कृषि चक्रीय अर्थव्यवस्था, सतत नवाचारों को बढ़ावा देता जैव-विज्ञान

जीवन के लिए आवश्यक तत्वों सहित सभी तत्व जैव-भूरासायनिक चक्रों के माध्यम से जैवमंडल में प्रसारित होते हैं। जैविक एवं अजैविक प्रावस्थाओं के बीच तत्वों की आवर्ती गति के माध्यम से होने वाला जीवन का यह रसायन विज्ञान, चक्रीय अर्थव्यवस्था की अवधारणा को जन्म देता है, जहां कुछ भी अपव्यय/अपशिष्ट नहीं होता। परमाणु ऊर्जा विभाग में, नाभिकीय ऊर्जा के उपयोग की हमारी खोज में भी यही सिद्धांत परिलक्षित होते हैं। यहां हमने न केवल नाभिकीय ईंधन के पुनर्संसाधान बल्कि, सामाजिक लाभ हेतु भी कृषि/जैव-अपशिष्ट के पुनश्चक्रण के लिए बंद चक्र को अपनाया है। इस ग्रह पर जीवन, कुछ और नहीं बल्कि पोषण चक्र ही है। जीवन, तत्वों के क्रम के माध्यम से एक पूर्व-निर्धारित तरीके से आकार लेता है और मृत्यु पश्चात विघटन, जन्म और विकास के अगले चक्र को बढ़ाता है। हालाँकि, शहरी जीवन शैली पर एक सूक्ष्म अध्ययन से पता चलता है कि वर्तमान में संतुलित पोषक चक्र किस प्रकार बाधित हो रहे हैं। शहर की सीमा से सटे कचरे या दीर्घकाय होते कूड़े के ढ़ेर इस बात को प्रमाणित करते हैं। इन तथाकथित "अपशिष्ट" को इनके उपयोगोपरांत प्राकृतिक या मानव निर्मित साधनों से पुनश्चक्रित किया जाना चाहिए था। कम से कम यह तो माना जा सकता है कि ये हरित-गृह गैसें एवं विषाक्त रिसाव का स्रोत बन जाते हैं जो जल निकायों को प्रदूषित कर स्वास्थ्य और सामाजिक आर्थिक खतरे पैदा करते हैं।

पच्चीस वर्ष पूर्व, शहरी अपशिष्ट प्रबंधन को आर्थिक रूप से सुदृढ. साधनों के रूप में संरेखित करने की खोज में, "निसर्ग-ऋण" की अवधारणा अस्तित्व में आई। संस्कृत भाषा से आए इस शब्द का शब्दानुवाद, "प्रकृति का ऋण" है। इसका मुख्य उद्देश्य, यांत्रिक प्रणालियों के माध्यम से सूक्ष्मजीव के चयापचय का उपयोग करके जीवाणुओं को ऊर्जा-समृद्ध ईंधन एवं पोषक तत्वों से भरपूर खाद में परिवर्तित करना था। इस लक्ष्य की प्राप्ति हेतु, हालांकि गोबर का बायोमीथेनेशन उपलब्ध था, अन्य सभी प्रकार के जैव-निम्नीकरणीय अपशिष्ट सरलता से इस प्रक्रिया हेतु अनुकूल नहीं थे। बायोमीथेनेशन पर सूक्ष्म अध्ययन से पता चलता है कि लघु श्रृंखला कार्बनिक अम्ल मीथेन में जैव रूपांतरण के लिए एक अधिमान्य पूर्वगामी हैं। इसे सुविधाजनक बनाने के लिए, निसर्ग-ऋण संयंत्र में अवायवीय कक्ष से पूर्व एक एरोबिक डाइजेस्टर की संकल्पना की गई। यहाँ लंबी श्रृंखला के अणुओं को प्रभावी रूप से लघु श्रृंखला के जैव अम्ल में विभाजित किया गया, जिनका मीथेन गैस बनाने के लिए मीथेनोजन द्वारा अवायवीय परिवर्तन हुआ था। तब से, धीरे-धीरे प्रौद्योगिकी विकसित होती जा रही है और सब्ज़ी बाज़ार के कचरे, बूचड़खानों, नगरपालिकाओं, दुग्ध-उत्पादक केंद्रों, चिड़ियाघरों एवं जल-पान गृहों जैसे विविध स्थान से प्राप्त अपशिष्ट के निस्तारण हेतु इसे देश भर में व्यापक रूप से अपनाया जा रहा है, अब तक इसे लगभग ४०० जगहों पर स्थापित किया गया है। निसर्ग-ऋण संयंत्रों में उत्पादित बायोगैस का उपयोग खाना पकाने के साथ-साथ बिजली उत्पादन के लिए किया जाता है, जबकि उद्यान/कृषि क्षेत्र इसके उत्पादित उच्च गुणवत्ता वाले खाद का तैयार बाज़ार हैं। जैसा कि हमने पद्मश्री डॉ. शरद पी. काले द्वारा आरंभ एवं पोषित किए गए परमाणु ऊर्जा विभाग के एक प्रमुख कार्यक्रम 'निसर्ग-ऋण' नामक आंदोलन की २५ वर्षों की यात्रा पूरी की है, इस चक्रीय अर्थव्यवस्था एवं सतत कार्यपद्धतियों को बढ़ावा देने में भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र द्वारा किए गए उल्लेखनीय योगदानों में से एक के रूप में अनुशंसित है। इन प्रौद्योगिकियों में, द्रुत कम्पोस्टिंग प्रौद्योगिकी, एक मॉड्यूलर में प्रकृति प्रेरित वायुजीवी प्रसंस्करण अपशिष्ट एवं स्केलेबल फैशन में एकल सेल्युलोलाइटिक कवक की सहायता से, ऐसी प्रौद्योगिकियां जो चीनी उद्योग से प्राप्त अपशिष्ट को खनिज समृद्ध फॉस्फेटिक एवं जस्ता उर्वरकों में परिवर्तित करती हैं। कृषि हितैशी रोगाणुओं के गुणात्मक वृद्धि हेतु कृषि अपशिष्ट के विकास के माध्यम के रूप में तथा अपशिष्ट जल उपचार के लिए संकर कणीय अनुक्रमण बैच रिएक्टर आदि शामिल हैं। समुद्री जीवों के अनुपयुक्त चिटिनस सीपी से उत्पादित पादप वृद्धि उत्तेजक "अनुचैतन्य" का सफलतापूर्वक व्यावसायीकरण किया गया और यह अत्यधिक लोकप्रिय हो गया है।

भापअ केंद्र न्यूज़लेटर का यह अंक "अपशिष्ट से उत्कृष्ट" विषय से प्रेरित जैव विज्ञान अनुसंधान एवं विकासात्मक गतिविधियों को प्रदर्शित करता है, जिसका पर्यावरण, जैव-भू-रासायनिक चक्र, कृषि, अर्थव्यवस्था एवं बड़े पैमाने पर जन कल्याण पर अनेक सकारात्मक प्रभाव पड़े हैं। मुझे पूर्ण विश्वास है कि यह संकलन भापअ केंद्र वैज्ञानिक समुदाय के बीच विमर्श का विषय बनकर उभरेगा और कई युवा सह-कर्मियों को प्रेरित करेगा।

डॉ. पी.ए. हसन
सह निदेशक
जैव-विज्ञान वर्ग
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र

BioScience Fueling Innovations in Agri Circular Economy, Sustainability

All elements, including those essential to life, circulate in the biosphere through biogeochemical cycles. This chemistry of life that occurs through the recurring movement of elements between biotic and abiotic phases gives rise to the concept of circular economy, where there is no waste. The same principles are reflected in our quest to harness nuclear energy at Department of Atomic Energy. Here we have adopted a closed cycle, not only for reprocessing nuclear fuels but also for recycling of agro/bio-waste for societal benefits. Life in this planet, is nothing but a function of nutrient cycling. Life takes shape through the ordering of elements in a predefined way and its disintegration upon death, fuels the next cycle of birth and growth. However, even a casual glance at the urban way of living shows how the balanced nutrient cycles are presently disrupted. This is evidenced in the growing mounds of garbage or refuse at dump sites bordering city limits. This so called “waste” should have undergone recycling at the end of their useful life, either through natural or manmade means. Instead it becomes a source of green house gases and toxic leachates that pollute water bodies posing health and socio economic hazards, to say the least.

Twenty-five years back, in the pursuit of aligning to ecologically sound means of urban waste management, the concept of “Nisargruna” came into being. Its literal translation from Sanskrit means, “Nature's Loan”. At the heart of it was the transformation of the molecules of life into energy rich fuel and nutrient-abundant manure by harnessing microbial metabolism in mechanized systems. To meet this goal, though biomethanation of cow dung was available, all other types of biodegradable waste were not readily amenable to this process. A closer look at biomethanation reveals that short chain organic acids are a preferred precusor for biotransformation to methane. In order to facilitate this, an aerobic digestor preceeding the anaerobic chamber was introduced in the Nisargruna plant. Here long chain molecules were effectively broken down to short chain organic acids which underwent anaerobic transformationby methanogens to form methane gas. Since then, the technology has moved from strength to strength and has been widely adopted across the country for diverse waste such as vegetable market waste, abbatoirs, municipalities, dairy farms, zoos and canteens, totalling to about 400 installations so far. Biogas produced in Nisargruna plants is used for cooking as well as electricity generation, whereas the high-quality compost produced has a ready market in garden/agriculture sector. As we cover a journey of 25 years to commemorate the movement named 'Nisargruna', a flagship program of DAE, initiated and nurtured by Padmashree, Dr Sharad P. Kale, it is apt to appraise few other notable contributions made by BARC in promoting circular economy and sustainable practices. These technologies include, Rapid Composting Technology, a nature inspired aerobic processing of waste aided by a single cellulolytic fungus in a modular and scalable fashion, technologies that convert waste from the sugar industry to mineral rich phosphatic and zinc fertilizers, use of agricultural waste as growth medium for multiplication of agriculturally beneficial microbes and hybrid granular sequencing batch reactor for waste water remediation and so on. The plant growth stimulator “Anuchaitanya” produced from the unconsumed chitinous shells of marine organisms is successfully commercialized and has become very popular. This issue of BARC newsletter showcases the Bioscience research and developmental activities inspired by the theme“best out of waste”, which has had a multitude of positive effects on the environment, biogeochemical cycles, agriculture, economy and human well being at large. I am confident that this compendium will make a good read among the BARC scientific community and inspire many young colleagues.

Dr. P. A. Hassan
Associate Director
Bio Science Group
Bhabha Atomic Research Centre