

GRZEGORZ WĘGRZYN*

Naukowe niespodzianki, czyli dlaczego odkryć naukowych nie można przewidzieć

Wstęp – specyfika nauki

Jeśli mówimy o nauce, to możemy zadać sobie pytanie: co to jest nauka, co to są badania naukowe? Odpowiedź jest stosunkowo prosta – z definicji, według słownika języka polskiego, badanie to „prace zmierzające do poznania czegoś za pomocą analizy naukowej” [1]. Można tę definicję uszczegółowić, stwierdzając, że badania naukowe to działania mające na celu odkrywanie wcześniej nieznanych faktów, zjawisk, procesów, mechanizmów itd., przy zastosowaniu metod obiektywnych, powtarzalnych i sprawdzalnych (weryfikowalnych). Co to oznacza w praktyce? Otóż skoro dążymy do zbadania czegoś nieznanego, to nie ma możliwości dokładnego zaplanowania tego, co odkryjemy, bo tego nie znamy. Ta aktywność człowieka różni się od wszystkich innych, gdzie mimo, że stawiane cele mogą być zarówno łatwe i proste, jak też bardzo ambitne i trudne, to można dokładnie wskazać konkretny cel końcowy działania, jaki chcemy osiągnąć, konkretne środki, jakie są do tego potrzebne, i konkretne metody, jakie trzeba zastosować. Jeśli zatem możemy przewidzieć, co dokładnie jest potrzebne do realizacji zakładanych celów, to może być to jakakolwiek działalność człowieka oprócz... prowadzenia badań naukowych, gdyż ich wyników z definicji nie można przewidzieć.

Zrozumienie powyższej, logicznej zależności ma swoje głębokie konsekwencje zarówno w warunkach, jakie muszą być stworzone do uprawiania nauki, jak też w efektach badań naukowych. Wspominając o warunkach, mam na myśli chociażby różne przepisy, które jeśli nie są do specyfiki badań naukowych dostosowane, to bardzo skutecznie je blokują. Klasycznym przykładem jest stosowanie przepisów prawa zamówień publicznych [2] przy prowadzeniu badań naukowych, a konkretnie konieczności przeprowadzania przetargów, co z samego założenia i z wyżej przytoczonej definicji nauki nie ma najmniejszego sensu! Aby bowiem te przepisy miały choćby minimalnie pozytywny efekt, trzeba z dużym wyprzedzeniem czasowym znać szczegółową listę potrzeb niezbędnych do realizacji zadań. W badaniach naukowych jest to całkowicie niemożliwe.

* Prof. dr hab. Grzegorz Węgrzyn (grzegorz.wegrzyn@ug.edu.pl), Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Katedra Biologii Molekularnej

W konsekwencji stosowanie przepisów prawa zamówień publicznych w ogromnym stopniu opóźnia i ogranicza efektywność badań naukowych, powodując w rezultacie marnowanie dużej części środków przeznaczanych na naukę poprzez blokowanie elastyczności ich wydatkowania (całkowicie niezbędnej w badaniach, gdyż potrzeba kolejnego, specyficznego wydatku jest znana dopiero po uzyskaniu wyniku poprzedniego eksperymentu naukowego), a co za tym idzie długotrwałe i skuteczne hamowanie postępu prac. Aby badania naukowe mogły być wydajne, konieczne jest szybkie podejmowanie decyzji o następnych krokach w procesie poznawania rzeczywistości, które to kroki są bezpośrednio zależne od uzyskanych przed chwilą rezultatów. Jeśli nie można tego zapewnić, prowadzenie prac badawczych może przynieść jedynie niewiele znaczące, przyczynkarskie efekty, poznawania mało istotnych, bo w dużej mierze przewidywalnych, szczegółów, niepowodujących znacznego postępu w poznaniu świata.

Z drugiej strony, nieprzewidywalność efektów prac naukowych powoduje, że uzyskiwanie zaskakujących wyników jest w nauce stosunkowo częste. Poniżej omówione zostaną różne przykłady takich niespodzianek, wskazujących, jak zaskakujące rezultaty, czasami będące wynikiem niezamierzonych pomyłek badaczy, doprowadziły do przełomowych odkryć. Pomyłka w nauce nie oznacza bowiem jednocześnie błędu! Z drugiej strony, ludzkie mniemanie, że wiemy już o naturze bardzo wiele, prowadziło czasami do tragicznych skutków, których przykłady również zostaną przedstawione. Szczególnie niebezpieczne może być przekonanie osób, które same nigdy nie prowadziły badań naukowych w celach poznawczych, ale które mają władzę, o słuszności swoich pomysłów i teorii, które okazują się najczęściej pseudonaukowe, a ich twierdzenia bardzo mijają się z prawdą. Od sprawujących władzę powinniśmy zatem oczekiwać wspierania badań naukowych i wskazywania na ich niezwykle ważną rolę nie tylko czysto poznawczą, ale także społeczną i gospodarczą (bez nich bowiem żaden istotny postęp nie byłby możliwy, oprócz dokonywania niewielkich ulepszeń na małą skalę), ale jeśli sami nie są naukowcami, to nie powinni nawet próbować stawiać swoich teorii jako słusznych naukowo. Świat działa bowiem na zasadach naturalnych mechanizmów występujących w przyrodzie zjawisk i procesów, które staramy się zrozumieć, nie jest natomiast odzwierciedleniem czyichś niepopartych naukowymi faktami przekonań czy marzeń.

Naukowe pomyłki mogą być podstawą wielkich odkryć

W 1898 roku Charles H. Duell, stojący na czele Urzędu Patentowego USA, wystąpił do prezydenta tego kraju o likwidację urzędu, którym kierował. W uzasadnieniu twierdził, że „wszystko, co można wynaleźć, już zostało wynalezione” [3]. Dzisiaj wiemy, jak bardzo mylił się on w swojej ocenie wiedzy posiadanej przez ludzkość. Nie trzeba

nikogo przekonywać, jak wielu dokonano od tamtej pory odkryć i wynalazków. Ważne jest zatem, abyśmy zdawali sobie sprawę nie tylko z tego, co już wiemy, ale też z ogromu tego, czego jeszcze nie wiemy o otaczającym nas świecie i o sobie samych. Istotne jest także docenianie dokonywanych odkryć, nawet jeśli w chwili ich opisywania wydają się one może mało ważne albo zupełnie nieprzydatne ludzkości. Któż bowiem myślał na przykład, jakie znaczenie ma opisanie w 1871 roku przez Johanna Friedricha Mieschera związku, który nazwał on nukleina [4], a który obecnie znany jest jako kwas deoksyrybonukleinowy (DNA)? Współczesnej biologii, biotechnologii czy medycyny (zarówno diagnostyki, jak i nowoczesnych metod terapeutycznych) nie sposób wyobrazić sobie bez znajomości budowy i funkcji DNA, podczas gdy odkrycie Mieschera nie wywołało wielkiego poruszenia, jako że „nukleina” uważana była raczej za mało znaczący związek chemiczny, mogący być raczej substancją zapasową albo prekursorem innych substancji (np. lecytyny) niż cząsteczką pełniącą rolę materiału genetycznego, decydującego o procesach dziedziczenia cech organizmów.

Podczas prowadzenia badań naukowych konieczne jest stawianie hipotez badawczych. Ich weryfikacja nie zawsze prowadzi oczywiście do ich poparcia, a wręcz przeciwnie, często taka hipoteza okazuje się fałszywa. Nie oznacza to jednak, że hipotezy, które nie sprawdziły się, nie mogą przyczynić się do ważnych odkryć i stanowić podstawę rozwoju nowych kierunków badawczych. Jedną z takich hipotez postawił w 1915 roku Frederick Twort, brytyjski mikrobiolog, który poszukiwał niepatogennych wirusów dających się hodować niezależnie od organizmów ich gospodarzy. Należy pamiętać, że ponad 100 lat temu o wirusach wiadano bardzo niewiele, a głównie znane były efekty ich aktywności jako czynników wywołujących choroby ludzi i zwierząt. Twort zakładał, że skoro w przyrodzie istnieją zarówno patogenne, jak i niepatogenne bakterie, pierwotniaki czy grzyby, to również powinny istnieć niepatogenne wirusy, a tylko niewielka wiedza o tych mikrobach powodowała, że nieznanne były ich formy niepatogenne. Dzisiaj wiemy, że wszystkie wirusy są z definicji bezwzględnie pasożytami [5], nie mogą zatem istnieć ich formy rozwijające się i namnażające poza komórkami gospodarza, czyli jego poszukiwania były skazane na niepowodzenie. Nie wiedząc jednak o tym, Twort testował tysiące różnych pożywek i dodatków do nich, zmierzając do wyhodowania niepatogennych wirusów. Mimo niepowodzeń, odkrył jednak i opisał ciekawe zjawisko [6]. Mianowicie, w trakcie badań, zamiast uzyskania wzrostu niepatogennych wirusów, na płytkach z pożywką zawierającą surowicę krwi bydłowej pojawiły się kolonie gronkowca złocistego, bakterii będącej zanieczyszczeniem badanych próbek. Niektóre z tych kolonii miały jednak nietypowy wygląd, który zainteresował Tworta, miały bowiem specyficzne ubytki. Materiał wyizolowany z tych ubytków kolonii dawał wyraźne przejaśnienia na murawie hodowli bakteryjnej, powstałej z wysiana milionów komórek gronkowca złocistego, co świadczyło o antybakteryjnych właściwościach. Sam Twort sądził,

że są to jakieś enzymy wydzielane przez bakterie, które działają bakteriobójczo na inne komórki, jednak dzisiejsza analiza tych wyników wskazuje jednoznacznie, że obserwował on lysinki bakteriofagów, czyli efekty bakteriobójczego działania wirusów zakażających specyficznie komórki bakterii. Dzisiaj wiemy, że bakteriofagi są najliczniejszymi formami biologicznymi na Ziemi (ich liczbę szacuje się na około 10^{31} [7]), są one niezwykle istotnymi elementami biosfery, regulując liczbę bakterii w środowisku naturalnym [8], znalazły ogromne zastosowanie w biotechnologii [9, 10], a także są niezmiernie ważne w medycynie, zarówno jako czynniki przenoszące geny wielu toksyn produkowanych przez bakterie (co decyduje o ich patogenności) [11], jak również czynniki bakteriobójcze, których użycie testowane jest jako potencjalna nowa metoda zwalczania infekcji bakteryjnych [12].

Rosyjski biolog Georgii D. Karpechenko w pierwszej połowie XX wieku pracował nad hodowlą nowych roślin uprawnych, głównie w świetle niedoboru żywności. Ponieważ rzodkiewka (*Raphanus sativus*) i kapusta (*Brassica oleracea*) są spokrewnionymi roślinami – obie należą do rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*) – można było zakładać iż uda się je skrzyżować. Ponieważ z rzodkiewki używane są w celach spożywczych jedynie korzenie, zaś z kapusty jedynie liście, to Karpechenko zakładał, że roślina powstała w wyniku krzyżówki będzie miała korzenie rzodkiewki i liście kapusty, dzięki czemu będzie mogła być znacznie efektywniej wykorzystywana niż rośliny macierzyste. Co ciekawe, po wielu próbach, krzyżówka taka udała się i powstała roślina nazwana *Raphanobrasica* (co można dosłownie przetłumaczyć jako „rzodkiewko-kapusta”) [13]. Dlaczego jednak obecnie nie wykorzystujemy tej rośliny w uprawie i celach spożywczych? Otóż *Raphanobrasica* ma korzenie kapusty i liście rzodkiewki, jest zatem dla rolnictwa zupełnie bezużyteczna. Niemniej było to ważne odkrycie naukowe, jako iż roślina ta była pierwszym przykładem allopoliploidii, czyli zjawiska polegającego na tym, że genom (całość materiału genetycznego) organizmu powstałego w wyniku krzyżowania dwóch różnych gatunków składa się z dwóch pełnych genomów obu organizmów rodzicielskich. Zarówno diploidalny genom rzodkiewki, jak i genom kapusty mają po 9 par (czyli w sumie 18) chromosomów, natomiast genom *Raphanobrasica* to 18 par (czyli w sumie 36) chromosomów, z których połowa pochodzi od rzodkiewki, a połowa od kapusty. Dzisiaj wiadomo, że allopoliploidia jest ważnym zjawiskiem, a wiele obecnie uprawianych roślin to genetyczne allopoliploidy [14].

Zjawisko interferencji RNA, polegające na specyficznym wyciszeniu ekspresji danego genu przez niekodujące cząsteczki RNA komplementarne do kodujących cząsteczek mRNA powstałych po transkrypcji tego genu [15], zostało również wykryte przypadkowo. Prowadzono badania nad uzyskaniem odmiany petunii wytwarzającej kwiaty o bardziej intensywnej barwie. W tym celu do komórek wprowadzono dodatkową kopię genu kodującego enzym biorący udział w produkcji barwnika. Jednakże powstałe trans-

geniczne rośliny charakteryzowały się białymi kwiatami, czyli utraciły barwnik, zamiast produkować go w większej ilości [16]. Okazało się, że klonowany gen został umieszczony w odwrotnej orientacji, w wyniku czego zamiast dodatkowych cząsteczek mRNA produkowane były antysensowne transkrypty, które wyciszały ekspresję genu, zamiast ją wzmacniać. Niemniej zjawisko to okazało się niezmiernie istotnym mechanizmem regulacji ekspresji genów, występującym u bardzo różnych grup organizmów, a jego znaczenie doceniono, przyznając Nagrodę Nobla za wyjaśnienie mechanizmu tego procesu [17].

Powyższe opisy to tylko przykłady wielu odkryć naukowych, które były zupełnie niespodziewane, a które przyniosły niezwykle ważne informacje o zjawiskach i ich mechanizmach. Ta nieprzewidywalność nauki jest czymś nierozłącznie związanym z prowadzeniem badań. Należy jednak zwrócić uwagę, że naukowiec prowadzący badania powinien być świadomy możliwości takich niespodzianek i umieć wykorzystać „dziwne” wyniki w celu poznania mechanizmów procesów, które bada, przyczyniając się w ten sposób do lepszego poznania świata.

Gdy polityka chce udawać naukę – hamulce nauki i pseudonauka

O ile niespodziewane odkrycia są częstym stymulatorem nauki, o tyle działania mające na celu „udowodnienie” z góry zakładanej tezy, czyli tak naprawdę działania pseudonaukowe, mogą stać się poważnymi hamulcami badań naukowych. Szczególnie niebezpieczne jest podporządkowanie badań naukowych celom politycznym, gdyż wtedy presja na wykazanie słuszności wyimaginowanych twierdzeń może być wyjątkowo silna.

Tego typu działania występowały w historii wielokrotnie i w różnych postaciach, niekiedy przybierając groteskową, ale niekiedy tragiczną formę. W roku 1897, w USA, Senat Stanu Indiana zamierzał ustanowić twierdzenie matematyczne poprzez wprowadzenie odpowiedniej ustawy. Chodziło o problem kwadratury koła, polegający na niemożliwości skonstruowania kwadratu, którego pole równe jest polu danego koła. W 1896 r. lekarz z Indiany i matematyk amator, Edwin J. Goodwin stwierdził, że odkrył sposób na rozwiązanie kwadratury koła. Goodwin najprawdopodobniej źle zrozumiał, na czym polega kwadratura koła. Myślał, że to oznacza, że należy wpisać kwadrat w okrąg (w rzeczywistości tę niezbyt skomplikowaną operację geometryczną Archimedes wykonał około 2000 lat wcześniej). Niemniej Goodwin do udowodnienia swojego twierdzenia musiał zmienić wartość liczby π . Liczba ta oznacza stosunek obwodu koła (długości okręgu) do jego średnicy i jest stałą dla każdego koła/okręgu. Jest to liczba niewymierna, o przybliżonej wartości 3,14. Goodwin, w celu poparcia swojej tezy, twierdził, że π ma wartość wymierną, równą 3,2. Senat stanu Indiana zamierzał zatem

zmienić wartość liczby π , podejmując odpowiednią uchwałę, co zresztą miało szansę przełożyć się później na konkretne korzyści finansowe i wpływy do budżetu stanowego. W owym czasie do Indianapolis przybył prof. Clarence Abiathar Waldo w celu omówienia budżetu dla Akademii Nauk stanu Indiana. Był on matematykiem, a gdy jeden z senatorów pokazał mu projekt uchwały Senatu, stwierdzającej, że $\pi = 3,2$ prof. Waldo wskazał na oczywiste błędy w obliczeniach Goodwina oraz wytłumaczył, że nie da się rozwiązać kwadratury koła. Mimo to projekt ustawy został przedłożony pod obrady Senatu stanu Indiana. Jednak pod wpływem rozmów z prof. Waldo jeden z senatorów zauważył, że członkom Senatu brakuje kwalifikacji i uprawnień do zdefiniowania twierdzenia matematycznego. Pod wpływem tego głosu ustawy nie uchwalono [18].

Powyższa historia może wydawać się nawet zabawna, jednak podporządkowanie nauki celom politycznym miało w innych przypadkach skutki tragiczne. W III Rzeszy Niemieckiej od 1 stycznia 1934 roku obowiązywała przyjęta 14 lipca 1933 roku, inspirowana eugeniką (czyli systemem poglądów głoszących możliwość doskonalenia cech dziedzicznych człowieka, a tym samym gatunku ludzkiego), „Ustawa o zapobieganiu dziedzicznie choremu potomstwu”. Wprowadzone zostały pojęcia „rasy wyższej” i „antyrasy”. Doprowadziło to do powstania obozów koncentracyjnych (wkrótce po dojściu Adolfa Hitlera do władzy) dla Niemców określanych mianem „antyrasy”. Przeprowadzono absurdalne badania, polegające na pomiarach różnych parametrów budowy ciała ludzkiego, na podstawie których klasyfikowano ludzi do „rasy wyższej” albo „antyrasy” – oczywiście nie miało to żadnych podstaw naukowych. Nazistowscy eugenicy stworzyli kategorię „bezwartościowych życiowo”, do której zaliczono osoby z zaburzeniami psychicznymi, chorych na gruźlicę, ociemniałych, niedosłyszących i niektóre inne kategorie osób cierpiących na różne schorzenia. Po niespełna dziewięćdziesięciu latach od tych wydarzeń tego typu działania mogą się wydawać nie do pomyślenia, ale czy na pewno? Tak samo mało prawdopodobne mogłoby się wydawać to, co obecnie dzieje się w Ukrainie po napaści Rosji.

A co może się dzieć w tych rejonach geograficznych pokazuje inny przykład politycznego popierania pseudonauki. W Związku Radzieckim rządzonym przez Józefa Stalina promowana była teoria Trofima Łysenki (tzw. łysenkizm), która odrzucała prawa dziedziczności, przypisując nieograniczone możliwości przekształcania organizmów metodą zmian środowiskowych [19]. W 1948 r. wydany został dekret odrzucający zasady genetyki Mendla i uznanie łysenkizmu za oficjalną naukę państwa radzieckiego. Łysenko odrzucał teorię ewolucji Darwina i głosił, że osobniki jednego gatunku nie konkurują między sobą, lecz współpracują, co oczywiście wpisywało się wprost w ideę komunizmu. Teoria powstawania gatunków Łysenki zakładała, iż organizmy, jako kontrolowane przez warunki środowiskowe, mogą przy odpowiednim ich oddziaływaniu i ukształtowaniu zamienić się w dowolny inny gatunek. Kluczowym dowodem w teorii powstawania ga-

tunków Łysenki było twierdzenie, że „wystarczy odpowiednio karmić pisklę innego gatunku ptaka, a powstanie z niego kukułka”. Zadziwiająca w tym była nie tylko skala ignorancji Łysenki (niewiedza o tym, że kukułki składają swoje jaja w gniazdach ptaków innych gatunków, które karmią wylęgnięte z nich młode kukułki jak własne pisklęta), ale też łatwość przekonania ogromnych rzeszy ludzi do twierdzeń zupełnie pozbawionych logiki i jakiegokolwiek oparcia na faktach. Czy metodą było tu zastraszenie? Oponenci Łysenki faktycznie ryzykowali życiem, czego doświadczył m.in. Nikołaj Wawilow, wybitny biolog, skazany na śmierć za „udział w szpiegowskiej organizacji i zwalczanie łysenkizmu” [19].

Wnioski końcowe

Ponieważ badania naukowe polegają na odkrywaniu nieznanych wcześniej zjawisk, procesów, mechanizmów, itd., to nie jest możliwe przewidzenie rezultatów ich prowadzenia. Nie ma zatem nic dziwnego w tym, że rezultaty tych badań są zaskakujące. Niemniej, jeśli użyje się takie odkrycia do dalszych badań w celu lepszego zrozumienia otaczającego nas świata, to możliwe jest efektywne ich wykorzystanie. Ze względu na nieprzewidywalność odkryć naukowych, wszelkie przepisy prawne, których podstawą jest długofalowe planowanie efektów działań, mogą jedynie ograniczać efektywność prowadzenia badań, hamując tym samym rozwój nauki. Jeszcze większym hamulcem jest podporządkowanie nauki celom politycznym, w szczególności dążeniu do narzucania teorii pseudonaukowych, nieopartych żadnymi rzetelnymi badaniami, będących w sprzeczności z faktami, za to wygodnymi instrumentami w walce politycznej i podporządkowywaniu społeczeństwa, szczególnie przez systemy totalitarne. Rola polityki i polityków w rozwoju nauki powinna być diametralnie inna, polegająca nie tylko na odpowiednim finansowaniu badań naukowych, ale na wskazywaniu ich istotności dla rozwoju cywilizacji, polepszania warunków życia i niezbędności dla rozwiązywania pojawiających się ciągle nowych problemów, takich jak choćby niedawna pandemia COVID-19 czy zmiany klimatyczne.

Literatura

- [1] <https://sjp.pwn.pl/sjp/badanie;2442401.html>
- [2] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych (Dz.U. 2019 poz. 2019); <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190002019>
- [3] Crouch D., *Tracing the quote: Everything that can be invented has been invented*. Patentlyo 2011, January 6; <https://patentlyo.com/patent/2011/01/tracing-the-quote-everything-that-can-be-invented-has-been-invented.html>
- [4] Hall K., Sankaran N., *DNA translated: Friedrich Miescher's discovery of nuclein in its original context*. Br. J. Hist. Sci. 2021, nr 54, s. 99–107. doi: 10.1017/S000708742000062X

- [5] Węgrzyn G., *Should bacteriophages be classified as parasites or predators?* Pol. J. Microbiol. 2022, nr 71, s. 3–9. doi: 10.33073/pjm-2022-005
- [6] Twort F.W., *An investigation on the nature of ultra-microscopic viruses.* Lancet 1915, nr 186, s. 1241–1243.
- [7] Batinovic S., Wassef F., Knowler S.A., i wsp., *Bacteriophages in natural and artificial environments.* Pathogens 2019; nr 8, s. 100. doi: 10.3390/pathogens8030100.
- [8] Brown T.L., Charity O.J., Adriaenssens E.M., *Ecological and functional roles of bacteriophages in contrasting environments: marine, terrestrial and human gut.* Curr. Opin. Microbiol. 2022, nr 70, s. 102229. doi: 10.1016/j.mib.2022.102229.
- [9] Abril A.G., Carrera M., Notario V., Sánchez-Pérez Á., Villa T.G., *The use of bacteriophages in biotechnology and recent insights into proteomics.* Antibiotics 2022, nr 11, s. 653. doi: 10.3390/antibiotics11050653.
- [10] Nafissi N., Slavcev R., *Bacteriophage recombination systems and biotechnical applications.* Appl. Microbiol. Biotechnol. 2014, nr 98, s. 2841–2851. doi: 10.1007/s00253-014-5512-2.
- [11] Schroven K., Aertsen A., Lavigne R., *Bacteriophages as drivers of bacterial virulence and their potential for biotechnological exploitation.* FEMS Microbiol. Rev. 2021, nr 45, s. fuaa 041. doi: 10.1093/femsre/fuaa041.
- [12] Stacey H.J., De Soir S., Jones J.D., *The safety and efficacy of phage therapy: A systematic review of clinical and safety trials.* Antibiotics 2022, nr 11, s. 1340. doi: 10.3390/antibiotics11101340.
- [13] Karpechenko G., *Polyploid hybrids of Raphanus sativus L. XBrassica oleracea L. (On the problem of experimental species formation).* Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 1928, nr 48, s. 1–85.
- [14] Osabe K., Kawanabe T., Sasaki T., i wsp. *Multiple mechanisms and challenges for the application of allopolyploidy in plants.* Int. J. Mol. Sci. 2012, nr 13, s. 8696–8721. doi: 10.3390/ijms13078696.
- [15] Zhao J.H., Guo H.S., *RNA silencing: From discovery and elucidation to application and perspectives.* J. Integr. Plant Biol. 2022, nr 64, s. 476–498. doi: 10.1111/jipb.13213
- [16] Napoli C., Lemieux C., Jorgensen R., *Introduction of a chimeric chalcone synthase gene into Petunia results in reversible co-suppression of homologous genes in trans.* Plant Cell. 1990, nr 2, s. 279–289. doi: 10.1105/tpc.2.4.279.
- [17] Mat Jalaluddin N.S., Othman R.Y., Harikrishna J.A., *Global trends in research and commercialization of exogenous and endogenous RNAi technologies for crops.* Crit. Rev. Biotechnol. 2019, nr 39, s. 67–78. doi: 10.1080/07388551.2018.1496064.
- [18] Hallerberg A.E., *Indiana's squared circle.* Mathematics Magazine 1977, nr 50, s. 136–140.
- [19] Borinskaya S.A., Ermolaev A.I., Kolchinsky E.I., *Lysenkoism against genetics: The meeting of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences of August 1948, its background, causes, and aftermath.* Genetics 2019, nr 212, s. 1–12. doi: 10.1534/genetics.118.301413.

Scientific surprises, or why scientific discoveries cannot be predicted

Scientific research is activities aimed at discovering previously unknown facts, phenomena, processes, mechanisms, etc., using objective, repeatable and veri-

fiable methods. In practice, this means that if we strive to investigate something unknown, it is impossible to precisely plan what we discover, because we do not know it. This human activity differs from all the others, where, although the goals set can be both easy and simple as well as ambitious and difficult, it is possible to precisely indicate the specific end goal of the activity that we want to achieve, specific measures that are needed for this and specific methods what we need to apply. Therefore, if we can predict what exactly is needed to achieve the assumed goals, it can be any human activity but scientific research, because its results cannot be predicted by definition. This has profound consequences, both in the conditions that must be created for the practice of science, and in the results of scientific research. This unpredictability of the results of scientific work causes that, on the one hand, many legal provisions that work well in other spheres of life, become absurd in science and inhibit its development, and on the other hand, obtaining surprising results is relatively frequent in science. Such surprises, sometimes the result of unintentional mistakes by researchers, have led to many groundbreaking discoveries. It is also important to realize that attempts to subordinate science to political goals can lead to dramatic effects, so such actions should never take place. Politicians should support scientific research, point to its enormous social role, but never indicate what the results of scientific work are to be.

Key words: research, unpredictable results, the role of politics in science

