3.4.3 / May 2023 / 2022-23 / SBD/200
'RESEARCH JOURNEY' International E- Research Journal
Issue – 322 : Multidisciplinary Issue
Peer Reviewed Journal
Impact Factor 6.625
E-ISSN : 2348-7143
May-2023

वैश्विक चुनौतियों के निराकरण हेतु संश्लेषित जीव विज्ञान: एक संक्षिप्त पुनरावलोकन

(17)

डॉ सुभाष भिमराव दोंदे
डेक्कन एज्युकेशन सोसायटी, पुणे संलग्न
किर्ती कॉलेज (स्वायत्त), दादर (प.) मुंबई -400028.
ई-मेल: dsubhash40@gmail.com
WhatsApp No: 9869556607

सारांश:

आने वाले दशकों में 'कृत्रिम बुद्धिमत्ता' के समकक्ष वैज्ञानिक क्रांति लानेवाला और तेजी से उभरता क्षेत्र -संश्लेषित या कृत्रिम (सिंथेटिक) जीवविज्ञान - जो एक बहु-विषयक विज्ञान क्षेत्र है। यह विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए जैविक प्रणालियों के डिजाइन, निर्माण और संशोधन में जीव विज्ञान और इंजीनियरिंग के सिद्धांतों को जोड़ता है। पिछले 15 वर्षों में संश्लेषित जीव विज्ञान के क्षेत्र में काम करने वाली कंपनियों में पांच गुना वृद्धि हुई है और इस अवधि में सार्वजनिक तथा निजी निवेश 10 अरब अमेरिकी डॉलर तक पहुंच गया है जिसके चलते 2030 और 2040 के बीच कम से कम 1.7 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर का प्रत्यक्ष आर्थिक लाभ होने का अनुमान है। संश्लेषित जीव विज्ञान में उभरें नवप्रवर्तनों को परस्पर संबधित जैव-अणु (बायोमोलेक्यूल्स), जैव-प्रणाली (बायोसिस्टम्स), जैव-यंत्र (बायोमशीन) जैव-संगणन (बायोकंप्यूटिंग) इन चार क्षेत्रों में बांटा गया है। इस क्षेत्र के तकनीकी नवप्रवर्तनों में एक ओर जीन ड्राइव द्वारा प्रयोजित जीन को मानवी हस्तक्षेप द्वारा संचालित करके पीढ़ी दर पीढ़ी जनसंख्या में लगातार अधिक मात्रा में प्रचलित करना संभव है; तो दूसरी ओर क्रिस्पर-कॅस 9 नामक जीनोम एडिटिंग टूल ने डीएनए के संपादन को पिछली तकनीकों की तुलना में अधिक तेज़, सस्ता और सटीक बनाया है। क्रिस्पर-कॅस 9 तकनीक को अक्सर 'जेनेटिक कैंची' के रूप में वर्णित किया जाता है। डीएनए का डेटा भंडारण घनत्व हार्ड-डिस्क भंडारण से लगभग दस लाख गुना अधिक है और चार न्यूक्लिओटाइड्स के अनुक्रम में संग्रहीत डेटा दस लाख वर्षों तक सुरक्षित रह सकता है, जो किसी भी मौजूदा भंडारण (स्टोरेज) डिस्क के जीवनकाल से लाखों गुना अधिक है। इस पृष्ठभूमि में प्रस्तुत पुनरावलोकन लेख में संश्लेषित जीव विज्ञान के हालिया इतिहास के महत्वपूर्ण मील के पत्थर तथा दुनिया को त्रस्त करने कई वैश्विक चुनौतियों के निराकरण में संश्लेषित जीव विज्ञान की क्रांतिकारी उपलब्धियाँ किस तरह से योगदान कर सकती है इसका संक्षिप्त विवरण है।

मूल शब्द: संश्लेषित जीव विज्ञान, जैव प्रौद्योगिकी, जीन ड्राइव, क्रिस्पर-कॅस 9, जैव-यंत्र, जैव-संगणन

प्रस्तावना:

यदि 1930 के दशक से मधुमेह की दवा बनाने की तकनीक नहीं बदली होती, तो आज हमें दुनिया भर के करोड़ों मधुमेह रोगियों की मदद करने के लिए सूअरों को पालने, उनके अग्न्याशय (पैन्क्रियाज) से इन्सुलिन

D. E. Society's Kirti M. Doongursee College of Arts, Science & Commerce Mumbai-400028
D. E. Society's
Kirti M. Doongursee College
of Arts, Science & Commerce
Dadar (W), Mumbai - 28.

निकालने के लिए पृथ्वी की सतह से बड़े क्षेत्र की आवश्यकता होती। किंतु 1970 के दशक में जैव प्रौद्योगिकी की एक सफलता के कारण यह आवश्यक नहीं रहा। 'जेन्टेके' नामक स्टार्ट-अप के वैज्ञानिकों ने मानवी इन्सुलिन जीन को ख़मीर (यीस्ट) की कोशिकाओं में स्थानांतरित करके मधुमेह के इलाज के लिए उस महत्वपूर्ण मानवी हार्मोन प्रोटीन के उत्पादन का मार्ग प्रशस्त किया और उसे जानवरों के अग्न्याशय से निचोड़े गये इन्सुलिन की जरूरत नही रही। संश्लेषित जीव विज्ञान के इस अग्रणी अनुप्रयोग ने जैव प्रौद्योगिकी उद्योग को जन्म दिया, जो अब जीवन बदलने वाली दवाओं की बढ़ती संख्या का उत्पादन करने के लिए डीएनए की शक्ति का उपयोग करता है। संश्लेषित जीव विज्ञान जीवित जीवों में आनुवंशिक सामग्री के डिजाइन, निर्माण और संशोधन या हेरफेर को सुसाध्य बनाने और तेज करने के लिए विज्ञान, प्रौद्योगिकी और इंजीनियरिंग का अनुप्रयोग है। संश्लेषित जीव विज्ञान यह आम तौर पर उन तकनीकों को संदर्भित करता है जो मनुष्यों को जीवों के जीनों में सटीक परिवर्तन करने की अनुमति देती हैं ताकि वे उन चीजों या उत्पादों का निर्माण कर सकें जो मनुष्य चाहते हैं किंतु जो जीव सामान्य रूप से नहीं करते है।

संश्लेषित जीव विज्ञान का नित्य प्रयोग तेजी से बढ़ रहा है। पिछले 15 वर्षों में संश्लेषित जीव विज्ञान के पहलुओं पर काम करने वाली कंपनियों में पांच गुना वृद्धि हुई है, इस अवधि में सार्वजनिक और निजी निवेश 10 अरब अमेरिकी डॉलर तक पहुंच गया है। मैककिन्से ने मई 2020 की एक रिपोर्ट में अनुमान लगाया था कि वैश्विक अर्थव्यवस्था के 60% भौतिक निवेश को संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग करके बनाया जा सकता है, जिसके परिणामस्वरूप 2030 और 2040 के बीच कम से कम 1.7 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर का प्रत्यक्ष आर्थिक लाभ होगा। संश्लेषित जीवविज्ञान में उभरें नवप्रवर्तनों को चार क्षेत्रों में बांटा गया है: (1) जैव-अणु (बायोमोलेक्यूल्स) -अणुओं की मानचित्रण (मैपिंग), मापन और इंजीनियरिंग; (2) जैव-प्रणाली (बायोसिस्टम्स) - कोशिकाओं, ऊतकों और अवयवों की इंजीनियरिंग; (3) जैव-यंत्र (बायोमशीन) - जीव विज्ञान और मशीनों के बीच का इंटरफ़ेस; और (4) जैव-संगणन (बायोकंप्यूटिंग)—संगणना के लिए कोशिकाओं या डीएनए प्रोटीन जैसे या अणुओं का उपयोग। इन चार क्षेत्रों में से प्रत्येक में प्रमुख सफलताएं परस्पर एक दूसरे को मजबूत कर रही हैं। जैव अणु (बायोमोलेक्यूल्स) और जैव-प्रणाली (बायोसिस्टम्स) में, ओमिक्स और आणविक प्रौद्योगिकियों में प्रगति जैविक प्रक्रियाओं की हमारी समझ को बढ़ा रही है, साथ ही हमें जीव विज्ञान को इंजीनियर करने में सक्षम बनाती है।

बीमारी को ठीक करने या रोकने के लिए एक जीवित कोशिका को इंजीनियर या संशोधित करने की क्षमता भी मौजूद है; उदाहरण के लिए, अभूतपूर्व क्रिस्पर-कॅस 9 तकनीक वैज्ञानिकों को पिछली तकनीकों की तुलना में जीन को अधिक तेज़ी से और सटीक रूप से एडिटिंग करने की अनुमति देता है। बायोमशीन और बायोकंप्यूटिंग दोनों में अग्रिमों में जीव विज्ञान और मशीनों के बीच गहन अंतःक्रिया शामिल है। डीएनए का डेटा भंडारण घनत्व हार्ड-डिस्क भंडारण क्षमता से लगभग दस लाख गुना अधिक है; इसलिए डीएनए का उपयोग करके अब दुनिया भर का डेटा को संचय करना भी संभव है। शोधकर्ताओं का अनुमान है कि डीएनए में संग्रहीत डेटा 700,000 और दस लाख वर्षों के बीच तक सुरक्षित रह सकता है, जो किसी भी मौजूदा भंडारण (स्टोरेज) डिस्क के जीवनकाल से लाखों गुना अधिक है। इस पृष्ठभूमि में प्रस्तुत पुनरावलोकन लेख में संश्लेषित

जीव विज्ञान के हालिया इतिहास के महत्वपूर्ण मील के पत्थर तथा दुनिया को त्रस्त करने कई वैश्विक चुनौतियों के निराकरण में संश्लेषित जीव विज्ञान की क्रांतिकारी उपलब्धियाँ किस तरह से योगदान कर सकती है इसका संक्षिप्त विवरण है।

विचार-विमर्श:

संश्लेषित या कृत्रिम (सिंथेटिक) जीवविज्ञान विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए जैविक प्रणालियों के डिजाइन, निर्माण और संशोधन में जीव विज्ञान और अभियांत्रिकी (इंजीनियरिंग) के सिद्धांतों को जोड़ता है। इसमें विशिष्ट कार्यों को करने या जैविक समस्याओं को हल करने के लिए नए जैविक भागों, उपकरणों और प्रणालियों के निर्माण के साथ-साथ मौजूदा जैविक प्रणालियों की पुनर्रचना (रि-डिजाइन) करना शामिल है। यह डीएनए और कोशिकाओं जैसे मूलभूत जैविक प्रणालियों के डिजाइन, निर्माण और हेरफेर के लिए इंजीनियरिंग दृष्टिकोण का उपयोग करके किया जाता है। संश्लेषित जीव विज्ञान का लक्ष्य विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए जैविक रूप से आधारित तकनीकों का निर्माण करना है, जैसे कि अद्भुत दवा की खोज, जैवोपचारण (बायोरेमेडीएशन), जैव ईंधन और जैव प्रौद्योगिकी इत्यादि। संश्लेषित जीव विज्ञान के इतिहास में कुछ महत्वपूर्ण मील के पत्थर 1990 के दशक के बाद स्पष्ट रूप से दिखाई देते है; जब मानव जीनोम परियोजना पर फ्रांस, जर्मनी, जापान, चीन, युनायटेड किंगडम और संयुक्त राज्य अमेरिका यह छह देश एक साथ काम कर रहे थे। अब कृत्रिम बुद्धिमत्ता, बिग डेटा, मशीन लर्निंग और चैट-जीपीटी के साथ साथ 'संश्लेषित जीव विज्ञान का यह क्षेत्र तेजी से आगे बढ़ रहा है, और आने वाले वर्षों में नए मील के पत्थर तक पहुंचने की संभावना है क्योंकि जैव-वैज्ञानिक और इंजीनियर इस रोमांचक क्षेत्र में नई तकनीकों और अनुप्रयोगों का विकास जारी रखने व्यस्त हैं। 'संश्लेषित जीव विज्ञान के विकास में सबसे महत्वपूर्ण मिल के पत्थरों का संक्षिप्त विवरण कुछ इस प्रकार है:

1990 का दशक: आनुवंशिक जानकारी का खजाना प्रदान करने वाला एवं 'संश्लेषित जीव विज्ञान' इस सर्वाधुनिक जीवविज्ञान क्षेत्र में उड़ान भरने के लिए मंच तैयार करने वाले मानव जीनोम परियोजना को पूरा करने में छह देशों ने सहयोग दिया।

2000 का दशक: डीएनए संश्लेषण, अनुक्रमण और असेंबली तकनीकों में प्रगति ने कम से कम समय और कम खर्चे में डीएनए को अधिक परिष्कृत तरीकों से हेरफेर करना संभव बना दिया, जिससे 'संश्लेषित जीव विज्ञान के एक नए अंतर्विषयक क्षेत्र का विकास हुआ।

2005: पहला पूरी तरह से 'संश्लेषित जीनोम का निर्माण, जिसमें वैज्ञानिकों ने जीवणुभोजी (बैक्टीरियोफेज) के जीनोम को संश्लेषित करने के लिए रासायनिक तरीकों का इस्तेमाल किया; जो संश्लेषित जीव विज्ञान के क्षेत्र में एक प्रमुख मील का पत्थर साबित हुआ।

2009: नए जीवन रूपों के सृजन में वैज्ञानिकों ने पूरी तरह से कृत्रिम जीनोम के साथ एक कृत्रिम जीवित कोशिका बनाने के लिए 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया।

2012: क्रिस्पर-कॅस 9 प्रणाली की खोज की गई, जो वैज्ञानिकों को सरल और कुशल तरीके से डीएनए में सटीक परिवर्तन करने की अनुमति देती है। क्रिस्पर-कॅस 9 एक जीनोम एडिटिंग टूल है जो विज्ञान की दुनिया में धूम मचा रहा है। यह डीएनए के संपादन की पिछली तकनीकों की तुलना में तेज़, सस्ता और अधिक सटीक है और इसमें संभावित अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला है।

2013: वैज्ञानिकों ने खमीर (यीस्ट), कोशिकाओं में एक कृत्रिम परिपथ (सर्किट) को डिजाइन, निर्माण और स्थानांतरण करने के लिए संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया; जो नए जैविक प्रणाली (सिस्टम) के विशिष्ट रसायनों का पता लगा सकते हैं और उनकी प्रतिक्रिया दे सकते हैं।

2014: वैज्ञानिकों ने एक कृत्रिम जीवित कोशिका सृजन करने के लिए 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया; जिसके द्वारा औषधि-उद्योग में क्रांति लाने के लिए अधिक कुशलता से अद्वितीय दवाओं और रसायनों का उत्पादन कर सकते हैं।

2018: वैज्ञानिकों ने एक कृत्रिम जीवित कोशिका का सृजन करने के लिए 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया; जो कैंसर कोशिकाओं का पता लगा सकती है और उनके खिलाफ प्रतिक्रिया दे सकती है। इस तरह कैंसर जैसी जानलेवा, दीर्घकालिक बीमारी के इलाज में यह उपलब्धि नीव का पत्थर साबित होगी।

संश्लेषित जीव विज्ञान ने हमें दिखा दिया है कि एक जीवित कोशिका को विशिष्ट कार्य करने के लिए कंप्यूटर की तरह प्रोग्राम और रीप्रोग्राम किया जा सकता है। जैविक प्रणालियों के लिए अब मानकीकरण (स्टैण्डर्डायझेशन), प्रतिकृति, प्रतिरूपण (मॉडलिंग) और प्रमापियकरण (मॉड्यूलरीकरण) जैसे इंजीनियरिंग सिद्धांतों को लागू कर सकते हैं। जैविक विज्ञान में प्रगति का संगणन (कंप्यूटिंग), स्वचलीकरण (ऑटोमेशन), डेटा एनालैटिक्स, मशीन लर्निंग और कृत्रिम बुद्धि (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस) के साथ विकास एवं संगम होने से तेजी से नवप्रवर्तन की एक नई लहर को बढ़ावा मिल रहा है। यह जैव क्रांति स्वास्थ्य और कृषि से लेकर उपभोक्ता वस्तुओं, और ऊर्जा और सामग्रियों तक, अर्थव्यवस्थाओं और हमारे जीवन पर महत्वपूर्ण प्रभाव डाल रही है। संश्लेषित जीव विज्ञान की क्रांतिकारी तकनीक प्रयोगशाला में उगाए गए मांस से लेकर सौंदर्य प्रसाधनों से लेकर जैव-निम्नीकरणीय (बायोडिग्रेडेबल) पैकेजिंग तक उत्पादों की एक विशाल श्रृंखला के निर्माण के तरीके पर गहरा प्रभाव डालने के लिए तैयार है। 'संश्लेषित जीव विज्ञान में आज दुनिया के सामने आने वाली कई वैश्विक चुनौतियों में योगदान करने की क्षमता है। कुछ विशिष्ट तरीके जिनमें 'संश्लेषित जीव विज्ञान योगदान दे सकती है उनमें शामिल हैं।

1.जलवायु परिवर्तन:

'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग नए, टिकाऊ या संधारणीय ऊर्जा स्रोत बनाने के लिए किया जा सकता है, जैसे शैवाल आधारित जैव ईंधन, और औद्योगिक प्रक्रियाओं के कार्बन पदचिह्न को कम करना आदि। एक उदाहरण के तौर पर 'संश्लेषित जीव विज्ञानी ने उन जीनों की पहचान की है जो पौधे की जड़ प्रणाली को

मिट्टी में गहराई तक बढ़ने के लिए प्रोत्साहित करते हैं ताकि पौधे गहरे कम भौम जल स्तर (वाटर टेबल) तक पहुंच सकें। वे गहरी जड़ों को प्रेरित करने के लिए आनुवंशिक मार्गों को इंजीनियर करने की योजना बना रहे हैं, जो फसल के पौधों को शुष्कता या पानी का तनाव से सहिष्णुता बढ़ाने, अधिक कार्बन का प्रच्छादन करने और मिट्टी को समृद्ध करने में सक्षम बनाएगा।

2. जैव विविधता हानि:

महत्वपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र कार्यों के कृत्रिम संस्करणों का सृजन करते हुये 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग लुप्तप्राय प्रजातियों के संरक्षण और क्षतिग्रस्त पारिस्थितिक तंत्र को बहाल करने के लिए किया जा सकता है। इस क्षेत्र के संभावित लाभों में विलुप्तप्राय प्रजातियों की सुरक्षा से लेकर वन्यजीव उत्पादों के कृत्रिम विकल्प उपलब्ध कराने तक शामिल हैं। संश्लेशीत जैव वैज्ञानिक जीन ड्राइव और अन्य जीव विज्ञान अनुप्रयोग द्वारा जैव विविधता के नुकसान को रोकने और जैव विविधता संरक्षण को बढ़ाने के लिए वर्तमान प्रयासों को पूरक कर सकते हैं, उदाहरण के लिए वे जीन ड्राइव सिस्टम के माध्यम से जीन को संशोधित करके आक्रामक विदेशी प्रजातियों का उन्मूलन या जलवायु प्रभावों का विरोध करने के लिए जीवों की क्षमता को बढ़ा सकते है। जीन ड्राइव एक ऐसी घटना को संदर्भित करता है जिससे एक विशेष अनुवांशिक तत्व अपने पक्ष में वंशानुक्रम का पक्षपात करता है, जिसके परिणामस्वरूप प्रयोजित जीन पीढ़ी दर पीढ़ी जनसंख्या में लगातार अधिक प्रचलित हो जाता है। इस प्रकार, जनसंख्या में इसकी आवृत्ति को उत्तरोत्तर बढ़ाने के लिए प्रयोजित जीन को मानवी हस्तक्षेप द्वारा संचालित किया जा रहा है। तटवर्ती उड़ीसा में पाए जाने वाले समुद्री राज कर्कट (हॉर्सशु क्रैब) जैसे संकटग्रस्त प्रजातियों के नीले रक्त में पाए जाने वाले चिकित्सकीय रूप से मूल्यवान अणु का जैवसंश्लेषण जीवाणु (बैक्टीरिया) में संश्लेशीत जीव विज्ञान द्वारा बनाने का प्रयास पहले से ही चल रहा है।

3. महामारी:

पूरे इतिहास में, संक्रामक रोगों ने मानवी सभ्यता के हर चरण में तबाही मचाई है। आर्थिक संकट पैदा करने से लेकर समाजों के पूर्ण रूप से उध्वस्त होने तक, संक्रामक रोग मानव कथा का एक परिभाषित हिस्सा हैं। संक्रामक रोगों के लिए नए टीकों और उपचारों को डिजाइन करने और तेजी से रोग का पता लगाने के लिए नए नैदानिक उपकरण विकसित करने के लिए 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया जा सकता है। सहभोजी (कमेंसल) जीवाणू को इंजीनियरिंग करके, शोधकर्ताओं ने मजबूत आनुवंशिक परिपथ के साथ जीवित पूर्ण कोशिका बायोसेंसर का सफलतापूर्वक निर्माण किया है; जो संक्रामक कारकों और उनके संबंधित विकृतियों का ठीक से पता लगाता है और उन पर हमला करता है। हैजा (कॉलरा) के लिए ऐसी प्रोबायोटिक- आधारित निदान प्रणाली विकसित की गई है। 'संश्लेषित जीव विज्ञान उच्च एवं कम आय वाले देशों में चिकित्सा लाभ प्राप्त करने के लिए तकनीकों और परीक्षणों में सटीक और कुशलता से सुधार करके महामारी के घातक प्रकोपों के खिलाफ लड़ाई में पारंपरिक निदान प्रणालियों की सीमाओं के परे समाधान प्रदान करता है।

4. सूक्ष्मजीवीरोधी प्रतिरोध:

क्लिनिकल उपयोग में सभी प्रतिजैविक (एंटीबायोटिक्स) प्रतिरोध (रेसिस्टेंस) तंत्र के विकास और प्रसार के परिणामस्वरूप वक़्त के साथ अप्रचलित हो रहे हैं। 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग नए

एंटीबायोटिक्स और अन्य रोगाणुरोधी दवाओं को विकसित करने के साथ-साथ एंटीबायोटिक-प्रतिरोधी बैक्टीरिया के प्रसार को कम करने के लिए नई रणनीति तैयार करने के लिए किया जा सकता है। ग्लाइकोपेप्टाइड एंटीबायोटिक्स एक उपयोगी उदाहरण हैं जहाँ वैज्ञानिकों ने प्राकृतिक उत्पाद वर्ग की रासायनिक विविधता का विस्तार करने के प्रयास में संश्लेषित जीव विज्ञान दृष्टिकोण की अनुप्रयोज्यता का पता लगाने के प्रयास शुरू किए हैं। वैज्ञानिकों का मानना है कि संश्लेषित जीव विज्ञान के प्रयोग से एंटीबायोटिक प्रतिरोध से जुड़ी समस्याओं को भी रोका जा सकता है। उदाहरण के लिए, इंजीनियर्ड जीवाणुभोजी (बैक्टेरिओफेज) का उपयोग एंटीबायोटिक-प्रतिरोधी जीवाणू या रोगजनकों को मारने के लिए किया जा सकता है। सूक्ष्मजीवीरोधी कई प्राकृतिक उत्पादों की रासायनिक विविधता के विस्तार के लिए एक 'संश्लेषित जीव विज्ञान दृष्टिकोण एक आदर्श रणनीति है।

5. खाद्य सुरक्षा:

बढ़ते पर्यावरणीय प्रदूषण, जलवायु परिवर्तन और जनसंख्या वृद्धि के कारण खाद्य आपूर्ति को सुरक्षित, पौष्टिक और टिकाऊ या संधारणीय बनाए रखना चुनौतीपूर्ण होता जा रहा है। 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग नई, अधिक कुशल फसलों को विकसित करने, खाद्य उत्पादन में सुधार करने और अनाज की बर्बादी को कम करने के लिए किया जा सकता है। कुल मिलाकर, संश्लेषित जीव विज्ञान संचालित खाद्य उद्योग में भविष्य में स्थायी खाद्य आपूर्ति की चुनौतियों का समाधान करने की क्षमता है। संश्लेषित जीव विज्ञान के उद्भव और विकास के साथ, अधिक से अधिक अन्न इंजीनियर किये गए कोशिकीय संश्लेषण द्वारा निर्मित किया जाएगा जो कीटनाशक अवशेषों और खाद्य एलर्जी रहित होगा। उदाहरण के लिए, कोशिका या ऊतक संवर्धन से निर्मित मांस भविष्य में कृषि के कुशल और कम कार्बन और जल पदचिन्ह (फुटप्रिंट) की एक महत्वपूर्ण दिशा का प्रतिनिधित्व करता है। उच्च-गुणवत्ता और कम लागत वाले भोज्य कच्चे माल का संश्लेषण और प्रमुख कार्यात्मक पोषण कारक (विटामिन या पौष्टिक-औषधीय पदार्थों) भविष्य के भोजन में संश्लेषित जीव विज्ञान के बड़े पैमाने पर होने वाले अनुप्रयोग है।

6. जल दुर्भिक्षता:

स्वच्छ पेयजल तक विश्वसनीय पहुंच मानव कल्याण, आर्थिक विकास और राजनीतिक स्थिरता के लिए आवश्यक है। किंतु एसडीजी रिपोर्ट 2022 के अनुसार दुनिया भर में लगभग दो अरब लोगों के पास आजतक सुरक्षित पेयजल की पहुंच नहीं है, और दुनिया की लगभग आधी आबादी वर्ष के कम से कम हिस्से के लिए पानी की गंभीर कमी का सामना कर रही है। जनसंख्या वृद्धि, जलवायु परिवर्तन, जल बुनियादी ढांचे में लगातार गिरावट, और खराब जल प्रशासन के कारण पानी की भ्रष्ट गुणवत्ता, मात्रा और पहुंच की बारंबारता और गंभीरता दोनों में वृद्धि का अनुमान है। जल प्रशोधन (ट्रीटमेंट) और शुद्धिकरण के लिए नई तकनीकों को विकसित करने और कृषि में जल प्रबंधन में सुधार के लिए 'संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया जा सकता है। कार्रवाई योग्य जल संदूषक डेटा का उत्पादन करते हुये, प्रभावी नीतियों और कार्यक्रमों के विकास का

मार्गदर्शन द्वारा और उपयोग किए जाने वाले पानी के बारे में विकल्पों की जानकारी देकर संश्लेषित जीव विज्ञान वैश्विक जल गुणवत्ता निगरानी की सुविधा प्रदान कर सकता है।

7. मानव स्वास्थ्य:

संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग कैंसर और हृदय रोग जैसे रोगों के लिए नए चिकित्सा और उपचार विकसित करने और रोग का पता लगाने के लिए नए नैदानिक उपकरण बनाने के लिए किया जा सकता है। जैव-सुदृढ़ीकरण (बायोफोर्टिफिकेशन) के माध्यम से संश्लेषित जीव विज्ञान मानव स्वास्थ्य को लाभ पहुंचाती है। यह उन फसल किस्मों के उत्पादन का वर्णन करता है, जिनमें जेनेटिक इंजीनियरिंग द्वारा हेरफेर के परिणामस्वरूप पोषण (विटामिन, न्यूट्रास्युटिकल) प्रोफाइल को बढ़ाया है। जैसे कि ट्रांसजेनिक गोल्डन राइस जिसमें विटामिन 'ए' (रेटिनॉल) के अग्रगमी बीटा-कैरोटीन और लोह का जैव-सुदृढ़ीकरण किया गया है। संश्लेषित जीव विज्ञान के दायरे में ट्रांसजेनिक साल्मोनेला में कृत्रिम एंटेचैम्बर दवाओं के लिए विकसित जीन ऑक्सिजन की कमी (हाइपोक्सिक) वाले सूक्ष्म पर्यावरण में कैंसररोधी दवाओं को समय-निर्भर तरीके से जारी करके अर्बुद (ट्यूमर) के विकास को नियंत्रित कर सकता है। मस्तिष्क में ट्यूमर कोशिकाओं के खिलाफ लक्ष्य बनाये इंजीनियर विषाणु का उपयोग मस्तिष्क में ट्यूमर कोशिकाओं में रक्त वाहिकाओं के विकास को अवरुद्ध करने के लिए किया गया था, जो रक्त वाहिकाओं के विकास को रोकता है। कोशिकीय समस्थापन (होमियोस्टेसिस) के लिए जैवसंवेदन (बायोसेंसिंग) और विनियमन के संदर्भ में संश्लेषित जीव विज्ञान का भी उपयोग किया जा सकता है; जो रोग की प्रगति को बदलता है। इस संदर्भ में संश्लेषित जीव विज्ञान का एक उदाहरण इंजीनियर टी कोशिकाओं का उपयोग है, जिसमें काइमेरिक एंटीजन रिसेप्टर टी सेल इम्यूनोथेरेपी (कार्ट-टी), का उपयोग ल्यूकेमिया जैसे जानलेवा रक्त-कैंसर के इलाज के लिए किया जाता है। हाल ही में 2020 तक, नैदानिक परीक्षणों में 671 कार्ट-टी उपचार हैं, जो मुख्य रूप से रक्त कैंसर को लक्षित करते हैं; हालाँकि, स्व-प्रतिरक्षित (ऑटोइम्यून) विकारों, विषाणु संक्रमणों और ठोस या घनीभूत ट्यूमर के उपचार की दिशा में कदम बढ़ रहे हैं। कृत्रिम जीव विज्ञान ने मलेरिया-रोधी उपचार आर्टेमिसिनिन के विकास में चीनी स्वीट वर्मवुड पौधे के बजाय ट्रांसजेनिक खमीर (यीस्ट) से इसके संश्लेषण को सक्षम किया है। भारत ने वर्ष 2021 में सिकल कोशिका रक्ताल्पता (एनीमिया) इस आनुवंशिक रक्त विकार के निदान हेतु क्रिस्पर-कॅस 9 तकनीक विकसित करने के लिये 5 वर्ष की परियोजना को मंज़ूरी दी। इस तरह मानव स्वास्थ्य के लिए संश्लेषित जीव विज्ञान के अनुप्रयोग के उदाहरण अनगिनत हो सकते है।

8. ऊर्जा:

जैव-ईंधन हरित एवं नवीकरणीय ऊर्जा का एक प्रमुख स्रोत है; जो समय के साथ-साथ और अधिक उपयोगी और अधिक किफायती होता जाएगा। माइक्रोबियल किण्वन जैविक ऊर्जा का उत्पादन करने के सबसे प्रभावी तरीकों में से एक है। ग्लूकोज एक अत्यधिक किफ़ायती प्रभावी कच्चा माल है; जिसका उपयोग अक्सर इस उत्पादन प्रक्रिया में किया जाता है। संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग नए, स्थायी ऊर्जा स्रोतों, जैसे कि

शैवाल-आधारित जैव-ईंधन, और ऊर्जा रूपांतरण प्रक्रियाओं की दक्षता में सुधार के लिए किया जा सकता है। एंजाइमैटिक, चयापचयी (मेटाबॉलिक) पथ और जीनोमिक स्तरों पर माइक्रोबियल संश्लेषण प्रक्रियाओं के डिजाइन, नियंत्रण और अनुकूलन के माध्यम से, नए जैव-ईंधन और पहले से उपलब्ध जैव-ईंधन की उपज का अनुकूलन बहुत ही जल्द उपलब्ध हो सकता है।

9. प्रदूषण:

जल निकायों में हर दिन 2 मिलियन टन से अधिक मानव अपशिष्ट का निपटान के साथ, हानिकारक पदार्थों की एक विस्तृत श्रृंखला पर्यावरण में समाप्त हो जाती है, जो स्थलीय और जलीय पारिस्थितिक तंत्र को दूषित करती है। संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग पर्यावरण के जैवोपचारण के लिए नई तकनीकों को विकसित करने के लिए किया जा सकता है, जैसे संश्लेषित जीवाणू जो दूषित पानी या मिट्टी को साफ कर सकते हैं। संश्लेषित सूक्ष्मजीवों के अनुप्रयोगों से जल प्रदूषण, अपशिष्ट निपटान और वायु प्रदूषण को कम करने के उद्देश्य से पर्यावरणीय प्रदूषकों की निगरानी, एकत्रीकरण और न्यूनीकरण कर सकते हैं। वैश्विक ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में सीमेंट का उत्पादन लगभग आठ प्रतिशत के लिए जिम्मेदार है। उत्तरी केरोलिना में बायोमैसन रेत को सांचों में रखकर और बैक्टीरिया के साथ इंजेक्ट करके एक विकल्प प्रदान करता है, जिसे बाद में पानी में कैल्शियम आयन खिलाए जाते हैं। आयन बैक्टीरिया की कोशिका भित्ति के साथ कैल्शियम कार्बोनेट खोल या आवरण बनाते हैं, जिससे कण आपस में चिपक जाते हैं। यह बायोमैसन ईंट तीन से पांच दिन में तैयार हो जाती है; जिन्हें अंधेरे में चमकने, प्रदूषण को अवशोषित करने, या गीले होने पर रंग बदलने के लिए अनुकूलित किया जा सकता है। शोधकर्ताओं ने एक नया प्लास्टिक खाने वाला किण्वक (एन्जाइम), पेटेज़ विकसित किया है। यह किण्वक विभिन्न प्रकार के प्लास्टिक को आसानी से विघटित कर सकता है। भले ही यह रणनीति औद्योगिक पैमानों पर उपयुक्त नहीं है, लेकिन इस तकनीक का उपयोग प्लास्टिक कचरे को ऐसे घटकों में बदलने के लिए किया जा सकता है जिन्हें प्रभावी ढंग से पुनःचक्रित किया जा सकता है। जबकि संश्लेषित जीव विज्ञान की क्षमता असीम है, इसके उत्पादों के कार्यान्वयन के लिए अधिक चर्चा की आवश्यकता हो सकती है क्योंकि इसके प्रभाव अज्ञात हैं। मजबूत जोखिम मूल्यांकन ढांचे पालन करते हुए प्रौद्योगिकी का विकास जैव सुरक्षा के विकास के अनुरूप होना चाहिए।

10. मानसिक स्वास्थ्य:

मिर्गी (एपिलेप्सी) जैसी मुश्किल-से-निदान और प्रबंधन स्थितियों के लिए नवाचारों के साथ, प्रौद्योगिकी असंख्य तरीकों से मानसिक स्वास्थ्य देखभाल में सुधार करने में मदद कर रही है। एक मोबाइल ब्रेन स्कैनिंग कैप न्यूरोलॉजिस्ट तक पहुंच के बिना समुदायों को बीमारी की पहचान करने में मदद कर सकती है, और उच्च-रिज़ॉल्यूशन सेंसर सर्जनों को प्रभावित मस्तिष्क के ऊतकों के स्थान की अधिक सटीक पहचान करने में मदद कर सकते हैं। कैनाबिनोइड और साइकेडेलिक चिकित्सा के जीव विज्ञान को इंजीनियरिंग करके, दवाइयों के अप्रिय दुष्प्रभावों को कम करने के अलावा, उन्हें संग्रहीत करने और उपयोग करने के तरीकों को बदलने की उम्मीद करता है। कैनबिनोइड्स के लिए, एक संश्लेषित जैव-आधारित संस्करण का लंबा शेल्फ जीवन हो सकता

है, जिससे उपचार अधिक सुलभ हो जाता है। यह पानी में घुलनशील भी हो सकता है, जिससे रोगियों के लिए इसे लेना बहुत आसान हो जाता है। साइकेडेलिक्स के लिए, एक संश्लेषित जैव-आधारित संस्करण मतिभ्रम और यात्रा की लंबाई को कम या समाप्त कर सकता है, जबकि मस्तिष्क में सही सेरोटोनिन ग्राही (रिसेप्टर्स) को अधिक कुशलता से लक्षित करता है। इसके अलावा अवसाद और चिंता जैसे मानसिक स्वास्थ्य विकारों के लिए नए उपचार और चिकित्सा विकसित करने के लिए संश्लेषित जीव विज्ञान का उपयोग किया जा सकता है। ये कुछ गिनेचुने उदाहरण हैं जिनमें संश्लेषित जीव विज्ञान वैश्विक चुनौतियों का समाधान करने में योगदान दे सकती है। जैसे-जैसे क्षेत्र आगे बढ़ रहा है, वैसे-वैसे नए अनुप्रयोगों और समाधानों के उभरने की संभावना है।

उपसंहार:

संश्लेषित जीव विज्ञान मानव स्वास्थ्य और पर्यावरण से लेकर राष्ट्रीय सुरक्षा के लिए एक महत्वपूर्ण खतरा पैदा कर सकता है; यदि इसका उपयोग नापाक उद्देश्यों जैसे नए जैविक हथियार विकसित करने के लिए किया जाता है। जैव सुरक्षा के लिए, इस बात की चिंता है कि कृत्रिम या पुन:डिज़ाइन किए गए जीवों को सैद्धांतिक रूप से जैव-आतंकवाद (बायो-टेररिज़्म) के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। संभावित जैव सुरक्षा जोखिमों में रोगजनकों को फिर से बनाना, मौजूदा रोगजनकों को अधिक खतरनाक बनाने के लिए इंजीनियरिंग करना शामिल है। अंत में, पर्यावरणीय खतरों में जैव-विविधता और पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं पर प्रतिकूल प्रभाव शामिल हैं, जिसमें संश्लेषित जीवों के कृषि उपयोग के परिणामस्वरूप भूमि उपयोग में संभावित परिवर्तन शामिल हैं। इसलिए संश्लेषित जीव विज्ञान की प्रक्रियाओं या उत्पादों के जानबूझकर और दुर्भावनापूर्ण या अनजाने और आकस्मिक दुरुपयोग को रोकने के लिए सख़्त जैव-सुरक्षा उपायों को स्थापित करना अनिवार्य है। इस क्षेत्र के दुरुपयोग से जुड़ी नई चुनौतियों को समायोजित करने और इसके गलत और अनैतिक उपयोग की क्षमता को कम करते हुए तकनीकी लाभों को अधिकतम करने के लिए जैव सुरक्षा नीतियों और प्रथाओं को अद्यतन किया जाना चाहिए।

संदर्भ सूची

1. Bryan Edward (23rd Nov 2021) The Synthetic Biology Revolution: Investing in the Science of Sustainability https://www.alliancebernstein.com/library/the-synthetic-biology-revolution.htm
2. Bose Priyom (28th Nov:; 2022) The Revolution of Synthetic Biology https://www.azolifesciences.com/article/The-Revolution-of-Synthetic-Biology.aspx
3. Tong Yaojun (2023) Discovering the next decade's synthetic biology research trends with ChatGPT Synth. Syst. Biotechnol. Vol. 8(2) Pp: 220–223. doi: 10.1016/j.synbio.2023.02.004https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10009671/
4. Khan Anooshay, Ostaku Julian, Ebru Aras, and et.al. (2022) Combating Infectious Diseases with Synthetic Biology ACS Synthetic Biology Vol. 11 (2), Pp:528-537. DOI: 10.1021/acssynbio.1c00576 https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssynbio.1c00576#
5. Hazards of synthetic biology Wikipedia https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hazards_of_synthetic_biology