

Kompleksowa charakterystyka owadobójczych toksyn Cry9 – istotny wgląd w biologię *Bacillus thuringiensis* i klucz do rozwoju biologicznej kontroli szkodników

Od stuleci rolnictwo zmagają się z nieustającym wyzwaniem, jakim są larwy owadów z rzędu Lepidoptera – intensywnie żerujące gąsienice stanowią bowiem jedno z najbardziej destrukcyjnych zagrożeń dla większości upraw. Choć syntetyczne pestycydy zostały szeroko przyjęte jako metoda walki z tymi intruzami, ich stosowanie wiąże się z wysokimi kosztami, w tym zagrożeniem dla zdrowia ludzi, degradacją środowiska i szkodami dla gatunków pożytecznych, w tym dla zapylaczy.

Bioinsektycydy oparte na owadobójczych białkach, wytwarzanych przez entomopatogenną bakterię *Bacillus thuringiensis* (Bt), zrewolucjonizowały ochronę roślin, oferując bezpieczniejszą i bardziej przyjazną dla środowiska alternatywę dla pestycydów chemicznych. Te białkowe toksyny skutecznie zwalczają szkodniki z rzędu Lepidoptera, ale jednocześnie są nieszkodliwe dla ludzi i organizmów niebędących celem ich działania. Jednakże, powszechne i długotrwałe stosowanie bioinsektycydów opartych na *B. thuringiensis* jest obecnie zagrożone z powodu rosnącej liczby doniesień o narastającej odporności owadów na bakteryjne białka Cry1 i Cry2, które są kluczowymi elementami tych biologicznych środków ochrony roślin. Bez innowacyjnych rozwiązań ta niezwykle istotna technologia może stopniowo tracić swoją skuteczność, tworząc niebezpieczną lukę na rynku biologicznej ochrony roślin oraz poważne wyzwania dla rolnictwa na całym świecie.

Gdzie więc należy szukać rozwiązania? Odpowiedź prawdopodobnie leży w zasięgu ręki. Ogromny, a zarazem wciąż niezgłębiony arsenał *B. thuringiensis* ponownie oferuje znaczącą szansę na postęp w rozwoju bioinsektycydów. Wśród najbardziej obiecujących kandydatów znajdują się białka Cry9 – enigmatyczna grupa białek owadobójczych o unikalnych właściwościach i potencjalnej skuteczności wobec szerszego spektrum szkodników, w tym gatunków odpornych. Jednak pełne wykorzystanie ich potencjału wymaga najpierw dogłębnego zrozumienia mechanizmów działania tych toksyn.

Choć obecnie znamy już sekwencje 15 różnych toksyn Cry9 to nasze zrozumienie ich biologicznych właściwości pozostaje ograniczone, zwłaszcza w porównaniu z kompleksowo przeanalizowanymi białkami Cry1 i Cry2. Jednakże, nasze ostatnie odkrycia ujawniają niezwykłą aktywność jednej z toksyn Cry9 wobec szkodników z rzędu Lepidoptera o dużym znaczeniu ekonomicznym, co pozwala podejrzewać wysoki potencjał entomopatogenny i aplikacyjny "ukryty" w grupie Cry9. Wstępne analizy filogenetyczne pokazują dodatkowo intrygującą architekturę domen wśród białek Cry9, co sugeruje znaczną różnorodność ewolucyjną. Te różnice strukturalne mogą przyczyniać się do nietypowego spektrum owadów wrażliwych na te toksyny i podkreślać motywację do dalszych badań nad ich właściwościami owadobójczymi.

Projekt ten ma na celu przeprowadzenie kompleksowych badań nad białkami pestycydowymi z grupy Cry9, obejmujących:

- Udoskonalone pangenomowe wyszukiwanie nowych wariantów toksyn Cry9 i pozostałych,
- Kompleksowa analiza *in silico* znanych i nowo odkrytych białek Cry9,
- Ekspresja, oczyszczanie i wszechstronna charakterystyka toksyn Cry9,
- Aktywność toksyn Cry9 wobec owadów z rzędu Lepidoptera i innych grup bezkręgowców,
- Analizy strukturalno-funkcjonalne w celu wyjaśnienia molekularnych podstaw ich specyficzności.

Prace te pozwolą na poznanie genomowych, molekularnych i owadobójczych właściwości toksyn Cry9, znacząco poszerzając naszą wiedzę na temat biologii *B. thuringiensis* i jej różnorodnych mechanizmów entomopatogennych. Dzięki szczegółowej charakterystyce tych fascynujących białek ujawnimy ich adaptacje ewolucyjne, zależności strukturalno-funkcjonalne oraz unikalne mechanizmy działania, dostarczając kluczowych informacji o interakcjach toksyn z bezkręgowcami. Co więcej, wyniki fundamentalnych badań mogą znacząco wpłynąć na rozwój metod biologicznej ochrony roślin, które coraz częściej napotykają problemy związane z odpornością owadów na istniejące środki biokontroli. Dogłębne studium, dotyczące toksyn Cry9, wraz z oceną ich aktywności biologicznej, ustanowi kluczowe podwaliny do zastosowania tych białek jako nowej generacji bioinsektycydów i opracowania nowych strategii ochrony roślin w rolnictwie, ogrodnictwie i leśnictwie. Zaoferuje to bardziej zrównoważone i skuteczne rozwiązania, jednocześnie ograniczając zależność od pestycydów chemicznych.