

DOI: <https://doi.org/10.34768/r1.2022.v482.09>

Katarzyna Bryś*

Badaczka niezależna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1542-8395>

e-mail: kasiambrys@gmail.com

Beata Machnicka**

Uniwersytet Zielonogórski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9664-8252>

e-mail: b.machnicka@wnb.uz.zgora.pl

Mirosław Kowalski***

Uniwersytet Zielonogórski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-8258>

e-mail: m.kowalski@ipp.uz.zgora.pl

**WYZWANIA ORAZ KIERUNKI ROZWOJU EDUKACJI
W ZAKRESIE BIOTECHNOLOGII NA PODSTAWIE
DOŚWIADCZEŃ W ANGLII**

CHALLENGES AND PATTERNS OF DEVELOPMENT IN BIOTECHNOLOGY EDUCATION BASED ON THE EXPERIENCE OF ENGLAND

Keywords: biotechnology education, educational suggestions, England.

***Katarzyna Bryś** – magister inżynier biotechnologii; zainteresowania naukowe: genetyka i biotechnologia.

****Beata Machnicka** – doktor habilitowany nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne, profesor Uniwersytetu Zielonogórskiego; zainteresowania naukowe: biotechnologia, biochemia, biologia komórki i genetyka.

*****Mirosław Kowalski** – doktor habilitowany nauk społecznych w dyscyplinie pedagogika, profesor Uniwersytetu Zielonogórskiego; zainteresowania naukowe: hermeneutyka i fenomenologia, instytucjonalne procesy edukacyjne; współdziałanie środowisk na rzecz rozwoju dziecka; współczesna myśl wychowawcza, etyka pedagogiczna, prawo i pedagogiczne spory; pedagogika życia codziennego.

Biotechnology has a growing influence on the economies of nations and on socio-political decisions. Biotechnology education influences the present and future electorate in a meaningful way. England was the first to recognise this fact and was a leader in the development of biotechnology education at the turn of the 20th and 21st century. Political changes and “misconceptions” with GM food significantly influenced the perception of biotechnology and negatively affected biotechnological education. The factors hampering innovation were also an international phenomenon. In recent decades, other nations have learned from the mistakes in the teaching of biotechnology in England, taking the lead in biotechnological education. Biotechnology education is a long-term issue. This article presents a code of best practice for biotechnology education. The role of governments and the public sector in explaining biotechnological issues is a priority. Understanding the scientific facts, teaching by well-prepared educators and understanding of the terminology and meaning of biotechnology by the general public is a priority goal in developing countries.

WYZWANIA ORAZ KIERUNKI ROZWOJU EDUKACJI W ZAKRESIE BIOTECHNOLOGII NA PODSTAWIE DOŚWIADCZEŃ W ANGLII

Słowa kluczowe: edukacja i kształcenie biotechnologiczne, sugestie i zalecenia edukacyjne, Anglia.

Biotechnologia ma coraz większy wpływ na gospodarki narodów oraz decyzje polityczno-społeczne. Edukacja biotechnologiczna w znacznym stopniu kształtuje obecny i przyszły elektorat. Fakt ten jako pierwsza dostrzegła Anglia i na przełomie XX/XXI wieku była liderem w rozwoju edukacji biotechnologicznej. Zmiany polityczne oraz „niedomówienia” dotyczące GMO (genetycznie zmodyfikowanej żywności) w znacznym stopniu zmieniły postrzeganie biotechnologii i negatywnie odniosły się do edukacji biotechnologicznej. Czynniki tłumiące innowacyjność były również zjawiskiem międzynarodowym. Na przełomie ostatnich kilku dekad na błędach edukacyjnych w zakresie biotechnologii, jakie popełniono w Anglii, uczyły się inne kraje, przejmując prym w edukacji biotechnologicznej. Kształcenie w tym zakresie to kwestia długoterminowa. Niniejszy artykuł przedstawia kodeks najlepszych praktyk kształcenia biotechnologicznego. Rola rządów i sektora publicznego w wyjaśnianiu zagadnień biotechnologicznych jest priorytetowa. Zrozumienie faktów naukowych, nauczanie przez dobrze przygotowaną kadrę pedagogiczną oraz zrozumienie przez społeczeństwo terminologii i znaczenia biotechnologii jest celem priorytetowym w krajach rozwijających się.

Wprowadzenie

Największym wyzwaniem dla biotechnologii stało się jej zrozumienie społeczne. Czym naprawdę jest biotechnologia, jakich dziedzin życia dotyczy? Czy stanowi rozwój i czy niesie ze sobą ryzyko? Dziedzina ta stanowi wyzwanie od najprostszego zdefiniowania do przemyśleń etyczno-moralnych. Nawet wśród nauczycieli nauk ścisłych brak jest zgodności i jednoznacznych odpowiedzi. Największą przeszkodą dla szerszego wprowadzenia biotechnologii do systemów edukacji staje się jej niezrozumienie, które wynika z niezajomości tematu. Dla sceptyków dodatkowymi argumentami są błędy popełniane w przeszłości, np.: szczepienie MMR kojarzone z autyzmem lub stawianie znaku równości pomiędzy eugeniką (działaniami Adolfa Hitlera) a biotechnologią. Istotnym więc staje się przeanalizowanie podejścia edukacyjnego i kształcenia społecznego w zakresie biotechnologii w ostatnich dziesięcioleciach. Warto zastanowić się, jakie kroki podjąć, by wiedza ta była przyswajana w sposób prosty przez osoby w każdym wieku?

Edukacja biotechnologiczna na scenie Unii Europejskiej

Edukacja biotechnologiczna na poziomie szkół średnich i wyższych wraz z rozwojem technologii XXI wieku przestała dotyczyć tylko Anglii. Wielka Brytania była największym pionierem w Europie w działaniach biotechnologicznych (lata 80.), a co za tym idzie, również w edukacji w tym zakresie. Wiele czynników zmieniło jednak tę sytuację, a na błędach Anglii uczyły się inne kraje. Umożliwiło to szybki rozwój dziedzin naukowych w zakresie biotechnologii nie tylko w Europie, ale również na innych kontynentach. Anglia przestała być liderem w kształceniu biotechnologicznym.

Potrzeba szybkiego komunikowania się i konsultowania nowych odkryć, osiągnięć naukowych i biotechnologicznych wymusiła współpracę międzynarodową. Dodatkowo ogromne koszty związane z biotechnologią (zajęcia praktyczne, odczynniki, materiały biologiczne, nowoczesny sprzęt i doskonalenie kadry pedagogicznej) spowodowały, iż zaczęto szukać pieniędzy poza lokalnym finansowaniem. Naprzeciw temu wyszła Unia Europejska, umożliwiając realizację takich projektów dla młodych, jak: Youth on the Move, Maria Skłodowska-Curie, Horyzont Europa itd. Mają one na celu rozpowszechnienie badań i najnowszych odkryć w zakresie biotechnologii. Mobilizują studentów oraz przyszłych naukowców do podróżowania i uczyć współpracy naukowej. Pozwalają na to pieniądze płynące z Unii Europejskiej. Granty, projekty od podstawowych (szkoły średnie – badania naukowe, granty na laboratoria biotechnologiczne, projekty badawcze, praktyki specjalistyczne) do ściśle wyspecjalizowanych (szczepionki, badania nad or-

ganoidami¹ itd.) obligują do szerzenia nowej technologii w różnych szkołach Unii Europejskiej. Edukacja taka obejmuje uczniów od szkół podstawowych do uczelni wyższych, ze szczególnym naciskiem na nastolatków (objętych edukacją obowiązkową, a będących przed wyborem ścieżki kariery zawodowej). Tym wszystkim wyzwaniom w rozwoju biotechnologii stawiał czoła Advanced Research Workshop.

Programem pod patronatem NATO – Advanced Research Workshop była „Science Education: najlepsze praktyki w prowadzeniu badań i nauczaniu dla uczniów poniżej 21 roku życia”. Spotkania dotyczyły nauczycieli i wykładowców uniwersyteckich, którzy chcieli mieć realny wpływ na edukację biotechnologiczną. Odbywają się one nadal co 2 lata i cieszą się coraz większym uznaniem.

Główny organizator – Peter Csermely przedstawił plany stworzenia warunków dla badań naukowych w ciągu najbliższych dekad. Badania te mają dać podstawę do najbardziej konkurencyjnej i dynamicznej gospodarki opartej na rozwoju naukowym w świecie (Csermely, Lederman 2003).

Nowe wyzwania dla Anglii

Zmiany w systemie edukacyjnym pokrywały się ze zmianami polityki w Anglii. Po problemach z żywnością GM² sceptycznie patrzono na wszelkie elementy biotechnologii w edukacji. Modyfikacje w programie nauczania trwają od lat 90. XX wieku. Wraz z dużymi zmianami w 1995 i 1999 treść określona w Narodowym Programie Nauczania została jeszcze bardziej zmniejszona (Moses, 2003).

Z zajęć na poziomie A/AS-level³ wycofano wiele zajęć praktycznych z biotechnologii (m.in. test ELISA, aspekty immunologii, zminimalizowa-

¹Organoidy – to zminiaturyzowana i uproszczona wersja narządu wyprodukowanego in vitro w trzech wymiarach, która pokazuje realistyczną mikroanatomię. Pochodzą one z jednej lub kilku komórek tkanki, embrionalnych komórek macierzystych lub indukowanych pluripotencjalnych komórek macierzystych, które dzięki zdolności do samoodnawiania i różnicowania mogą samoorganizować się w trójwymiarowej hodowli. Technika uprawy organoidów szybko się rozwinęła na początku 2010 roku i została nazwana przez The Scientist jednym z największych osiągnięć naukowych 2013 roku. Organoidy są wykorzystywane przez naukowców do badania chorób i leczenia w laboratorium.

²GM – organizm powstały w wyniku inżynierii genetycznej jest uważany za organizm zmodyfikowany genetycznie (GM), a powstały organizm to organizm zmodyfikowany genetycznie (GMO), (Genetic Engineering 2021).

³Poziom A (poziom zaawansowany) to kwalifikacja przedmiotowa przyznawana w ramach General Certificate of Education, a także świadectwo ukończenia szkoły średniej pozwalające na podjęcie studiów wyższych w Wielkiej Brytanii. Egzaminy A-level są podzielone na dwie części, przy czym uczniowie w pierwszym roku studiów zdobywają kwalifikację Advanced Subsidiary, powszechnie określaną jako poziom AS, która może służyć jako niezależna kwalifikacja lub wnosić 40% punktów do pełnego egzaminu A-level. Dru-

nie projektu ludzkiego genomu) i tym samym doprowadzono do ogromnego dysonansu w nauczaniu tej interdyscyplinarnej dziedziny nauki.

Po 2000 roku oceniono i podsumowano zmiany wprowadzone w edukacji biotechnologicznej w latach 90. XX wieku. Problemy wynikające z ograniczenia nauczania biotechnologicznego zostały powszechnie rozpoznane i zgłoszone do komisji egzaminacyjnej, a rząd Wielkiej Brytanii zlecił dogłębną analizę pod przewodnictwem Mike'a Tomlinsona, byłego szefa Biura ds. Standardów w Edukacji (OFSTED – Office for Standards in Education).

Te i kilka innych czynników stłumiło innowacyjność programów obowiązkowego nauczania w Anglii i bez wątpienia przyczyniło się do spadku popularności nauk ścisłych, co wydaje się zjawiskiem międzynarodowym.

Tabela 1

Eurobarometr na temat biotechnologii: „Czy czujesz się odpowiednio poinformowany o biotechnologii?”

Kraj	Zgadzam się (Tak), (%)	Nie zgadzam się (Nie), (%)	Bez odpowiedzi (%)
Austria	19,2	69,8	11,0
Belgia	9,2	83,3	7,5
Dania	14,8	81,3	3,9
Finlandia	7,8	88,4	3,8
Francja	8,9	87,6	3,5
Niemcy	11,7	79,2	9,1
Grecja	9,4	87,1	3,6
Irlandia	7,9	82,5	9,6
Włochy	11,5	71,8	16,7
Luksemburg	13,8	80,5	5,8
Holandia	20,1	71,8	8,2
Portugalia	8,3	78,7	13,0
Hiszpania	6,2	85,2	8,7
Szwecja	2,8	95,5	1,7
Szwajcaria	17,4	74,8	7,7
Wielka Brytania	12,2	81,4	6,4

Źródło: Moses 2003, s. 220.

ga część jest znana jako poziom A2, który jest ogólnie bardziej dogłębny i rygorystyczny pod względem akademickim niż AS. Oceny AS i A2 są łączone w celu uzyskania pełnego dyplomu A-Level. Poziom A2 sam w sobie nie jest kwalifikacją i do certyfikacji musi mu towarzyszyć poziom AS z tego samego przedmiotu. (GCSE, AS and A Level Reforms...).

Mając to na uwadze, w październiku 2004 r. otworzyła się w Anglii nowa krajowa sieć z zapleczem 51 milionów funtów, składająca się z dziewięciu ośrodków nauczania przedmiotów ścisłych dla nauczycieli, a rok później, w 2005 r. zostało otwarte większe centrum krajowe (www.sciencelearningcentres.org.uk). Ich sponsorzy – rządowy Departament Edukacji i Umiejętności oraz The Wellcome Trust – mają nadzieję, że nowe ośrodki tchną życie w edukację naukową w Wielkiej Brytanii. Te działania przyniosły wymierny wzrost m.in. w sektorach: biofarmaceutycznym i technologii medycznej. W 2019 roku w Anglii znajdowało się 30 największych światowych firm biotechnologicznych o specjalizacji technologii medycznej i 25 o specjalizacji biofarmaceutycznej (*Bioscience and Health Technology...* 2022).

Mając to na uwadze, w październiku 2004 r. otworzyła się w Anglii nowa krajowa sieć z zapleczem 51 milionów funtów, składająca się z dziewięciu ośrodków nauczania przedmiotów ścisłych dla nauczycieli, a rok później, w 2005 r. zostało otwarte większe centrum krajowe (www.sciencelearningcentres.org.uk). Ich sponsorzy – rządowy Departament Edukacji i Umiejętności oraz The Wellcome Trust – mają nadzieję, że nowe ośrodki tchną życie w edukację naukową w Wielkiej Brytanii. Te działania przyniosły wymierny wzrost m.in. w sektorach: biofarmaceutycznym i technologii medycznej. W 2019 roku w Anglii znajdowało się 30 największych światowych firm biotechnologicznych o specjalizacji technologii medycznej i 25 o specjalizacji biofarmaceutycznej (*Bioscience and Health Technology...* 2022).

Tło do działań w kierunku edukacji biotechnologicznej

Biotechnologia będzie miała coraz większy wpływ na gospodarki narodów bogatych i biednych oraz na życie ich obywateli. Samo tempo postępu w genetyce nieuchronnie będzie nadal niepokoić, intrygować i być może przerażać niespecjalistę, zwłaszcza jeśli ma on słabe zrozumienie podstawowej nauki. Wielu członków społeczeństwa doskonale zdaje sobie sprawę z własnego, ograniczonego uznania dla niektórych nowych technologii. Wskazują na to wyniki analizy odpowiedzi na pytanie zadane w badaniach Eurobarometr w 2001 roku: „Czy czujesz się odpowiednio poinformowany o biotechnologii?” (Tabela 1). Powszechnie uważa się, że nowoczesne demokracje zależą od świadomych elektoratów. Problem rozpowszechniania informacji istnieje na dwóch poziomach: trzeba zwracać się do dzisiejszych dorosłych wyborców i zapewniać warunki, aby jutrzejsi wyborcy mieli dobre rozeznanie w ważnych kwestiach poprzez normalne procesy edukacji dzieci i młodzieży.

W ciągu ostatniej dekady w większości państw członkowskich UE toczyły się publiczne „debaty” na temat biotechnologii, zwłaszcza na temat transgenicznych roślin i środków spożywczych oraz badań nad embrionami. Prowadzone były one głównie w prasie, radiu i telewizji – a przedstawiane kontrowersje przybierały zwykle formę wiadomości, wywiadów z ekspertami i zainteresowanymi stronami lub opinii redakcyjnych.

Gospodarka biotechnologiczna, z którą równa się jedynie sektor ICT – wiedzie obecnie prym wśród technologicznych dziedzin gospodarczych. Obydwie dziedziny odgrywają znaczną rolę w rozwoju gospodarczym, społecznym, ekonomicznym oraz edukacyjnym i mają największy potencjał rozwojowy (Hernandez i in. 2019; Bell 2017). Dlatego biotechnologia znalazła się w nowej strategii przemysłowej Unii Europejskiej wśród obszarów, które trzeba wspierać ze względu na ich strategiczne znaczenie dla przyszłości europejskiego przemysłu (m.in. obok robotyki, mikroelektroniki, fotoniki, technologii kwantowych), (A New Industrial Strategy for Europe, 2020).

Edukacja formalna

Oczywiste wydaje się, że w ciągu ostatnich kilku dekad programy szkolne na ogół obejmowały więcej przedmiotów ścisłych i technologicznych, ale jest to bardzo niejedolite między krajami Europy, a nawet w obrębie poszczególnych krajów. W zależności od krajowych potrzeb edukacja w zakresie nauk ścisłych rozwija się raz lepiej raz gorzej. W szczególności na sposób, w jaki działa biologia, mają wpływ zainteresowania i wykształcenie nauczycieli. Wpływa to na sposób uczenia biologii: młodszy nauczyciele, którzy w trakcie swoich studiów poznali więcej biologii molekularnej są ogólnie bardziej skłonni do podkreślania znaczenia biotechnologii, niż niektórzy ich starsi koledzy. Istnieje również pewna dychotomia między nauczycielami przedmiotów ścisłych, którzy traktują biotechnologię w kontekście nauk biologicznych, a tymi z różnych środowisk, którzy mogą uwzględniać pewne elementy bioetyki lub względy biznesowe i ekonomiczne na innych kursach. Nauczyciele przedmiotów ścisłych często nie czują się komfortowo, ucząc etyki i ekonomii, podczas gdy nauczyciele przedmiotów społecznych prawdopodobnie mają ograniczone zrozumienie nauk przyrodniczych. W złożonym współczesnym świecie, w którym podzielone na sekcje uczenie się według przedmiotów nie jest już wystarczające (jeśli kiedykolwiek było), biotechnologia może działać jako katalizator bardziej zintegrowanego podejścia. Na uniwersytetach biotechnologia jest nauczana zwykle przez praktykujących naukowców, którzy czują się bardziej komfortowo mając do czynienia z genetyką, biochemią czy mikrobiologią, niż z jakością, prawem

patentowym, bioetyką lub kapitalizmem wysokiego ryzyka i funkcjonowaniem rynku. Biotechnologia do całościowego rozwoju wymaga inicjowania i wzmocnienia współpracy interdyscyplinarnej (Andrzejewska-Górecka i in., 2020).

Przyszłość biotechnologii w edukacji

Badania wykazały (Moses 2003), że biotechnologia jest powszechnie uznawana za ważny czynnik we współczesnym życiu i podejmowane są wysiłki zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym, aby zapewnić społeczeństwu przynajmniej dostęp do wyjaśnień. Na światło dzienne wyszło wiele dobrych pomysłów i inicjatyw, niektóre na dużą skalę finansowane przez rządy, przemysł lub inne duże organizacje, inne są prowadzone przez zainteresowane osoby (często nauczycieli). Niewątpliwie jest entuzjazm, ale niewiele można osiągnąć bez środków, które mogą być trudne do zdobycia lub oferowane tylko na krótkoterminowe inicjatywy. Problem polega więc na tym, jak kontynuować dalszy rozwój biotechnologii w nauce, po fazie rozruchu, w perspektywie długoterminowej.

Badanie oceniające nauczanie biotechnologii zakończyło się szeregiem zaleceń. Jak należy w dalszych krokach postępować po fazie rozruchu z kwestią społecznego zrozumienia dziedziny biotechnologicznej w Anglii, a tym samym w rozwijających się krajach Europy? W wyniku tych badań wyszczególniono listę znaczących kroków, w tym: reklamę, komunikację, public relations, dni otwarte, mobilne i wirtualne pracownie, edukację dorosłych, panele obywatelskie, współpracę z mediami, zabawki i gry dla dzieci o treściach biotechnologicznych, specjalistyczne agencje biotechnologiczne i inne omówione poniżej.

Reklama badań

Instytucje naukowo-badawcze powinny dążyć do usprawnienia komunikacji publicznej, wyraźnie informując o tym, co robią i jakie korzyści odnosi społeczeństwo w wyniku badań i projektów działań biotechnologicznych. Najszerszą dziedziną biotechnologii, która budzi zainteresowanie społeczne, jest technologia medyczna. Społeczeństwo powinno być powszechnie informowane o rozwoju nowych leków, technologii medycznych, szczepionek czy rozwoju nowych gałęzi biotechnologicznych. Zobligowane są do tego tylko projekty finansowane ze środków Unii Europejskiej oraz nielicznych środków państwowych. Publiczna informacja o rozwoju nauk biotechnologicznych tworzy świadomy elektorat i ma ogromne znaczenie dla pełnego rozwoju polityki (Lavis i in., 2004).

Szkolenia komunikacyjne dla naukowców

Naukowcy zajmujący się badaniami muszą być nagradzani za komunikowanie się z opinią publiczną, na przykład poprzez przyznawanie punktów za awans; muszą tworzyć sieci z dziennikarzami, redaktorami i decydentami politycznymi. Potrzebują dlatego szkoleń w zakresie komunikacji ze społeczeństwem i mediami oraz powinni nawiązywać współpracę z grupami, które są postrzegane jako wiarygodne: grupami pacjentów (biorących udział w badaniach klinicznych). W angielskich klastrach naukowych powszechną praktyką są comiesięczne spotkania naukowców „tea time and doughnut”. Celem tych spotkań jest komunikacja wśród firm współistniejących w instytucie przemysłowo-naukowym, wymiana doświadczeń, współpraca w drobnych projektach, analiza problemów.

Ze względu na potencjał komunikacji naukowej w zakresie tworzenia lepszych naukowców, ułatwiania postępu naukowego i wpływania na podejmowanie decyzji politycznych na wielu poziomach, konieczne jest szkolenie młodych naukowców w zakresie skutecznych i etycznych praktyk komunikacji naukowej (Bankston, McDowell 2018).

Ekspertyza public relations

Osoby zaangażowane w promocję biotechnologii powinny współpracować z profesjonalnymi specjalistami ds. komunikacji. Jasne, szybkie i proste reagowanie na najświeższe wiadomości jest umiejętnością, do której niewielu naukowców zostało przeszkolonych lub wydaje się wykazywać naturalne zdolności; większość potrzebuje w tej kwestii pomocy.

Targi nauki i dni otwarte w Anglii

W Anglii, jak dotąd odbyło się wiele udanych wydarzeń pod hasłem „Targi Nauki”, „Dzień Otwarty”, „Tydzień Nauki”, „Dzień Badań Genetycznych”, „Poznaj Naukowca” itp. Przy tych okazjach publiczność jest zapraszana na laboratoria badawcze organizowane przez uniwersytety i przemysł. Naukowcy organizują wystawy na ulicach, w centrach handlowych, na terenach targowych i innych miejscach, w których zwykle gromadzą się ludzie. Oczywiście, na jednym wydarzeniu można dotrzeć tylko do niewielkiej liczby osób, ale powtarzane regularnie, na przykład co roku lub wykonywane przez wiele instytucji, dotrą do wielu. Ponadto wzorcowe wydarzenia przyciągną uwagę mediów i mają szansę zostać przedstawione w programach telewizji lokalnej czy nawet ogólnokrajowej, budując zaufanie i inicjując dialog publiczny.

Dni nauki, które trwają obecnie tygodniami w znanych klastrach naukowych, takich jak Cambridge i Londyn, cieszą się międzynarodową sławą. Na udział w konferencjach i panelach obywatelskich z uznanymi profesorami w różnych dziedzinach biotechnologii należy umawiać się już z kilkumiesięcz-

nym wyprzedzeniem. Otwarte laboratoria i pokazy badań naukowych (z ich aplikacyjnością) z udziałem najbardziej prestiżowych firm z całego świata stały się coroczną atrakcją słynnych naukowych miast. Całe rodziny z Europy i świata planują wakacje, uwzględniając Science Festiwal (Cambridge Festival, 2022).

Laboratoria mobilne i wirtualne

Mobilne, praktyczne laboratoria biotechnologiczne od kilku lat z powodzeniem jeżdżą po Niemczech i Szwajcarii. Są one montowane na podwoziu furgonetki, a każde z nich oferuje 12-15 miejsc pracy. Naukowcy prowadzą tam półdniowe lub całodniowe kursy praktyczne, które obejmują takie eksperymenty, jak izolacja DNA, elektroforetyczna separacja kwasów nukleinowych lub reakcja łańcuchowa polimerazy (PCR). Kursy są przeznaczone dla uczniów lub nauczycieli przedmiotów ścisłych i mogą odbywać się w szkołach, lub na targach naukowych. Podobne lub inne wersje proaktywnego naukowego zaangażowania w biotechnologię mają miejsce w większości krajów.

Mobilne laboratoria (np.: Lab2Club) stały się rzeczywistością, a ich jakość spełnia najwyższe standardy. Do walki z chorobami takimi jak COVID-19, AIDS i SARS, potrzebna jest coraz większa liczba laboratoriów o wysokim poziomie bezpieczeństwa, które szybko mogą się przemieszczać. Zostały więc wykorzystane mobilne laboratoria dla patogenów biologicznych, które spełniają wszystkie niezbędne wymagania stacjonarnych laboratoriów (Outdoor Mobile Cleanrooms 2022).

Edukacja dorosłych

Kursy wieczorowe na temat biotechnologii adresowane do dorosłych odbiorców mogłyby być organizowane przez uniwersytety i inne jednostki naukowe, chociażby takie jak Uniwersytet Trzeciego Wieku. Treści powinny być skierowane do osób bez wykształcenia naukowego i zawierać znaczenie ekonomiczne, wpływ na istniejące praktyki przemysłowe i rolnicze, potencjalne korzyści, możliwe zagrożenia, oznakowanie, patenty, kwestie etyczne, moralne i tak dalej.

Nauki ścisłe, coraz chętniej i częściej przyswajane są przez ludzi dorosłych drogą nieformalną, jaką określa się środki medialne, m.in. źródła internetowe. Najnowsze badania sugerują, że instytucje edukacyjne będą musiały być mniej zależne od „fizycznego otoczenia”, a skoncentrować się na przekazie internetowym (Miller 2010).

Panele obywatelskie

Panele świeckie (zwane również konferencjami konsensusu lub panelami obywatelskimi), grupy dyskusyjne, fora publiczne itp. okazały się skutecznym

sposobem nawiązania dialogu z opinią publiczną. Takie panele są kosztowne, a ich przygotowanie zajmuje wiele miesięcy. Na ogół nie dostarczają rozwiązań politycznych, ale pokazują wyraźnie opinię publiczną w sprawach bieżących. Organizując panele obywatelskie w kwestiach związanych z nauką, należy włączyć społeczeństwo i zaprosić dziennikarzy do relacjonowania wydarzenia. Panele obywatelskie w zakresie biotechnologii przemysłowej znalazły zupełnie nowe zastosowanie. Są bezcennym źródłem informacji dla projektów biotechnologicznych na temat oczekiwań klientów, zrozumienia zastosowania i problemów wynikających z nowej technologii, m.in. aplikacyjność. Stały się przez to głównym wskaźnikiem do przyznawania funduszy projektowych (grantów pieniężnych).

Centra medialne

Centra medialne, takie jak to założone przy Royal Institution w Londynie, to punkty, w których informacje są łatwo dostępne dla dziennikarzy i innych osób. Za ich pośrednictwem dziennikarze zajmujący się historiami naukowymi mogą szybko zapoznać się z ekspertyzą naukową. Takie centrum musi przewidywać ważne wydarzenia naukowe i gromadzić dodatkowe informacje, aby być przygotowanym na pytania dziennikarzy. Stało się to szczególnie widoczne w dobie pandemii Covid-19. Użyteczne informacje naukowe dla dziennikarzy prasowych i nadawczych są szczególnie ważne w krajach o „własnym” języku, takich jak Finlandia, Polska, Grecja i Portugalia. Ponieważ w tych językach jest niewiele tłumaczonej literatury, radio i prasa są głównymi kanałami informowania opinii publicznej; alarmowanie dziennikarzy o nowych działaniach i odkryciach ma zatem pierwszorzędne znaczenie.

Gry i zabawki naukowe jako środki komunikacji

Naukowcy mogą współpracować z firmami komercyjnymi w celu tworzenia produktów rozrywkowych: sugestie obejmują naukowe gry komputerowe, książki kucharskie (być może z produktami biotechnologicznymi), filmy, produkcje dokumentalne, teatr i zabawki. Produkty muszą być profesjonalnie zaprojektowane i sprzedawane przez ekspertów z odpowiedniej branży i nie mogą być traktowane jedynie jako pomoce dydaktyczne lub być związane tylko z formalną edukacją.

Specjalistyczne obiekty multimedialne w miejscach publicznych

Pod koniec XX wieku w głównej bibliotece publicznej w Genewie pojawił się jeden komputer poświęcony biotechnologii. Ekran otwierający zawierał linki do ważnych stron biotechnologicznych, zarówno w języku włoskim, jak i angielskim. Byłoby niezwykle cenne, gdyby takie obiekty stały się szeroko udostępniane. Ekran otwierający oferowałby wtedy wybór tematu, który prowadziłby do strony z linkami. Umieszczenie takich komputerów dostę-

powych w bibliotekach publicznych i szkolnych oraz podobnych centralnych punktach dostępu miałyby bezpośrednią wartość w ułatwianiu publicznego dostępu do szeregu poglądów na takie tematy.

Wiele takich działań podjęto w szpitalach i klinikach w Wielkiej Brytanii. Jak na razie udostępnione tematy dotyczą działalności szpitala (w tym zadowolenia pacjenta), ale również tematów ściśle politycznych i ekonomicznych. Czas poświęcony na oczekiwanie na wizytę lekarską w miejscu, gdzie dostępność do publicznej sieci internetowej jest ograniczona, może zostać wykorzystany na kształcenie w zakresie biotechnologicznym.

Efektywna dystrybucja i częstość informacji biotechnologicznej

Głównym problemem związanym z publicznym rozpowszechnianiem informacji naukowych i technologicznych jest to, że wiele osób reaguje obojętnie, uważając, że takie sprawy ich nie interesują. Część ich trudności polega na nieznanym temacie, połączonej z niewystarczającą troską o dalsze rozwijanie posiadanych informacji. Jeśli jednak bardzo krótkie pozycje naukowe byłyby regularnie prezentowane w innych kontekstach, czytelnicy, słuchacze lub widzowie uzyskaliby poczucie znajomości, a niektórzy zaczęliby świadomie się nimi interesować.

Skuteczny marketing i dystrybucja informacji edukacyjnych mają kluczowe znaczenie. Raporty z Anglii, jak i z każdego kraju Europy pokazują dużą i rosnącą liczbę organizacji, organów rządowych i wydziałów uniwersyteckich, podejmujących próby upublicznienia badań. Jednocześnie większość osób deklaruje, że czuje się niedostatecznie lub niewystarczająco poinformowana (zob. Tabela 1). Ten paradoks wynika częściowo z niewielkiej uwagi, jaką ci autorzy przywiązują do aspektów dystrybucji i marketingu przy tworzeniu danej publikacji naukowej lub wydarzenia publicznego. Bez względu na to, jak dobry może być pomysł, jeśli nie zostanie odpowiednio wprowadzony na rynek i dystrybuowany, jego wpływ będzie znikomy, ponieważ niewiele osób będzie o nim wiedziało, a jeszcze mniej będzie miało do niego dostęp (Moses 2003).

Obecność w klastrze naukowym daje przedsiębiorcom i zespołom badawczym szereg korzyści i pozwala wzmocnić ich przewagę konkurencyjną ze względu na mniejsze koszty marketingowe. Udział przedsiębiorców w działalności społecznej, edukacyjnej, politycznej niesie jednocześnie zyski reklamowe dla działań naukowych.

Rozszerzenie współdziałań

Wyszczególnione uniwersytety w USA mają programy Cooperative Extension, funkcjonujące w ramach kontinuum osób, od wydziałów znajdujących się na terenie kampusu po personel uniwersytecki stacjonujący w całym

stanie. Ich rolą jest ułatwienie komunikacji między konsumentami a naukowcami uniwersyteckimi. Takich możliwości wciąż nie ma w Anglii. Tworzone są tak zwane klastry naukowe⁴ (London cluster-LBIC – The London BioScience Innovation Centre (LBIC London BioScience Innovation Centre 2022)), w których odbywają się naukowe spotkania i konferencje. Klastry te zobowiązane są uregulowaniami prawnymi wspomagać pobliskie szkoły w szerzeniu m.in. biotechnologii. Powoli powstaje ogniwo łączące klaster ze społecznością lokalną na płaszczyźnie naukowej.

Informacje dla profesjonalistów

Organizacje łączące profesjonalistów z danej dyscypliny często zapewniają swoim członkom możliwości edukacyjne (Harris i in. 2009). W kontekście biotechnologii grupy te obejmują dietetyków, urzędników zdrowia publicznego, prawników, nauczycieli, rolników i lekarzy. Zapewnienie im ukierunkowanych programów edukacyjnych wykorzystuje wysiłki edukatorów, ponieważ członkowie grupy przekazują takie informacje swoim klientom.

Propozycja najlepszych praktyk kształcenia w zakresie biotechnologii

Znaczenie rządu i mediów w propagowaniu i wyjaśnianiu zagadnień biotechnologii jest kluczowe. Możemy założyć, że rządy na wszystkich szczeblach są w pełni świadome znaczenia kształcenia w zakresie biotechnologii, ponieważ wiele z nich bardzo jasno wyraziło to w swoich publikacjach i działaniach. Oczywiście jest, że decydenci rządowi mogą mieć ograniczone zrozumienie naukowe, nie tylko w dziedzinie technologii. Rosnąca liczba zagadnień naukowych potrzebuje większego zaangażowania doświadczonych naukowo osób, będących na najwyższych szczeblach politycznych. Opinia publiczna jest zwykle zafascynowana postępem naukowym i nowinkami technologicznymi, gdy przedstawiana jest im w atrakcyjny i zrozumiały sposób. Media na całym świecie muszą uznać publiczne znaczenie i zainteresowanie sprawami naukowymi i odpowiednio zadbać o swoich czytelników, słuchaczy i widzów (Moses 2003).

Poniższe zalecenia są skierowane przede wszystkim do sektora publicznego:

⁴Klaster technologiczny – Klaster (ang. industrial cluster, business cluster, technology cluster) – skoncentrowana przestrzennie (geograficznie) grupa przedsiębiorstw, ośrodków naukowych pochodzących z tego samego lub pokrewnych sektorów, a także instytucji i organizacji, powiązanych ze sobą siecią zależności, konkurujących i współpracujących ze sobą. Wynika z tego wiele korzyści technologicznych, naukowych i ekonomicznych. (Gordon, McCann 2000, s. 513-532).

- jako integralna część edukacji formalnej, odpowiednie władze w każdym kraju powinny zapewnić odpowiedni poziom nauczania biotechnologii opartej na naukach ścisłych w kontekście etycznym, ekonomicznym i społecznym (np. obowiązkowy egzamin etyczny wzorowany na angielskim RE Basic GCSE⁵);
- należy zachęcać nauczycieli do utrzymywania i aktualizowania swojego rozumienia biotechnologii z uwzględnieniem interdyscyplinarnych kierunków np.: chemii, biologii, marketingu lub etyki;
- instytucje edukacyjne i badawcze powinny inicjować, rozszerzać i wzmacniać swoje działania informacyjne w zakresie biotechnologii we wszystkich sektorach społeczeństwa poprzez organizowanie m.in. festiwali naukowych, zachęcanie do kariery naukowej młodzieży i dzieci na wczesnym etapie edukacyjnym;
- naukowcom z dziedzin biotechnologicznych należy przyznać uznanie za działania w social-mediach, podobnie jak za publikacje i postrzegać to jako zasadniczy element rozwoju kariery. W ramach edukacji naukowej pracownicy naukowcy, nauczyciele i wykładowcy muszą przejść szkolenie w zakresie komunikowania się z opinią publiczną;
- należy wspierać interdyscyplinarne działania i podejścia w zastosowaniach i implikacjach biotechnologicznych. Nauczycielom należy szczególnie pomagać w prowadzeniu lekcji związanych z biotechnologią, ekonomią, etyką i zagadnieniami społecznymi;
- naukowcy i ich instytucje, zarówno akademickie, jak i przemysłowe, powinni proaktywnie pielęgnować sieć kontaktów;
- należy zachęcać akademie i stowarzyszenia naukowe do zajmowania się głównymi zagadnieniami nauki i technologii w kontekście lokalnej kultury i w języku łatwo zrozumiałym dla ogółu społeczeństwa. Ze szczególnym uwzględnieniem rozwoju na terenach wiejskich (Enria i in. 2021);
- organizacje zawodowe, których działalność ma wpływ na biotechnologię, należy zachęcać do opracowywania programów edukacyjnych skoncentrowanych na pojawiających się tematach, które mogą potencjalnie zainteresować ich członków. Ze szczególnym uwzględnieniem biotechnologii rolniczej (Harris i in. 2009).

⁵RE Basic GCSE – (ang. *Religious Studies Basic General Certificate of Secondary Education*), egzamin zdawany w kształceniu obowiązkowym w szkole średniej (ang. *Secondary Education*) przez uczniów w wieku 16/17 lat na 11 roku (ang. *Year 11*). Jest to egzamin pozwalający kontynuować dalszą naukę zakończoną odpowiednikiem polskiej matury. Część obejmująca religię – jest wymagana jako egzamin z podstaw etyki m.in.: do studiów biotechnologicznych i okołomedycznych.

Dostosowanie nauczania biotechnologii w dobie pandemii (np. covid-19) ze szczególnym uwzględnieniem zajęć dydaktycznych online:

- przygotowanie kadry pedagogicznej do prowadzenia zajęć dydaktycznych na platformach mobilnych i internetowych,
- zapewnienie zarówno studentom, jak uczniom i kadrze pedagogicznej dostępu do sieci internetowej oraz niezbędnego sprzętu informatycznego,
- dostosowanie przez nauczycieli zajęć online do warunków przekazu internetowego. Eksperymenty i doświadczenia można bezpiecznie prezentować w formie filmików lub prezentacji. W tym celu można wykorzystać multimedialne laboratoria np.: LaboLAB; Wirtualne laboratorium inżynierskie Banach Smart 3D; Technologia VR typu Wirtualne Laboratorium Empiriusz i wiele podobnych,
- zmodyfikowanie i dopracowanie programu nauczania w systemie pandemii, uwzględniającego częstsze nieobecności uczniów, problemy z jakością komunikacji,
- formy sprawdzające dostosowane do warunków i realiów nauczania online,
- szczególny nacisk na indywidualną ścieżkę nauczania, z uwzględnieniem możliwości uczenia, np.: Quizlet i Kahoot, karty pracy online, planowanie eksperymentów w zajęciach multimedialnych, wykorzystanie projektów międzynarodowych z zakresu biotechnologii (np.: projekty anglojęzyczne – prowadzenie zajęć interdyscyplinarnych (język angielski, biologia, chemia, ekonomia, etyka, statystyka),
- dopasowanie godziny lekcyjnej do realizacji teorii i zajęć praktycznych w możliwie ciekawej i korzystnej formie dla ucznia (wykorzystanie TikToka, Instagrama, Discorda, WhatsAppa, biblioteki i prezentacji multimedialnych),
- opracowanie i stosowanie form stres management z problemami komunikacyjnymi zarówno ze strony ucznia, jak i nauczyciela; ze szczególną uwagą na uczniów z problemami wynikającymi z izolacji (np.: zaburzenia społeczne, stany depresyjne, przemoc domowa itp.),
- planowanie doświadczeń wykonywanych w domu przez ucznia, biorąc pod uwagę ograniczenia wynikające z pandemii (np.: badając zjawiska geotaksji lub fototaksji analizując rozwój komórek macierzystych stożka wzrostu cebuli),
- zachęcanie uczniów do korzystania z innowacyjnych form edukacji, np.: Khan Academy,

- naukowe i pedagogiczne wyjaśnienie sytuacji pandemicznej: rozszerzenie tematu wirusów, czym jest Covid, jak przebiega infekcja, jaka jest profilaktyka; naukowe podejście do szczepień oraz ryzyka związanego z pandemią, wirusową infekcją i brakiem szczepień,
- analiza dostępnych publikacji naukowych o tematyce Covid-19, analiza cyklu rozwojowego wirusa; teoretyczna analiza kluczowych elementów cyklu wirusa, w którym może być wdrożona terapia medyczna, genetyczna lub farmakologiczna; ćwiczenie umiejętności budowania planu badawczego oraz stawiania hipotez; planowanie badań na podstawie dostępnej technologii i wyznaczenie kryteriów oceny, analiza etyczna sytuacji Covidowej,
- zajęcia w formie dyskusji bazujące na wiedzy biotechnologicznej o szczepieniach – mitach i faktach (z rozszerzonym elementem: ekonomicznym, społecznym, etycznym i kulturowym),
- nauczanie naukowej debaty, prezentacji argumentów i ich krytyki,
- omówienie i analiza testów medycznych w zakresie wirusów takich jak PCR (poprawność badań, koszt, jakość),
- umiejętność stawiania pytań badawczych, ocena czasu i kosztów realizacji badań, planowanie działań marketingowych (m.in.: reklamy) i koszt wdrożenia projektu, analiza rynku.

Podsumowanie

Biotechnologia jest znaczącą i interdyscyplinarną dziedziną naukową. Jej ogólnosięwiatowy rozwój wymaga od współczesnego człowieka zrozumienia podstaw teoretycznych i zastosowań nauk biotechnologicznych. Jest to możliwe tylko dzięki dobrze wykształconym nauczycielom i kadrze akademickiej oraz zainicjowanej przez nich współpracy naukowej (szkolenia, konferencje) w zakresie nowości.

Dla osób niezainteresowanych naukami ścisłymi najistotniejszy staje się łatwy i rzetelny przekaz informacji w komunikacie społecznym (Kowalski, Albański 2018, s. 51-64). Dla dzieci pomocne mogą być profesjonalne zabawki „naukowe”, a dla osób poszukujących odpowiedzi szybki dostęp do zwiezlych i rzetelnych źródeł. Rozwiązaniem na deficyt zainteresowania naukowego oraz technicznego są ciekawe i publiczne debaty, dni otwarte czy chwile, kiedy można dotknąć, zobaczyć i doświadczyć „biotechnologii”, bo to, co „oswojone, staje się nam bliskie”.

Literatura | References

- ANDRZEJEWSKA-GÓRECKA D., DROŹDŹ M., LIEBERS D., MEISSNER Z., NOWAK K. (2020), Biotechnologiczny skok w przyszłość czy dryf? Polska potrzebuje strategii rozwoju biotechnologii, https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2020/06/PIE-Raport_Biotech.pdf.
- A NEW INDUSTRIAL STRATEGY FOR EUROPE (2020), Testimony of European Commission, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0102>.
- BANKSTON A., MCDOWELL G. S. (2018), Changing the Culture of Science Communication Training for Junior Scientists, <https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1413>.
- BELL J. (2017), Life Sciences Industrial Strategy, <https://www.gov.uk/government/publications/life-sciences-industrial-strategy> [data dostępu: 02.01.2022].
- BIOSCIENCE AND HEALTH TECHNOLOGY SECTOR STATISTICS (2022), gov.uk, <https://www.gov.uk/government/collections/bioscience-and-health-technology-database-annual-reports>.
- CAMBRIDGE FESTIVAL (2022), <https://www.festival.cam.ac.uk/>
- CSERMELY P., LEDERMAN L. M. (2003), Science Education: Talent Recruitment and Public Understanding, IOS Press.
- ENRIA L., BANGURA J. S., KANU H. M., KALOKOH J. A., TIMBO A. D., KAMARA M., FOFANAH M., KAMARA A. N., KAMARA A. I., KAMARA M. M., SUMA I. S., KAMARA O. M., KAMARA A. M., KAMARA A. O., KAMARA A. B., KAMARA E., LEES S., MARCHANT M., MURRAY M. (2021), Bringing the social into vaccination research: Community-led ethnography and trust-building in immunization programs in Sierra Leone. *Plos One*, 16(10), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258252>.
- GCSE, AS AND A LEVEL REFORMS (2012), gov.uk, <https://www.gov.uk/government/collections/gcse-as-and-a-level-reforms>, [data dostępu: 25.10.2021].
- GENETIC ENGINEERING (2021), Wikipedia, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Genetic_engineering&oldid=1048218930.
- GORDON I. R., MCCANN P. (2000), Industrial Clusters: Complexes, Agglomeration and/or Social Networks? *Urban Studies*, 37(3), s. 513-532, <https://doi.org/10.1080/0042098002096>.

- GRENS K. (2013), 2013's Big advances in science, „The Scientist Magazine”, <https://www.the-scientist.com/research-round-up/2013s-bigadvances-in-science-38220> [data dostępu: 25.10.2021].
- HARRIS F., LYON F., CLARKE S. (2009), Doing interdisciplinarity: Motivation and collaboration in research for sustainable agriculture in the UK. *Area*, 41(4), s. 374-384, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2008.00859.x>.
- HERNANDEZ H. H., GRASSANO N., TBKE A., GKOTSIS P., AMOROSO S., CSFALVAY Z. (2019), The 2019 EU industrial R&D investment scoreboard, https://op.europa.eu/publication/manifestation/_identifier/PUB_KJBD19001ENNEuropeanCommission,\&JointResearchCentre.
- KOWALSKI M., ALBAŃSKI Ł. (2018), Global Generation(s) and Higher Education: Some Reflections on the Use of Ulrich Beck's Concepts in the Polish Context, „Kultura i Edukacja”, 2(120), s. 51-64.
- LAVIS J. N., POSADA F.B., HAINES A., OSEI E. (2004), Use of research to inform public policymaking. *The Lancet*, 364(9445), s. 1615-1621, https://doi.org/10.1016/S0140-6736\04_17317-0.
- LBIC. London Bioscience Innovation Centre (2022), London BioScience Innovation Centre, <https://www.lbic.com>.
- MILLER J. D. (2010), Adult Science Learning in the Internet Era. Curator: The Museum Journal, 53(2), s. 191-208, <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2010.00019.x>.
- MOSES V. (2003), Biotechnology education in Europe, „Journal of Commercial Biotechnology”, 9(3) s. 219-230, DOI:10.1057/palgrave.jcb.3040031.
- OUTDOOR MOBILE CLEANROOMS (2022), ABN Cleanroom Technology, <https://www.abn-cleanroomtechnology.com/outdoor-mobile-solutions>.