

STRESZCZENIE

Rosnące zapotrzebowanie na żywność i chęć maksymalizacji zysków z upraw, napędzane wzrostem populacji ludzkiej, negatywnie wpływają na bioróżnorodność owadów, w tym zapylaczy, których rola w produkcji rolnej jest nie do przecenienia. Obserwowany w ostatnich latach gwałtowny spadek liczebności zapylaczy, przede wszystkim w krajobrazie rolniczym, nie tylko negatywnie wpływa na bioróżnorodność, ale również może zaszkodzić gospodarce rolnej i doprowadzić do wzrostu cen żywności. Dlatego ważne jest, aby utrzymać wystarczająco liczne populacje owadów zapylających na terenach rolniczych. To z kolei wymaga utrzymania niezbędnych warunków siedliskowych, zapobiegających ekstynkcji zapylaczy. Intensyfikacja rolnictwa poprzez zwiększanie areału upraw i stosowanie pestycydów, zwłaszcza insektycydów, zagraża zapylaczom. Wiele upraw, takich jak zboża, zwłaszcza w wielkoobszarowych monokulturach, wokół których brakuje miedz, zadrzewień i innych ostoi dla zapylaczy, jest nieatrakcyjne dla owadów zapylających i nawet bez udziału pestycydów może znacząco wpływać na ich bioróżnorodność. Z drugiej strony, rośliny masowo kwitnące, np. rzepak, mogą dostarczać nektar i pyłek dzikim zapylaczom. Jednak nawet w uprawach atrakcyjnych dla zapylaczy, o dużych zasobach pokarmowych, stosuje się pestycydy. Dlatego badania nad łącznym wpływem struktury krajobrazu i pestycydów na pszczoły, których przedstawicielem jest murarka ogrodowa (*Osmia bicornis*), są niezbędne, aby w pełni zrozumieć ich skutki dla kolejnych pokoleń tych pszczół i wprowadzić odpowiednie strategie ochrony zapylaczy. Presja spowodowana przez intensyfikację rolnictwa może ujawniać się w postaci bezpośrednich efektów widocznych w przeżywalności osobników rodzicielskich, ale niekorzystne warunki życia rodziców mogą też wpływać na rozwój ich potomstwa (ang. *carry-over effect*), czy też ujawniać się dopiero w następnym pokoleniu w postaci efektów matczyńskich (ang. *maternal effect*). Dlatego, jednym z głównych celów niniejszej rozprawy było zbadanie, czy intensyfikacja rolnictwa, wyrażona różną strukturą krajobrazu rolniczego z gradientem udziału upraw rzepaku wokół gniazda, a tym samym wzrastającą presją ze strony rolnictwa, wpływa negatywnie na parametry populacyjne pszczoły samotnej *O. bicornis* i jej wrażliwość na przedstawicieli głównych grup stosowanych obecnie insektycydów oraz czy konsekwencje rozwoju osobników w krajobrazie rolniczym zdominowanym przez rzepak są widoczne tylko na kolejnych etapach rozwoju w danym pokoleniu czy też również w pokoleniu kolejnym, rozwijającym się już w warunkach pozbawionych presji rolnictwa (artykuł I).

Ponadto sprawdzano czy wraz ze wzrostem udziału rzepaku wokół gniazd pszczół *O. bicornis* maleje różnorodność pyłku i wzrasta stężenie pestycydów w pyłku (artykuł II).

Częstym zabiegiem stosowanym w rolnictwie jest używanie mieszanin dwóch lub więcej różnych pestycydów, na ogół należących do różnych grup chemicznych. Skutki działania pestycydów w mieszaninie mogą okazać się znacznie bardziej szkodliwe dla organizmu niż suma działania pojedynczych substancji, co wynika z możliwości synergistycznego działania dwóch (lub więcej) substancji na organizm. Działanie kilku substancji może być jednak też antagonistyczne, czyli powodować skutki słabsze niż wynikałoby to z prostego sumowania się efektów działania tych substancji stosowanych niezależnie. Ponadto, zapylacze często narażone są na subletalne dawki substancji chemicznych, tj. takie, które nie powodują natychmiastowych i jednoznacznych skutków toksycznych. Sprawdzenie wpływu mieszanin insektycydów należących do różnych grup na przeżywalność (artykuł III) oraz na wybrane parametry biochemiczne, tj. aktywność trzech enzymów (acetylocholinoesterazy (AChE), S-transferazy glutationowej (GST) i esterazy (EST)) oraz poziom ATP (artykuł IV) to kolejne cele, jakie postawiono w niniejszej rozprawie.

Przeprowadzone badania wykazały, że rozwój larwalny w warunkach monokultury rzepaku (tj. w obszarach ze wzrastającym udziałem upraw rzepaku wokół gniazda pokolenia rodzicielskiego (P)) wpłynął negatywnie na niektóre parametry populacyjne potomstwa (F1), tj. obniżał sukces wylęgania pszczół z kokonów i zwiększał wrażliwość samic na insektycyd Dursban 480 EC, ale efekty te w większości zanikły w następnym pokoleniu (F2). W pokoleniu F2, rozwijającym się w terenie pozbawionym presji rolniczej (łąki śródleśne), wpływ udziału rzepaku i struktury krajobrazu wokół gniazda założonego przez samice z pokolenia P był widoczny tylko w zaburzonej proporcji płci, tj. w większym udziale samic. Ponadto wykazano, że obecność naturalnych i półnaturalnych elementów krajobrazu ma istotne znaczenie dla rozwoju pszczół samotnych w krajobrazie rolniczym. Udział rzepaku wokół gniazd pszczół nie wpływał na różnorodność florystyczną pyłku, wartość energetyczną czy poziom skażenia pyłku zbieranego przez samice z pokolenia P dla swojego potomstwa F1, ale różnorodność i wartość energetyczna tego pyłku, zależały od obecności innych niż rzepak elementów krajobrazu. Ponadto, różnorodność pyłku malała, a wartość energetyczna rosła wraz z różnorodnością krajobrazu. W badanym krajobrazie rolniczym, pszczoły zebrały pyłek z 28 taksonów roślin, z dominacją *Brassica napus*, *Quercus* sp., *Ranunculus* sp., Poaceae i *Acer* sp. W pyłku wykryto pozostałości 12 pestycydów, a acetamipryd, azoksystrobina, boskalid i dimetoat były

najczęściej wykrywane. Skażenie pyłku pestycydami malało wraz ze wzrostem jego różnorodności florystycznej.

Wbrew oczekiwaniom, badania laboratoryjne na dorosłych samicach *O. bicornis* wskazały albo brak interakcji (w mieszaninie Sherpa 100 EC × Dursban 480 EC) albo antagonistyczne działanie badanych mieszanin insektycydów na przeżywalność *O. bicornis*. Interakcje antagonistyczne wystąpiły w mieszaninach insektycydów, w których jeden należał do pyretroidów (Sherpa 100 EC lub Karate Zeon 050 CS), a drugi był neonikotynoidem (Mospilan 20 SP) lub sulfoksyminem (Closer). Pyretroid Sherpa 100 EC wpływał na wszystkie badane biomarkery (AChE, GST, EST, ATP), a fosforoorganiczny Dursban 480 EC na aktywność AChE i EST oraz poziom ATP. Złożone interakcje pomiędzy tymi insektycydami oraz neonikotynoidem (Mospilan 20 SP) wpływały na poziom ATP, dając wyniki, których nie dałoby się przewidzieć testując każdy z insektycydów osobno.

Uzyskane wyniki pokazują, że rozwój larwalny w warunkach dominacji upraw rzepaku negatywnie wpływa na niektóre parametry historii życiowej pszczoł, ale efekty te w większości zanikają w kolejnym pokoleniu. Daje to nadzieję na szybką odbudowę populacji dzikich pszczoł, o ile zapewni się ku temu dogodne warunki. Obecność takich elementów krajobrazu jak zbiorniki wodne wraz z otaczającą je roślinnością, łąki, lasy oraz struktura krajobrazu charakteryzująca się dużą długością granic między polami a siedliskami naturalnymi, powinny być uwzględnione w ochronie owadów pożytecznych w krajobrazach rolniczych, podobnie jak zapewnienie różnorodnej bazy pokarmowej. Wykazano, że stosowanie pyretroidu w mieszaninie z neonikotynoidem lub sulfoksaminem może być bezpieczniejsze dla *O. bicornis* niż stosowanie tych insektycydów pojedynczo, a wyniki z analiz poziomu ATP dodatkowo sugerują, że insektycydy fosforoorganiczne nie powinny być mieszane z neonikotynoidami i/lub pyretroidami, ponieważ takie kombinacje insektycydów negatywnie wpływają na metabolizm pszczoł samotnych.