., 2008). Co więcej, wzrost powierzchni obszarów upraw organicznych z 5% do 20% zwiększał różnorodność i liczebność zapylaczy o ponad 60% na polach uprawianych w sposób organiczny i konwencjonalny (Holzschuh i in., 2008; Kremen i Miles, 2012).

Zróżnicowane systemy upraw z zastosowaniem metod organicznych przynoszą wiele korzyści, nie ograniczając się jedynie do przyczynienia się do wzrostu usług zapylania. Są bardziej efektywne przy zwalczaniu chwastów, chorób i szkodników (Kremen i Miles, 2012). Niestety na badania w zakresie dalszego rozwijania oraz doskonalenia praktyk i procesów zarządczych w rolnictwie ekologicznym przeznaczane są mniejsze publiczne środki finansowe niż na rozwój konwencjonalnych technik rolnych opartych na intensywnym wykorzystaniu środków chemicznych.



Rys. 2. Liczebność pszczół i deficyty zapylania (średnia ± błędy standardowe) dla poszczególnych typów pól (liczba pól na badanie = 4). Liczba pszczół (górną część słupków) i poziomy deficytu zapylania (dolną część słupków) istotnie różniły się między sobą w zależności od typu pola. Rysunek zamieszczony za zgodą Morandin LA & Winston ML (2005). „Liczebność dziko żyjących pszczół i produkcja nasion konwencjonalnego, organicznego i genetycznie modyfikowanego rzepaku”. Zastosowania ekologiczne 15(3): 871-881.

Ten brak wsparcia jest rażący, jeśli wziąć pod uwagę fakt, że uprawy ekologiczne mogą generować porównywalne ilości żywności i zysków, co systemy konwencjonalne, przy wielokrotnie niższych kosztach środowiskowych i społecznych (Kremen i Miles, 2012; Davis i in., 2012).

Dane szacunkowe Ursa Niggli, dyrektora szwajcarskiego Instytutu ds. Badań nad Rolnictwem Organicznym (FiBL) są pouczające. Szacuje on, że z budżetu wynoszącego około 52 mld USD rocznie wydawanych na badania naukowe w rolnictwie, niecałe 0,4% kierowane jest na badania i oceny inicjatyw w obszarze rolnictwa organicznego .

Potrzeba zatem większych nakładów publicznych i prywatnych na badania i rozwój ekologicznych praktyk rolnych. W ostatecznym rozrachunku, metody te stanowią najlepszą drogę do maksymalizacji funkcji ekologicznych, zabezpieczają produkcję żywności i chronią środowisko, jednocześnie promują zrównoważony rozwój społeczny i ekonomiczny (IAASTD, 2009).

7 "Network to push scientific case for organic farming", SciDev Net, 22 February 2013. <http://www.scidev.net/en/agriculture-and-environment/farming-practices/news/network-to-push-scientific-case-for-organicfarming.html>





Wnioski i zalecenia

Niezbędne działania w celu ochrony zdrowia pszczoł i innych owadów zapylających.

„W przeważającej części świata korzyści z zapylania są na tyle wysokie, że, o ile zostaną uwzględnione, powinny poważnie wpłynąć na strategie ochronne i decyzje o wykorzystaniu gruntów.

Będzie to miało wpływ na szeroki wachlarz projektów – od obejmujących lokalnych rolników prowadzących tradycyjne gospodarstwa (w celu zapewnienia zrównoważonego źródła utrzymania), aż po projekty zorientowane na odbudowanie i ochronę populacji zapylaczy na całym świecie”

(Lautenbach i in., 2012)

Europejskie polityki rolne – przede wszystkim zaś Wspólna Polityka Rolna (WPR) – powinny bazować na aktualnych dowodach naukowych wskazujących na korzyści i zagrożenia dla populacji hodowlanych pszczoł miodnych i dziko żyjących zapylaczy. Wymagane jest podjęcie pilnych działań mających na celu ochronę zapylania jako podstawowej usługi ekosystemu. Omówione powyżej, istniejące już narzędzia ochrony zapylaczy należy wpisać w zasady polityk rolnych jako jeden ze sposobów zachęcających do stosowania praktyk wzmacniających pszczele populacje.

Ponadto, na poziomie unijnym należy wdrożyć rygorystyczne przepisy regulujące stosowanie substancji chemicznych potencjalnie szkodliwych dla pszczoł, przy czym, zgodnie z zasadą ostrożności, należy uwzględnić dostępne dowody szkodliwości tych substancji i wrażliwości pszczoł miodnych na ich oddziaływanie. Zasadę ostrożności należy także przenieść na inne gatunki dzikich owadów zapylających, mając na uwadze ich kluczową rolę w zabezpieczeniu procesu zapylania, zarówno obecnie, jak i w obliczu niepewnej przyszłości.

Zalecenia

Pszczoły miodne i inne dzikie owady zapylające odgrywają kluczową rolę w rolnictwie i produkcji żywności. Niestety, obecnie stosowany model rolny oparty na agresywnym wykorzystaniu substancji chemicznych zagraża zarówno jednemu, jak i drugiemu, przez co stwarza zagrożenie dla europejskiego łańcucha dostaw żywności.

Niniejszy raport udowadnia, że istnieją mocne dowody naukowe wskazujące, że neonikotynoidy i inne pestycydy są w dużym stopniu odpowiedzialne za proces ginięcia pszczoł. Mając to na uwadze, politycy powinni podjąć działania, których owocem będzie:

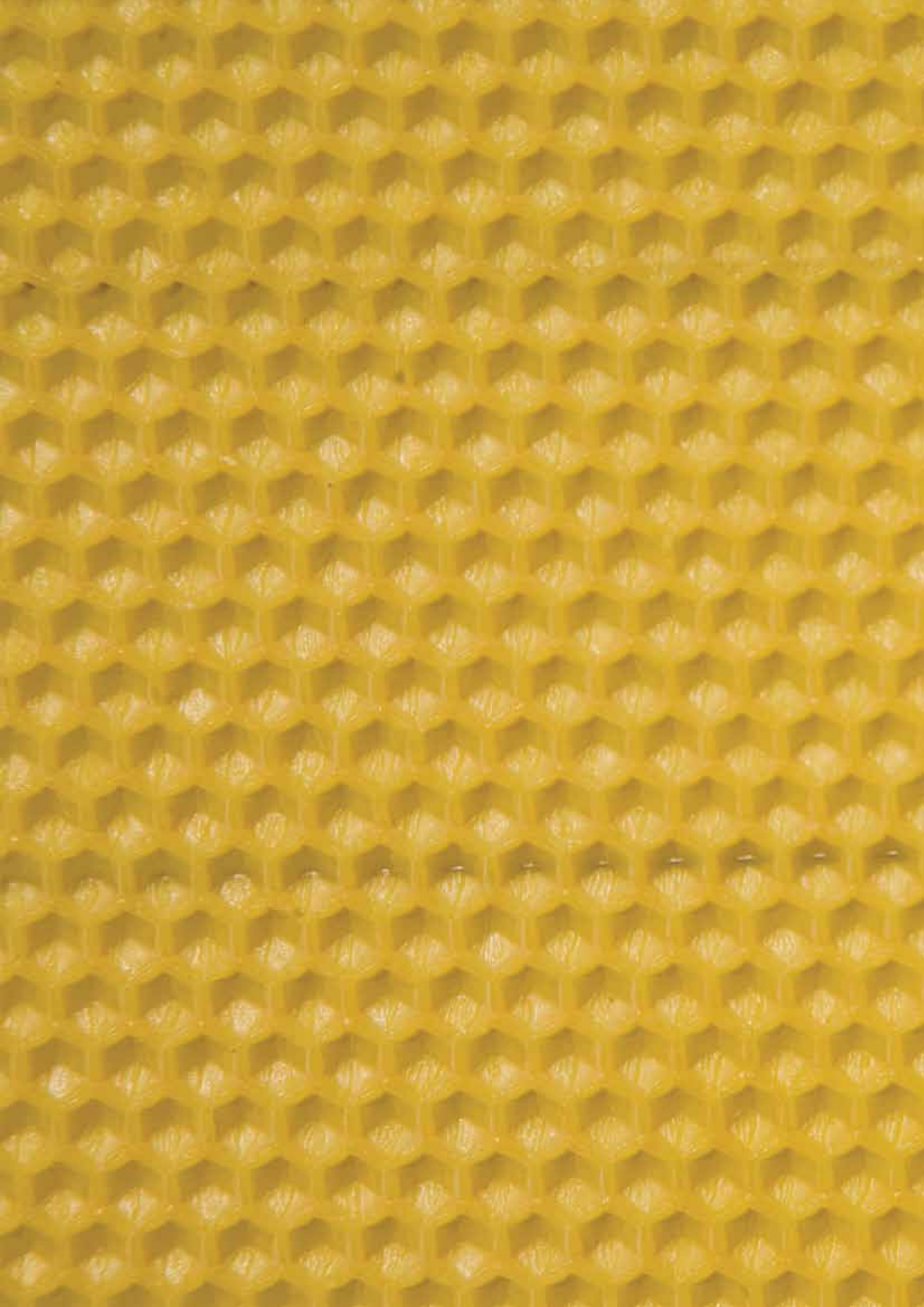
- 1. Zakazanie stosowania pestycydów szkodliwych dla populacji pszczelich**, poczynając od siedmiu najbardziej niebezpiecznych, dopuszczonych do stosowania na obszarze Unii Europejskiej. Substancje te to: imidaklopyryd, tiametoksam, klotianidyna, fipronil, chloropiryfos, cypermetryna i deltametryna (zob. tabela 1).
- Przyjęcie narodowych planów ochrony owadów zapylających, a w konsekwencji **wspieranie i promocja praktyk rolniczych mających korzystny wpływ na proces zapylania realizowany w ramach systemów rolnych**, np. rotacji upraw (płodozmianu), ustanawiania obszarów proekologicznych na poziomie indywidualnych gospodarstw, wspieranie ekologicznych metod upraw
- Zwiększenie ochrony naturalnych i półnaturalnych siedlisk wokół obszarów rolniczych, a także wzmacnianie bioróżnorodności pól uprawnych.**
- Zwiększanie finansowania badań, rozwoju i ekologicznych praktyk rolnych** polegających na odchodzeniu od chemicznych metod ochrony roślin i stosowaniu rozwiązań opartych na bioróżnorodności, chroniących przed szkodnikami, wzmacniających odporność całego ekosystemu. Politycy Unii Europejskiej powinni przeznaczać więcej środków na badania w dziedzinie rolnictwa ekologicznego, w ramach WPR (płatności bezpośrednie) i programu Horizon 2020 (unijny program badawczy).

Przypisy

- Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA & Klein AM (2009).** How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103: 1579-1588.
- Aizen MA & Harder LD (2009).** The Global Stock of Domesticated Honey Bees is Growing Slower than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19: 915-918.
- Alaux C, Brunet J-L, Dussaubat C, Mondet F, Tchamitchan S, Cousin M, Brillard J, Baldy A, Belzunces LP & Le Conte Y (2010).** Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12: 774-782.
- Aliouane Y, el Hassani AK, Gary V, Armengaud C, Lambin M & Gauthier M (2009).** Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: Effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28: 113-122.
- Andersson GKS, Rundlof M & Smith HG (2012).** Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *PLoS ONE*, 7: e31599.
- APENET (2011).** Effects of coated maize seed on honey bees. Report based on results obtained from the third year (2011) activity of the APENET project.
- Batáry P, Báldi A, Kleijn D & Tscharrnke T (2011).** Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278: 1894-1902.
- Bendahou N, Fleche C & Bounias M (1999).** Biological and Biochemical Effects of Chronic Exposure to Very Low Levels of Dietary Cypermethrin (Cymbush) on Honeybee Colonies (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44: 147-153.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J & Kunin WE (2006).** Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- Bommarco R, Marini L & Vaissière B (2012).** Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169: 1025-1032.
- Brittain C, Kremen C & Klein A-M (2013a).** Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19: 540-547.
- Brittain C, Williams N, Kremen C & Klein A-M (2013b).** Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280.
- Brown MF & Paxton R (2009).** The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40: 410-416.
- Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF & Griswold TL (2011).** Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 662-667.
- Carrasco-Letelier L, Mendoza-Spina Y & Branchiccela MB (2012).** Acute contact toxicity test of insecticides (Cipermetrina 25, Lorsban 48E, Thionex 35) on honeybees in the southwestern zone of Uruguay. *Chemosphere* 88 (4): 439-444 doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.02.062
- Carvalho LG, Seymour CL, Nicolson SW & Veldtman R (2012).** Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1373-1383.
- Dai P-L, Wang Q, Sun J-H, Liu F, Wang X, Wu Y-Y & Zhou T (2010).** Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera* ligustica. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29: 644-649.
- Davis AS, Hill JD, Chase CA, Johanns AM & Liebman M (2012).** Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. *PLoS ONE*, 7: e47149.
- Decourtye A, Armengaud C, Renou M, Devillers J, Cluzeau S, Gauthier M & Pham-Delegue MH (2004).** Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78: 83-92.
- Decourtye A, Devillers J, Genecque E, Le Menach K, Budzinski H, Cluzeau S & Pham-Delegue MH (2005).** Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 242-250.
- Decourtye A, Lacassie E & Pham-Delegue MH (2003).** Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest Management Science*, 59: 269-278.
- Desneux N, Decourtye A & Delpuech J-M (2007).** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.
- Easton AH & Goulson D (2013).** The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. *PLoS ONE*, 8: e54819.
- EEA (2013).** European Environment Agency. Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>.
- El Hassani AK, Dacher M, Gauthier M & Armengaud C (2005).** Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 82: 30-39.
- Ellis MD (2010).** Managed pollinator CAP coordinated agricultural project: Pesticides applied to crops and honey bee toxicity. *American Bee Journal*, 150: 485-486.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D & Zaks DPM (2011).** Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Gallai N, Salles J-M, Settele J & Vaissiae BE (2009).** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68: 810-821.

- Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, Cunningham SA & Harder LD (2011).** Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 5909-5914.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalho LsG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka K, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlof M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharrntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N & Klein AM (2013).** Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, Published Online February 28 2013.
- Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Bachler R, Berg S, Ritter W, Mohlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G & Rosenkranz P (2010).** The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies*. *Apidologie*, 41: 332-352.
- Gill RJ, Ramos-Rodriguez O & Raine, NE (2012).** Combined pesticide exposure severely affects individual –and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105-108 doi:10.1038/nature11585
- Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Bernardo AD, Greatti M, Giorio C & Tapparo A (2009).** Translocation of Neonicotinoid Insecticides from Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *Journal of Economic Entomology*, 102: 1808-1815.
- Greenleaf SS & Kremen C (2006).** Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133: 81-87.
- Hatjina F, Papaefthimiou C, Charistos L, Dogaroglu T, Bouga M, Emmanouil C & Arnold G (2013).** Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-013-0199-4
- Henry MI, Beguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S & Decourtye A (2012).** A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science* 1215039 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215039].
- Higes M, Meana A, Bartolomé C, Botías C & Martín-Hernández R (2013).** *Nosema ceranae* (Microsporidia), a controversial 21st century honey bee pathogen. *Environmental Microbiology Reports*, 5: 17-29.
- Holzschuh A, Dudenhöffer J-H & Tscharrntke T (2012).** Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation*, 153: 101-107.
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I & Tscharrntke T (2008).** Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos*, 117: 354-361.
- IAASTD (2009).** International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development. Island Press. <http://www.agassessment.org>.
- Jeschke P, Nauen R, Schindler M & Elbert A (2010).** Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 2897-2908.
- Jha S & Kremen C (2013).** Resource diversity and landscape-level homogeneity drive native bee foraging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110: 555-558.
- Kremen C & Miles A (2012).** Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society*, 17.
- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston Ta, Steffan-Dewenter I, Vazquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein A-M, Regetz J & Ricketts TH (2007).** Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10: 299-314.
- Lambin M, Armengaud C, Raymond S & Gauthier M (2001).** Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 48: 129-134.
- Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J & Dormann CF (2012).** Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE*, 7: e35954.
- Lebuhn G, Droege S, Connor EF, Gemmill-Herren B, Potts SG, Minckley RL, Griswold T, Jean R, Kula E, Roubik DW, Cane J, Wright KW, Frankie G & Parker F (2013).** Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales. *Conservation Biology*, 27: 113-120.
- Medrzycki P, Montanari R, Bortolotti L, Sabatini AG, Maini S & Porrini C (2003).** Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56: 59-62.
- Memmott J, Craze PG, Waser NM & Price MV (2007).** Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10: 710-717.
- Morandin LA & Winston ML (2005).** Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola. *Ecological Applications*, 15: 871-881.
- Morandin LA & Winston ML (2006).** Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116: 289-292.
- Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R & Pettis JS (2010).** High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE*, 5: e9754.
- Nørgaard KB & Cedergreen N (2010).** Pesticide cocktails can interact synergistically on aquatic crustaceans. *Environmental Science and Pollution Research*, 17: 957-967.

- Oliveira RA, Roat TC, Carvalho SM & Malaspina O (2013).** Side-effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Toxicology*, in press.
- Ollerton J, Winfree R & Tarrant S (2011).** How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- Orantes-Bermejo FJ, Gómez-Pajuelo A, Megías-Megías M & Torres Fernández-Piñar C (2010).** Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera* L) in Spain. Possible implications for bee losses. *Journal of Apicultural Research*, 49: 243-250.
- Pettis J, van Engelsdorp D, Johnson J & Dively G (2012).** Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften*, 99: 153-158.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O & Kunin WE (2010).** Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 345-353.
- Potts SG, Petanidou T, Roberts S, O'Toole C, Hulbert A & Willmer P (2006).** Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129: 519-529.
- Ramirez-Romero R, Chaufaux J & Pham-Delègue M-H (2005).** Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. *Apidologie*, 36: 601-611.
- Rockstrom J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sorlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P & Foley JA (2009).** A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
- Schneider CW, Tautz J, Grünwald B & Fuchs S (2012).** RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behaviour of *Apis mellifera*. *PLoS ONE* 7(1): e30023. doi:10.1371/journal.pone.0030023.
- Škerl MIS, Bolta ŠV, Česnik HB & Gregorc A (2009).** Residues of Pesticides in Honeybee (*Apis mellifera carnica*) Bee Bread and in Pollen Loads from Treated Apple Orchards. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83: 374-377.
- Sparks TH, Langowska A, Głazaczow A, Wilkaniec Z, Bienkowska M & Tryjanowski P (2010).** Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee *Apis mellifera* in Poland. *Ecological Entomology*, 35: 788-791.
- Spivak M, Mader E, Vaughan M & Euliss NH (2010).** The Plight of the Bees. *Environmental Science & Technology*, 45: 34-38.
- Suchail S, Guez D & Belzunces LP (2001).** Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 2482-2486.
- Thompson HM (2012).** Interaction between pesticides and other factors in effects on bees. EFSA Supporting Publications 2012:EN-340. [204 pp.]. Available online: <http://www.efsa.europa.eu/publications>.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger WH, Simberloff D & Swackhamer D (2001).** Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, 292: 281-284.
- Tomé HVV, Martins GF, Lima MAP, Campos LAO, Guedes RNC (2012).** Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS ONE* 7(6): e38406. doi:10.1371/journal.pone.0038406
- UNEP (2010).** UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators. United Nations Environment Programme.
- Vandame R, Meled M, Colin ME & Belzunces LP (1995).** Alteration of the homing-flight in the honey-bee *Apis mellifera* L exposed to sublethal dose of deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14: 855-860.
- Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Vignes B, Brunet J-L, Texier C, Biron DG, Blot N, El Alaoui H, Belzunces LP & Delbac F (2011).** Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. *PLoS ONE*, 6: e21550.
- Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL & Goulson D (2012).** Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 1215025 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215025].
- Williams GR, Tarpy DR, van Engelsdorp D, Chauzat M-P, Cox-Foster DL, Delaplane KS, Neumann P, Pettis JS, Rogers REL & Shutter D (2010).** Colony Collapse Disorder in context. *BioEssays*, 32: 845-846.
- Williams P & Osborne J (2009).** Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40: 367-387.
- Williamson SA & Wright GA (2013).** Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *Journal of Experimental Biology* doi:10.1242/jeb.083931
- Williamson SM, Moffat C, Gomersall M, Saranzewa N, Connolly C & Wright GA (2013).** Exposure to acetylcholinesterase inhibitors alters the physiology and motor function of honeybees. *Frontiers in Physiology*, 4.
- Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, LeBuhn G & Aizen MA (2009).** A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90: 2068-2076.
- Wu JY, Smart MD, Anelli CM & Sheppard WS (2012).** Honey bees (*Apis mellifera*) reared in brood combs containing high levels of pesticide residues exhibit increased susceptibility to *Nosema* (Microsporidia) infection. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109: 326-329.
- Yang EC, Chuang YC, Chen YL & Chang LH (2008).** Abnormal Foraging Behavior Induced by Sublethal Dosage of Imidacloprid in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 101: 1743-1748.





GREENPEACE

Fundacja Greenpeace Polska

ul. Lirowa 13
02-387 Warszawa

Greenpeace to niezależna, międzynarodowa organizacja pozarządowa działająca od 1971 r. na rzecz środowiska naturalnego i pokoju na świecie. Organizacja koncentruje swoje działania na najważniejszych zagrożeniach dla różnorodności biologicznej i ekosystemów. Kampanie prowadzone przez Greenpeace obejmują sześć głównych obszarów ochrony środowiska - ochronę lasów, ochronę oceanów i mórz, ochronę przed substancjami toksycznymi, działania na rzecz klimatu, promocję odnawialnych źródeł energii oraz przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu w środowisku genetycznie modyfikowanych organizmów. Biura Greenpeace znajdują się w ponad 40-stu krajach świata. Polskie biuro istnieje od 2004 r. W celu zachowania niezależności, Greenpeace nie przyjmuje pieniędzy ani dotacji od rządów, partii politycznych i biznesu. Działania Greenpeace finansowane są dzięki wsparciu indywidualnych darczyńców i starannie wyselekcjonowanych fundacji.

greenpeace.pl