

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



**[Laboratoria](#)**  
**[.net](#)**  
**[Innowacje](#)**  
**[Nauka](#)**  
**[Technologie](#)**

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Juglon - substancja toksyczna z orzecha

### Streszczenie

Allelopatia to szkodliwe bądź korzystne oddziaływanie jednej rośliny na drugą. Za zjawisko to odpowiedzialnych jest szereg związków chemicznych wydzielanych przez rośliny. Juglon jest allelopatiną wydzielaną przez drzewa z rodziny Juglandaceae. Należy on do związków fenolowych i wywiera silne toksyczne oddziaływanie w stosunku do większości roślin oraz niektórych zwierząt. Jednakże związek ten, ze względu na szereg swoich właściwości, stał się cennym surowcem wykorzystywanym przez człowieka w wielu dziedzinach życia, od kosmetologii po medycynę.

**Słowa kluczowe:** juglon, 5 - hydroksy - 1,4 - naftochinon, allelopatia, medycyna

## Wstęp

Wszystkim dobrze znane jest zjawisko tzw. zamierania orzechowego. Polega ono na tym, że rośliny wyższe dość marnie rosną w okolicy orzecha lub nie spotyka się ich tam w ogóle. Jest to najstarszy przykład zjawiska zwanego allelopatią [16].



Podczas pierwszego Światowego Kongresu Allelopatii w roku 1996, sformułowana została definicja tego zjawiska. Allelopatia jest to każdy proces, który wpływa na wzrost i rozwój systemów biologicznych i rolniczych (wyłączając zwierzęta), angażujący wtórne metabolity wytwarzane przez rośliny, mikroorganizmy, wirusy i grzyby. Dotyczy to zarówno skutków pozytywnych, jak i negatywnych [6]. Wyróżniane są dwa typy allelopatii, prawdziwa i funkcjonalna. Allelopatia prawdziwa, charakteryzuje się tym, że substancje allelopatyczne (allelopatyki, allelopatiny) są produkowane bezpośrednio przez roślinę, natomiast allelopatia funkcjonalna ma miejsce, gdy związki chemiczne wyprodukowane przez roślinę stają się allelopatykami dopiero po przekształceniu w glebie np. przez mikroorganizmy [3]. Do substancji o silnym działaniu allelopatycznym należą niektóre flawonoidy, chinony, taniny hydrolizujące i skondensowane oraz inne związki fenolowe, jak np. kwas chlorogenowy, czy wanilinowy [19].

Za silne oddziaływania środowiskowe roślin z rodziny Juglandaceae (Orzechowate) odpowiedzialne są związki fenolowe, pochodne naftochinonów oraz lotne terpenoidy. Jednakże najważniejszym z nich wydaje się być juglon [11]. Juglon jest jednym z silniejszych występujących w przyrodzie fitotoksycznych allelopatyków, hamuje wzrost i rozwój wielu roślin w stężeniu mniejszym niż  $1 \mu\text{M}$  [9].

### Krótką charakterystyka związku

Juglon należy do związków fenolowych, jest pochodną naftochinonu o wzorze sumarycznym  $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_3$  i masie molowej  $174,16 \text{ g/mol}$ . Jest on związkiem bicyklicznym, zawierającym pierścień aromatyczny hydroksylowany w pozycji 5 oraz pierścień chinoidowy z tlenem w pozycji 1 i 4 [18]. Należy do związków słabo rozpuszczalnych nawet w ciepłej wodzie, natomiast jest dobrze rozpuszczalny w alkoholu, acetonie, chloroformie, benzenie i kwasie octowym. Temperatura topnienia juglonu wynosi  $155^\circ\text{C}$  [7].

Juglon dla przeciętnego człowieka jest przykrą substancją, odpowiedzialną za brudzenie rąk na brązowo podczas obierania orzechów [19]. W rzeczywistości związek ten, o nazwie 5 - hydroksy - 1,4 - naftochinon, wydzielany jest przez drzewa z rodziny Juglandaceae, w szczególności przez *Juglans regia* L. (orzech włoski), *Juglans cinerea* L. (orzech szary) i *Juglans nigra* L. (orzech czarny) [12]. Biosynteza juglonu zachodzi w liściach i innych zielonych tkankach orzecha, następnie transportowany jest przez elementy sitowe floemu do pozostałych organów [11]. Występuje on w różnych tkankach orzecha, m. in. w korzeniach, kwiatostanach i zielonych okrywach liści, ale największe jego stężenie wykazano w powierzchniowej warstwie woskowej [3,11,12]. W tkankach orzecha występuje on w postaci glikozydowej, który w wyniku hydrolizy przekształca się do bezbarwnego i nietoksycznego  $\alpha$  - hydrojuglonu. Dopiero po zetknięciu się z powietrzem  $\alpha$  - hydrojuglon zostaje utleniony do swojej toksycznej, lecz zdecydowanie bardziej stabilnej formy - juglonu [11,16]. Hydrojuglon, obecny w żywych tkankach orzecha, prawdopodobnie bierze udział

w procesach rozwojowych i wchodzi w skład mechanizmów obronnych organizmu [5].

### **Allelopatyczne działanie juglonu**

Juglon, wypłukiwany przez deszcz z liści orzecha lub wydzielany przez korzenie, dostaje się do roztworu glebowego i potrafi zalegać w glebie do głębokości 2m [19]. Rośliny znajdujące się w niedalekim sąsiedztwie orzecha (w odległości do 30 m od pnia) pobierają substancję toksyczną przez korzenie, w wyniku czego wiele roślin słabo się rozwija i zamiera. Dotyczy to zarówno roślin zielnych, jak i drzewiastych. Zaobserwowano, że obszar osłabienia pomidorów pokrywa się z zasięgiem systemu korzeniowego orzecha [5,9].

Na akumulację juglonu w glebie oraz jego dostępność dla roślin sąsiadujących z orzechem wpływa wiele czynników, m. in. interakcje ryzosfery, pobieranie go przez organizmy glebowe, czy adsorpcja na cząsteczkach gleby [14]. Związek ten jest częściowo metabolizowany przez bakterie glebowe ze szczepu *Pseudomonas J1*, jednakże raczej nie w takim stopniu, by zapobiec ekspozycji roślin na toksynę [13]. Poziom wilgotności gleby także nie jest bez znaczenia dla przyswajalności juglonu - im wyższy tym rośliny są bardziej narażone na jego toksyczne działanie. Zostało to potwierdzone w doświadczeniu, które polegało na posadzeniu *Pinus strobus* L. (sosna biała) w pobliżu orzecha czarnego. W dobrze odwodnionej glebie sosny rosły prawidłowo, natomiast w słabo odwodnionej efekt allelopatyczny orzecha spowodował wymarcie całej populacji [14].

Jak już wcześniej wspomiano, juglon ma bardzo silne właściwości fitotoksyczne. Wiadomo, że hamuje on kiełkowanie nasion i rozwój siewek. Efekty te można zaobserwować na poziomie organizmowym, są one jednak skutkami innych działań juglonu związanych z procesami zachodzącymi na poziomie komórkowym. Dokładny mechanizm działania 5 - hydroksy - 1,4 - naftochinonu nie został jeszcze poznany [5]. Zaobserwowano, że związek ten ogranicza syntezę białek. Indukuje natomiast produkcję kalozy, powodując zatykanie roślinnych rurek sitowych, co w konsekwencji zmniejsza dopływ asymilatów do tkanek roślinnych [19]. Badania wykazały, że w korzeniach *Zea mays* L. (kukurydza) i *Glycine max* L. (soja) juglon odpowiedzialny jest za hamowanie aktywności plazmalemmowej H<sup>+</sup> - ATPazy, pompy protonowej zaangażowanej w szereg niezmiernie ważnych procesów zachodzących w komórkach. Inaktywacja pompy protonowej uniemożliwia tworzenie gradientu elektrochemicznego w poprzek błony, co ma wiele negatywnych dla rośliny skutków, m. in. hamuje pobieranie wody i substancji odżywczych przez korzenie [5]. Ponadto juglon ogranicza wiązanie tlenu w chloroplastach, zaburza funkcjonowanie mitochondriów i oddychanie komórkowe [11]. Juglon działa destrukcyjnie na organizmy roślinne także ze względu na to, że indukuje powstawanie reaktywnych form tlenu [3]. Ważnym procesem zakłócanym przez 5 - hydroksy - 1,4 - naftochinon jest fotosynteza, prawdopodobnie jest to związane ze spadkiem zawartości chlorofilu w chloroplastach oraz inhibicją dioksygenazy  $\rho$  - hydroksyfenylopirogonianu, która jest kluczowym enzymem szlaku biosyntezy plastochinonu [1,5]. Ponadto juglon hamuje rozwój brodawek u roślin motylkowych [19].

Wiele roślin jest wrażliwych na obecność orzecha w bliskim sąsiedztwie, należą do nich: pomidor, ziemniak, groch, ogórek, jabłoń, arbuz, fasola, rzeżucha ogrodowa, kukurydza, soja, gorczyca, lucerna, pszenica oraz wiele gatunków roślin ozdobnych, jak rododendron, czy azalia. Istnieje także garstka roślin użytkowych, które rzekomo są odporne na destrukcyjne działanie juglonu, należą do nich cebula (*Allium cepa* L.), słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosum* L.), burak cukrowy (*Beta vulgaris* var. *altissima*) i niektóre gatunki fasoli [16].

Istnieją również doniesienia o korzystnym wpływie juglonu na pewne gatunki roślin. Badania nad jedną z odmian bawełny, wykazały, że juglon w stężeniu 10<sup>-3</sup> M przyspiesza jej kiełkowanie oraz zwiększa plonowanie [10]. Ponadto zaobserwowano, że ekspozycja na ten związek, przyspiesza

wzrost siewek melona. Zjawisko to jest ściśle skorelowane ze zwiększeniem zawartości białek i średnicy naczyń ksylemu, a także stymulacją aktywności katecholazy i tyrozynazy. Korzystny efekt działania juglonu na melona ma miejsce jedynie w przypadku zetknięcia się rośliny z toksyną przed rozpoczęciem kiełkowania i najprawdopodobniej związany jest z mechanizmami biochemicznymi odpowiedzialnymi za detoksykację juglonu w komórkach [15].

### **Właściwości juglonu i możliwe ich wykorzystanie**

Juglon wpływa niekorzystnie nie tylko na większość roślin, lecz także na niektóre zwierzęta. Za przykład mogą tutaj posłużyć konie, które reagują alergicznie na, używane do ściółkowania podłoża w stajniach, łuski i trociny z orzecha czarnego [19]. Ponadto juglon działa uspokajająco na ryby i ssaki. Związek ten hamuje również pracę mitochondriów w mięśniach skrzydłowych owadów oraz rozwój ich larw [5].

Większość substancji biologicznie czynnych budzi zainteresowanie człowieka. Poznanie możliwych efektów działania juglonu pozwoliło na wykorzystanie go lub próby wykorzystania w różnych dziedzinach życia człowieka. Rozwój biotechnologii otwiera nowe możliwości dla podniesienia efektywności i skuteczności allelopatii i wykorzystania jej, jako alternatywnej metody ochrony roślin użytkowych. Walka z zachwaszczeniem upraw w 2 połowie XX wieku opierała się głównie na stosowaniu herbicydów syntetycznych. Wzmożone użycie tego typu środków w rolnictwie spowodowało wzrost liczby roślin odpornych na ich stosowanie, a ponadto wywołało zagrożenie dla środowiska wynikające z nagromadzania się chemikaliów w glebie i wodach. Zrodziła się zatem potrzeba stworzenia herbicydów przede wszystkim o wysokim stopniu bezpieczeństwa zarówno dla środowiska, jak i dla człowieka. Różnorodność allelopatyków może stanowić podstawę do konstruowania na ich bazie środków ochrony roślin, jednym z proponowanych w tym celu substancji jest właśnie juglon [4].

5 - hydroksy - 1,4 - naftochinon znalazł swoje zastosowanie również w medycynie. Posiada on właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze i przeciwwirusowe. Jest on jednym z najsilniejszych związków antyseptycznych w przyrodzie, w związku z tym jest stosowany w walce z pasożytami układu pokarmowego, jak np. owsiki, czy glisty, jak również w leczeniu zakażeń bakteryjnych skóry i grzybic [19]. Juglon zapobiega wzrostowi bakterii odpowiedzialnych za rozwój próchnicy (*Streptococcus mutans* i *Streptococcus sanguis*) oraz patogenów przyzębowych (*Porphyromonas gingivalis* i *Prevotella intermedia*) [17]. Hamuje również replikację wirusa HIV - 1, poprzez inhibicję aktywności rybonukleazy H [2].

Chinony są jedną z największych dotychczas poznanych grup środków przeciwnowotworowych. Dotychczasowa wiedza na temat tej grupy wykorzystywana jest do tworzenia nowych leków przeciwnowotworowych, wykazujących większą selektywność i pozwalających na bardziej racjonalne zastosowanie w terapii. Także juglon wykazuje działanie cytotoksyczne na różnorodne komórki nowotworowe. Udokumentowano jego hamujący wpływ na tworzenie azoksymetanu, czynnika wywołującego nowotwór jelita grubego u szczurów F344. Badania wykazały, że juglon jest silnym inhibitorem izomerazy peptydylowo - propylowej Pin1, a zahamowanie aktywności tej izomerazy powoduje zatrzymanie cyklu komórkowego różnego typu komórek nowotworowych i skierowanie ich na drogę apoptozy [17]. Zastosowanie 5 - hydroksy - 1,4 - naftochinonu wywołuje efekty cytotoksyczne i genotoksyczne w stosunku do komórek nowotworowych. Obecność tej toksyny powoduje śmierć komórek na drodze apoptozy lub nekrozy, najprawdopodobniej na skutek indukcji stresu oksydacyjnego, uszkodzenia błony komórkowej oraz oddziaływania klastogenicznego, powodującego pęknięcia chromosomów. Ponadto hamuje on aktywność polimerazy II RNA a także innych białek enzymatycznych, poprzez inaktywację grup tiolowych. Juglon oddziałuje na komórki wielokierunkowo, wiadomo również, że wykazuje on działanie komórkospecyficzne, jednakże

dokładny mechanizm tego działania pozostaje niejasny [12].

Juglon jest również szeroko stosowany w przemyśle chemicznym i kosmetycznym. Ze względu na swoje właściwości antyseptyczne, stanowi składnik środków przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych [5]. Jego wykorzystanie w kosmetologii ma związek z bursztynowym zabarwieniem związku. Juglon delikatnie przyciemnia skórę i powoduje, że nabiera ona złoto - brązowego odcienia. Stosowany jest on w środkach kosmetycznych sprzyjających opalaniu, samoopalaczach oraz farbach do włosów [8,19].

Obecnie juglon jest substancją dostępną komercyjnie. Na szeroką skalę uzyskiwany jest metodą Tietze i oczyszczany za pomocą chromatografii rzutowej [12].

## **Podsumowanie**

Zjawisko wzajemnych oddziaływań pomiędzy roślinami można zaobserwować właściwie wszędzie. Rośliny oddziałują na siebie na wzajem w dwojaki sposób bądź zyskując przewagę bądź działając na korzyść konkurenta. Najstarszym przykładem tego zjawiska, zwanego allelopatią, jest hamowanie rozwoju roślin w bliskim sąsiedztwie orzecha czarnego. Postęp nauk biologicznych i chemicznych pozwolił na rozwikłanie zagadki allelopatii. Wiadomo, iż za szkodliwe lub korzystne oddziaływanie roślin między sobą odpowiada szereg substancji zwanych allelopatinami. W przypadku orzecha jest to juglon.

Juglon hamuje wzrost i rozwój większości roślin. Działa on na poziomie komórkowym, jako inhibitor wielu enzymów i wielu procesów zachodzących w komórce. Znacząca większość roślin zarówno zielnych, jak i drzewiastych jest podatna na jego szkodliwy wpływ. Jednakże substancja ta, wchodząca w roślinie źródłowej w skład mechanizmów obronnych, stała się cennym surowcem dla człowieka. Wykorzystywana jest obecnie w różnych dziedzinach przemysłu, szczególnie zaś w medycynie i kosmetologii. A poddana dalszym badaniom może stać się bezpieczną i skuteczną bronią w walce z nowotworami u ludzi.

**Autor: Magdalena Maniecka**

## **Literatura:**

1. Böhm PAF, Zanardo FML, Ferrarese MLL, Ferrarese - Filho O. 2006. Peroxidase activity and lignification in soybean root growth-inhibition by juglone. *Biologia Plantarum* 50:315-317
2. Bołonkowska O, Pietrosiuk A, Sykłowska - Baranek K. 2011. Roślinne związki barwne i ich właściwości biologiczne oraz możliwości wytwarzania w kulturach in vitro. *Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego* 1:1-27
3. Gniazdowska A, Oracz K and Bogatek R. 2004. Allelopatia - nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami. *Kosmos* 2:207-217
4. Gniazdowska A. 2007. Biotechnologia szansą dla zastosowania allelopatii jako alternatywnej metody zwalczania chwastów. *Biotechnologia* 77:42-53
5. Hejl AM, Koster KL. 2004. Juglone disrupts root plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity and impairs water uptake, root respiration, and growth in soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Journal of Chemical Ecology* 30:453-471
6. <http://haltonhelps.org/Egardening/Allelopathy.htm>
7. [http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem\\_background/exsumpdf/juglone.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/juglone.pdf)
8. <http://www.wydawnictwoapteka.pl/files/UserFiles/file/2011/03/ziola%20dla%20urody.pdf>
9. Jasicka - Misiak I. 2009. Allelopatyczne właściwości metabolitów wtórnych roślin uprawnych.

Wiadomości Chemiczne 63:39-62

10. Khodzhibaeva SM, Filatowa OF, Tyshchenko AA. 2000. New aspects of the preparation and control of juglone. *Chemistry of Natural Compounds* 36:281-283
11. Matok H. 2010. Wpływ wybranych metabolitów wtórnych orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) na kiełkowanie roślin. Rozprawa doktorska
12. Montenegro RC, Araújo AJ, Molina MT, Marinho Filho JDB, Rocha DD, López - Montero E, Goulart MOF, Bento ES, Alves APNN, Pessoa C, de Moraes MO, Costa - Lotufo LV. 2010. Cytotoxic activity of naphthoquinones with special emphasis on juglone and its 5-O-methyl derivative. *Chemico - Biological Interact* 184:439-448
13. Schmidt SK. 1988. Degradation of juglone by soil bacteria. *Journal of Chemical Ecology* 14:1561-1571
14. Scott R and Sullivan WC. 2007. A review of suitable companion crops for black walnut. *Agroforestry Systems* 71:185-193
15. Terzi I, Kocaçalışkan I, Benlioğlu O and Solak K. 2003/4. Effects of juglone on growth of muskmelon seedlings with respect to physiological and anatomical parameters. *Biologia Plantarum* 47:317-319
16. Terzi I. 2008. Allelopathic effects of Juglone and decomposed walnut leaf juice on muskmelon and cucumber seed germination and seedling growth. *African Journal of Biotechnology* 7:1870-1874
17. Thakur A. 2011. Juglone: A therapeutic phytochemical from *Juglans regia* L. *Journal of Medicinal Plants Research* 22:5324-5330
18. Von Kiparski GR, Lee LS, Gillespie AR. 2007. Occurrence and fate of the phytotoxin juglone in alley soils under black walnut trees. *Journal of Environmental Quality* 36:709-717
19. Wojcieszńska D and Wilczek A. 2006. Związki fenolowe pochodzenia naturalnego. *Chemia w Szkole* 6:6-12

<http://laboratoria.net/arttykul/12388.html>

**Informacje dnia:** [Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025! Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn Świąteczna apteczka Radioaktywny pluton się nie ukryje Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14 Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025! Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn Świąteczna apteczka Radioaktywny pluton się nie ukryje Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14 Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025! Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn Świąteczna apteczka Radioaktywny pluton się nie ukryje Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14](#)

**Partnerzy**