

अदम्य विकासवादी : लिन मार्गुलिस

मीनाक्षी पन्त

वैकासिक जीव वैज्ञानिक लिन मार्गुलिस को यूकेरियोटिक कोशिकाओं की उत्पत्ति के क्रमिक अन्तःसहजीवन सिद्धान्त {सीरियल एंडोसिमबायोटिक थ्योरी (सेट)} पर काम के लिए जाना जाता है। यह लेख इस प्रयोग-धर्मी जीव वैज्ञानिक के जीवन के महत्वपूर्ण पहलुओं और उनके काम को प्रस्तुत करता है जिसने पृथ्वी पर जीवन को देखने के हमारे नज़रिए को बदल दिया है।

“मेरे हिसाब से, इन्सानों का सजीव पृथ्वी की देखभाल की जिम्मेदारी लेने का क्रम हास्यास्पद है – एक शक्तिहीन की लफ़्फ़ाज़ी है। ग्रह हमारी देखभाल करता है, हम इसकी नहीं। एक मनमौजी पृथ्वी के मार्गदर्शक बनने या अपने बीमार ग्रह को स्वस्थ करने की हमारी स्व-आरोपित नैतिक अनिवार्यता, आत्म-भ्रम की हमारी अपार क्षमता का प्रमाण है। दरअसल, हमें खुद को खुद से बचाने की ज़रूरत है।”

प्रकृति पर मनुष्यों के आत्म-प्रशंसित वर्चस्व को चुनौती देने वाला यह बहुत साहसी बयान लिन मार्गुलिस द्वारा दिया गया था (चित्र-1 देखें)। उन्हें आधुनिक युग के सबसे रचनात्मक वैज्ञानिक सिद्धान्तकारों में से एक माना जाता है, जिन्होंने इस विचार को बदल दिया कि पृथ्वी पर जीवन कैसे विकसित हुआ। प्रसिद्ध सामाजिक-जीवविज्ञानी ई.ओ. विल्सन सहित उनके कई समकालीनों ने विकासवाद के विचार के प्रति उनके समग्र दृष्टिकोण के कारण उन्हें ‘आधुनिक जीवविज्ञान के सबसे सफल संश्लेषक विचारक’ के रूप में स्वीकार किया है।

प्रारम्भिक जीवन और शिक्षा

5 मार्च, 1938 को शिकागो में जन्मी लिन, मॉरिस अलेक्जेंडर और लियोनी अलेक्जेंडर की चार बेटियों में सबसे बड़ी थीं। मॉरिस एक

वकील और व्यापारी थे तथा लियोनी एक ट्रेवल एजेंसी चलाती थीं। 15 साल की उम्र में लिन ने हाइड पार्क हाई स्कूल से अपनी स्कूली शिक्षा पूरी की और शिकागो विश्वविद्यालय (यूसी) के एक विशेष प्रारम्भिक प्रवेश कार्यक्रम में दाखिला लिया। वहाँ, लिन को कई प्रसिद्ध वैज्ञानिकों के मूल कार्यों को पढ़ने का अवसर मिला, जिसने विज्ञान में उनकी रुचि को आगे बढ़ाया। 1957 में, उन्होंने लिबरल आर्ट्स में स्नातक की उपाधि प्राप्त की और वाल्टर प्लाउट (जो उनके पर्यवेक्षक बनने वाले थे) और हैस रिस के मार्गदर्शन में जीवविज्ञान का अध्ययन करने के लिए विस्कॉन्सिन विश्वविद्यालय चली गईं। 1960 में, उन्होंने प्राणीविज्ञान और आनुवंशिकी में एमएस की उपाधि हासिल की। इसके बाद उन्होंने मैक्स अलफ़र्ट के मार्गदर्शन में कैलिफ़ोर्निया विश्वविद्यालय में अपना शोध कैरियर शुरू किया और 1965 में डॉक्टरेट की उपाधि प्राप्त की।

लिन को अपना शोध प्रबन्ध पूरा करने से पहले ही पहली नौकरी का ऑफ़र मिला – ब्रैंडिस यूनिवर्सिटी में व्याख्याता और एक शोध सहायक के रूप में। अलबत्ता, वे पीएचडी प्राप्त होने के बाद ही, बोस्टन विश्वविद्यालय गईं, जहाँ उन्होंने 22 वर्षों तक जीवविज्ञान पढ़ाया। उनका यह कैरियर असाधारण रहा, जिसके दौरान वे भूविज्ञान की प्रतिष्ठित प्रोफ़ेसर नियुक्त हुईं और



चित्र-1 : लिन मार्गुलिस।

Credits: Javier Pedreira from La Coruña, Spain, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lynn_Margulis_2005.jpg. License: CC-BY.

2011 में अपनी मृत्यु तक वे इस पद पर रहीं।

महत्त्वपूर्ण प्रभाव

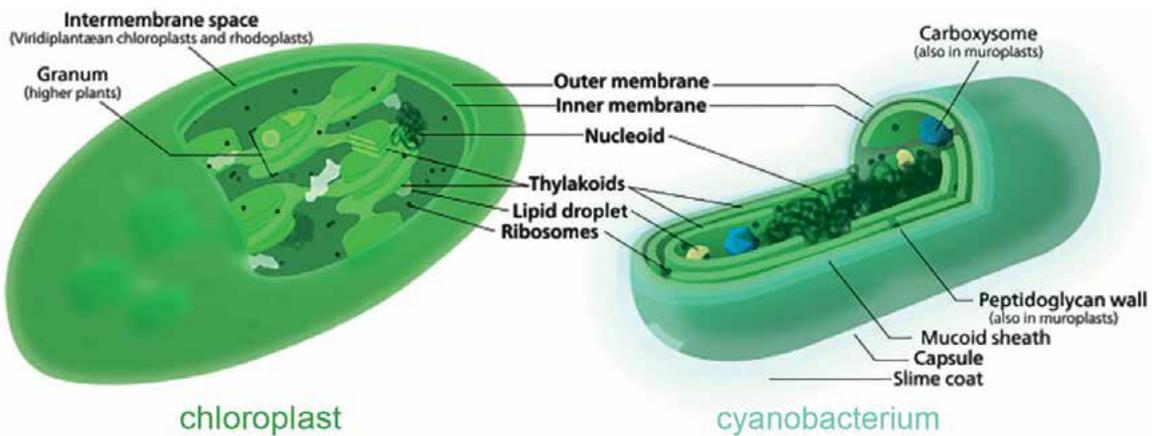
स्नातक शाला में, लिन अपने शिक्षक जेम्स एफ. क्रो से बहुत प्रभावित थीं, जिन्होंने उन्हें सामान्य और जनसंख्या आनुवंशिकी विषय पढ़ाया था। इस विषय में गहरी रुचि ने उन्हें यह विश्वास दिलाया कि केवल आनुवंशिकी के माध्यम से ही विकास की प्रक्रिया को पुनर्निर्मित किया जा सकता है। वे कोशिकीय प्रजनन के प्रकार के प्रति भी बहुत आकर्षित थीं, जिसमें कोशिका के कोशिका द्रव्य में पाए जाने वाले आनुवंशिक पदार्थ की भूमिका थी।

उस समय आम धारणा यह थी कि डीएनए कोशिका के मात्र केन्द्रक में होता है। लिन ने रुथ सेंगर, फ्रांसिस रयान और ई. बी. विल्सन जैसे जीव वैज्ञानिकों की रचनाओं को खँगाला। अपनी पुस्तक, *दी सेल इन डेवलपमेंट एंड हेरेडिटी*, में विल्सन ने दो कोशिका अंगकों (आर्गेनेल) – हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट) और माइटोकॉन्ड्रिया – और मुक्तजीवी बैक्टीरिया के बीच समानताओं पर चर्चा की थी। उनकी किताब में कॉस्टेंटिन मेरेज़कोवस्की और इवान वालिन के कार्यों के सन्दर्भ भी थे। विल्सन के अनुसार, रूसी वनस्पतिशास्त्री मेरेज़कोवस्की (1905) जर्मन वनस्पतिशास्त्री एंड्रियास शिम्पर (1883) के अवलोकनों के आधार पर इस धारणा पर पहुँचे थे कि हरे पौधों में हरितलवक का विभाजन, सायनोबैक्टीरिया (चित्र-2 देखें) से मिलता जुलता है। अतः उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि हो सकता है कि हरे पौधे दो जीवों के सहजीवी संघ (सिमबायोसिस यूनियन) से उत्पन्न हुए हैं। इसी प्रकार, कोलोराडो विश्वविद्यालय में एक शरीर-रचनाशास्त्री इवान वालिन (1923) ने जन्तुओं में जीवाणुओं के सहजीवन को 'सूक्ष्म-सहजीवी संकुलों की स्थापना' या 'सहजीवनवाद' की संज्ञा दी। इन विचारों को तब तक अधिक मान्यता नहीं मिली जब तक कि स्टॉकिंग और गिफ़ोर्ड (1959) ने नहीं खोज लिया कि लवक (प्लास्टिड्स) और माइटोकॉन्ड्रिया में अपना डीएनए

होता है। इस खोज को हेंस रिस और सिंह (1961) जैसे जीव वैज्ञानिकों द्वारा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की मदद से साइनोबैक्टीरिया और हरितलवक के बीच विस्तृत तुलना से आधार मिला। परिणामस्वरूप, 1960 के दशक में यह खोजबीन फिर शुरू हुई और लिन को अन्तःसहजीवन पर अपने विचारों को आगे बढ़ाने में मदद की।

आगे बढ़ता अन्तःसहजीवन का विचार

1966 में, लिन ने एक पेपर "*ऑन दी ओरिजिन ऑफ़ माइटोसिंग सेल्स*" लिखा, पन्द्रह बार खारिज होने के बाद, यह अन्ततः *जर्नल ऑफ़ थियोरिटिकल बायोलॉजी* के मार्च 1967 के अंक में प्रकाशित हुआ। इस लेख में, लिन ने यूकेरियोटिक कोशिकाओं (कोशिकाएँ जिनमें केन्द्रक झिल्ली से घिरे नाभिक होते हैं) की उत्पत्ति के लिए एक सिद्धान्त प्रस्तावित किया। उन्होंने बताया कि कोशिका के तीन घटक – अर्थात् इसकी हरितलवक (पादप कोशिकाओं की विशेष संरचनाएँ जो प्रकाश संश्लेषण में शामिल होती हैं), माइटोकॉन्ड्रिया (कोशिकाओं के ऊर्जा पैदा करने वाले हिस्से) और बेसल बॉडी [कशाभिका (फ्लेजेलम) को जन्म देने वाली संरचनाएँ] – एक समय में मुक्त-जीव हुआ करते थे (चित्र-3 देखें)। जैसे लिन ने प्रस्तावित किया कि माइटोकॉन्ड्रिया की उत्पत्ति वायु-श्वासन में सक्षम एक जीवाणु से हुई थी।



चित्र-2 : मार्गुलिस का अन्तःसहजीवन सिद्धान्त वनस्पतिशास्त्री मेरेज़कोवस्की द्वारा हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट) और साइनोबैक्टीरिया के बीच समानता की तुलना से प्रभावित था।

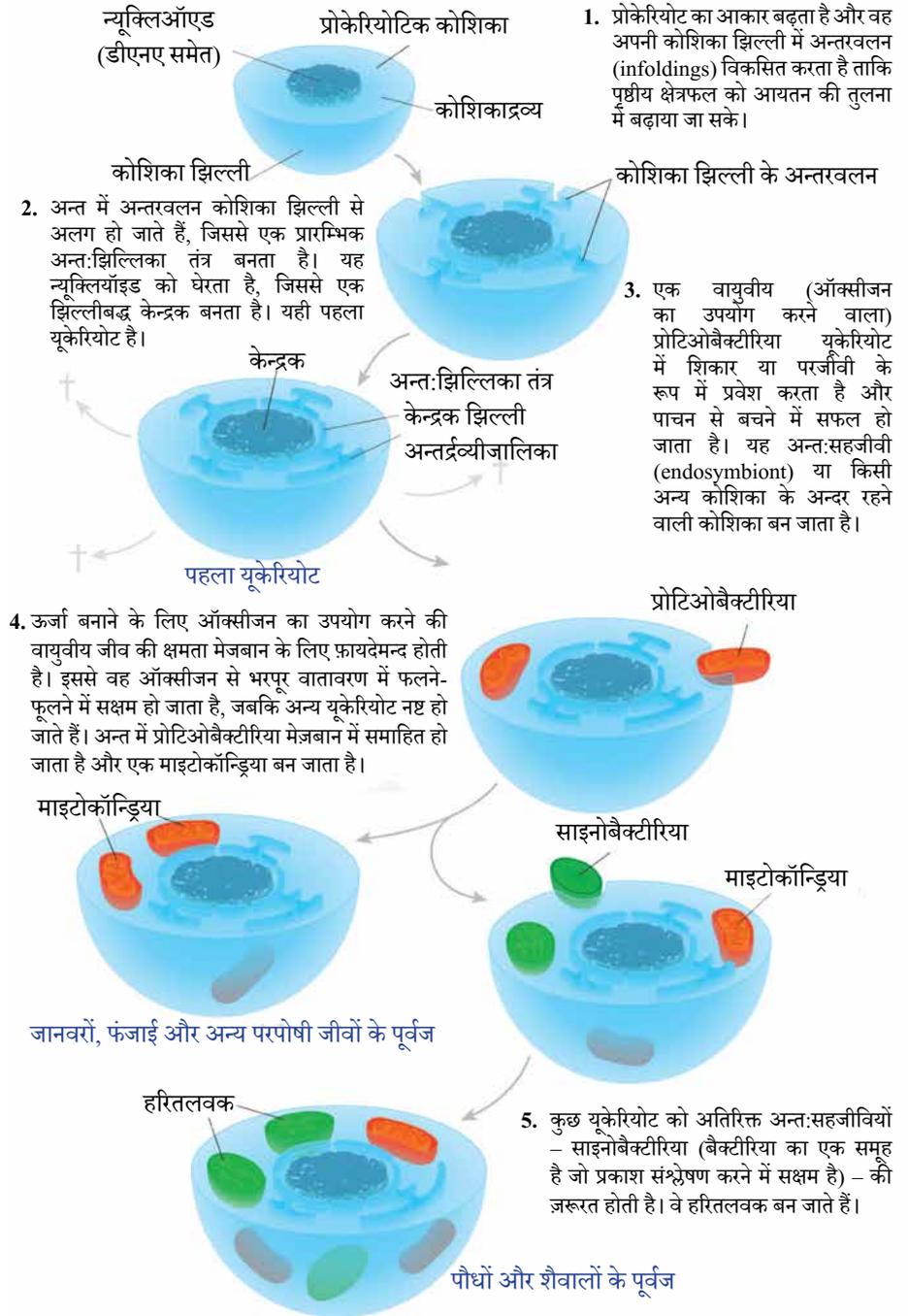
Credits: Kelvin13, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chloroplast-cyanobacterium_comparison.svg. License: CC-BY-SA.

उद्विकास के किसी चरण में, इन जीवों में से प्रत्येक ने आरम्भिक यूकेरियोटिक कोशिकाओं में प्रवेश किया होगा और तब से स्थायी रूप से वहाँ निवास कर रहे हैं। उन्होंने कहा कि इन जीवों और आरम्भिक यूकेरियोटिक कोशिकाओं के बीच परस्पर क्रिया से नए 'संकर' जीवों का विकास हुआ जिनमें ऐसे घटक थे जो सर्वथा अनूठी जीवन प्रक्रियाएँ सम्पन्न करते थे। श्रम के इस विभाजन के परिणामस्वरूप, आगे और जटिल जीवन रूपों का विकास शुरू हुआ। इस प्रकार, जबकि 'सहजीवन' शब्द का उपयोग दो जीवों के घनिष्ठ सम्बन्ध को दर्शाने के लिए किया जाता है, 'अन्तःसहजीवन' से तात्पर्य है दो अलग-अलग जीवों का विलय होकर एक इकलौते नए जीव का निर्माण। इस विचार की व्याख्या 1970 में प्रकाशित उनकी पुस्तक 'ओरिजिन ऑफ़ यूकेरियोटिक सेल्स' में विस्तार से की गई थी।

जीवाणु बतौर एक शत्रु?

जीवाणु को हमेशा, विभिन्न रोगों के कारण के रूप में चिह्नित किया जाता रहा है जो दवा के आधुनिक हथियारों से परास्त होने के लिए प्रतीक्षारत हैं। इसके विपरीत, लिन ने लगातार इस विचार को बढ़ावा दिया कि जीवाणु पृथ्वी के जैवमण्डल के कम प्रशंसित डिजाइनर हैं। उनके विचार में, बैक्टीरिया पृथ्वी पर जन्तुओं या अन्य पौधों के प्रकट होने से पहले, लगभग 200 करोड़ वर्षों तक विकास की प्रक्रिया के अधीन थे। जीवाणुओं ने न सिर्फ़ जीवन को बनाए रखने वाली सारी महत्त्वपूर्ण जीवन प्रक्रियाओं (प्रकाश संश्लेषण से श्वसन तक) को स्थापित करने में मदद की, बल्कि महत्त्वपूर्ण जैविक अणुओं (डीएनए, आरएनए, प्रोटीन आदि) की उत्पत्ति में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई। लिन के अनुसार, जीवाणु मुख्य रूप से एक-दूसरे के साथ जीन को साझा करने और सहजीवी सम्बन्ध बनाने से विकसित हुए हैं न कि अस्तित्व के लिए प्रतिस्पर्धा से।

2002 में प्रकाशित *एक्वायारिंग जीनोमस : ए थ्योरी ऑफ़ द ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़* में



चित्र-3 : क्रमिक अन्तःसहजीवन के माध्यम से यूकेरियोटिक कोशिकाओं की उत्पत्ति।

Credits: Kelvin13, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Serial_endosymbiosis.svg. License: CC-BY-SA.

लिन ने तर्क दिया कि विभिन्न प्रजातियों के जीवों के बीच सहजीवी सम्बन्ध विकास की प्रक्रिया का संचालन करते हैं। इस तर्क ने नव-डार्विनवाद की विचारधारा को चुनौती दी जिसमें सुझाव दिया गया था कि वंशानुगत

विविधता मुख्य रूप से किसी जीव के जीन में बेतरतीव परिवर्तनों (उत्परिवर्तनों) से उत्पन्न होती है। लिन के सिद्धान्त के अनुसार, ऐसे उत्परिवर्तन और बाद की पीढ़ियों में उनका संचय, यह समझाने के लिए पर्याप्त नहीं है कि



चित्र-4 : लिन मार्गुलिस ने अपने बेटे डोरियन सैगन के साथ सह-लेखक के रूप में कई पुस्तकें लिखीं।

Credits: Tom Munnecke, Flickr. URL: <https://www.flickr.com/photos/munnecket/2279221930>. License: CC-BY-NC.

विरासत में मिली विविधताएँ कैसे पैदा होती हैं। बल्कि, उन्होंने तर्क दिया कि वंशानुगत भिन्नता में विभिन्न प्रजातियों के जीवों के जीनोम (किसी भी जीव की प्रत्येक कोशिका में मौजूद आनुवंशिक सामग्री का पूरा समूह) का संलयन जिम्मेदार होता है।

लिन को अपने क्रान्तिकारी विचारों के लिए, 1960 और 1970 के दशकों में काफ़ी आलोचना और कभी-कभी तो उपहास का सामना करना पड़ा, लेकिन वे अपने सिद्धान्त पर कायम रहीं। आज, कई जीव वैज्ञानिक यूकेरियोटिक कोशिका के विकास के इस असाधारण दृष्टिकोण को 20वीं शताब्दी में विज्ञान की एक उपलब्धि मानते हैं। यह विश्वास ह्यूमन जीनोम प्रोजेक्ट के निष्कर्षों से और प्रबल हो जाता है जो दिखाते हैं कि मानव जीनोम के काफ़ी सारे हिस्से जीवाणु या विषाणु उत्पत्ति के हैं। इसके अलावा, जीनोम-मानचित्रण तकनीकों से पता चला है कि प्रमुख वर्गीकरण समूहों के वंश-वृक्ष बड़े पैमाने पर क्रॉस-लिंग प्रतीत होते हैं, सम्भवतः जीवाणु के माध्यम से जींस के स्थानान्तरण के कारण ऐसा हुआ, जैसा कि लिन मार्गुलिस का पूर्वानुमान था।

गेइया परिकल्पना को समर्थन

जीवविज्ञान को लेकर लिन के इस समग्र दृष्टिकोण ने उन्हें ब्रिटिश जीव वैज्ञानिक जेम्स लवलॉक (1968) द्वारा प्रस्तावित गेइया (पृथ्वी की यूनानी देवी का नाम) परिकल्पना का समर्थन करने को प्रेरित किया। इस परिकल्पना के अनुसार, पृथ्वी एक स्व-नियामक जीवित इकाई है जो एक एकीकृत समष्टि के रूप में काम करती है जिसमें सारे जीव परस्पर क्रिया करते हुए जीवन को निरन्तर रखने के लिए आवश्यक परिस्थितियों का निर्माण करते हैं। लिन के दिमाग में अन्तःसहजीवन और गेइया एक एकीकृत इकाई के घटक थे जो प्रतिस्पर्धा की बजाय परस्पर सहयोग पर आधारित थे।

अलबत्ता, इस परिकल्पना के प्रति लिन का उत्साह बाक्री वैज्ञानिक समुदाय द्वारा साझा नहीं किया गया। कई वैज्ञानिकों ने 'गेइया, ए न्यू लुक ऑन अर्थ' पुस्तक में लवलॉक के दृष्टिकोण को प्रयोजनवादी यानी यह धारणा कि सभी चीजों का पूर्व-निर्धारित उद्देश्य होता है, बताकर इसकी आलोचना की। स्टीफन जे. गोल्ड ने गेइया की आलोचना यह कहकर की कि यह पृथ्वी पर प्रक्रियाओं का एक प्रतीकात्मक वर्णन है जिसमें स्व-विनियमन की वास्तविक क्रियाविधि को स्पष्ट नहीं किया गया है। यह समझते हुए कि इस परिकल्पना की ज्यादातर आलोचना इसके लिखने के तरीके की वजह से है, लवलॉक ने उसकी पुस्तक में परिकल्पना में से प्रयोजनवादी तत्वों को हटाने के कई प्रयास किए।

अपनी पुस्तक *दी सिमबायोटिक प्लैनेट* में लिन ने गेइया के व्यक्तिकरण का खण्डन किया और जोर दिया कि गेइया "एक जीव नहीं है", बल्कि "जीवों के बीच अन्तर्क्रियाओं का एक एमर्जेंट गुण" है। लेकिन, लिन द्वारा इस अति-आलोचित परिकल्पना का समर्थन करने से उन्हें वैज्ञानिक समुदाय से काफ़ी नाराज़गी मिली।

आज, यह परिकल्पना काफ़ी विकसित हो गई है, एक व्यवहारिक और परीक्षण योग्य वैज्ञानिक परिकल्पना या सिद्धान्त बन गई है। कुछ वैज्ञानिक यह भी मानते हैं कि गेइया

परिकल्पना हमें कई जटिल पर्यावरणीय समस्याओं की बेहतर समझ प्रदान करती है।

व्यक्तिगत जीवन

1957 में, लिन ने प्रसिद्ध खगोलशास्त्री कार्ल सैगन से शादी की, जिनसे उनकी मुलाकात शिकागो विश्वविद्यालय में अध्ययन के दौरान भौतिकी स्नातक विद्यार्थी के रूप में हुई थी। इस दम्पति के दो बेटे थे - डोरियन सैगन, विज्ञान के एक प्रसिद्ध लेखक थे (चित्र-4 देखें), जबकि जेरेमी सैगन ने 'सैगन टेक्नोलॉजी' की स्थापना की। सात साल बाद लिन और सैगन का तलाक़ हो गया था। फिर, 1967 में, लिन ने क्रिस्टलोग्राफ़र थॉमस एन मार्गुलिस से शादी की, जिनके साथ उनके दो बच्चे हुए। लेकिन, 1980 तक यह दूसरी शादी भी समाप्त हो गई थी। जब लिन से उनके असफल विवाहित जीवन के बारे में पूछा गया, तो उन्होंने कहा कि एक साथ एक पत्नी और एक वैज्ञानिक के कर्तव्यों को सन्तुलित करना सम्भव नहीं था - हमें किसी एक चीज़ पर ध्यान केन्द्रित करने के लिए दूसरी को खोना पड़ता है।

आजीवन, लिन ने विज्ञान शिक्षा की वकालत की, विशेष रूप से कम विकसित देशों के लिए। दुनिया भर के विद्यार्थियों से उन्हें प्रशंसा और आदर मिला। उनका मत था कि विद्यार्थियों को जितना अधिक जीवन का आधार टटोलने को प्रोत्साहित किया जाएगा, उतना ही वे अपने आस-पास कई सहजीवी सम्बन्धों को समझेंगे और अन्ततः जैव-विकास की अवधारणा को समझेंगे। उन्होंने कहा, "यदि आप वास्तव में विकास का अध्ययन करना चाहते हैं, तो कभी-कभी आपको बाहर जाना होगा, क्योंकि आप हर जगह सहजीवन देखेंगे!" लिन ने कई संगठनों और समितियों के सदस्य के रूप में दुनिया भर में अपने विचार रखे। उन्होंने नासा के साथ काम किया और कई किताबें, फ़िल्म स्क्रिप्ट और लेख लिखे। उदाहरण के लिए, 'सिमबायोसिस इन सेल इवोल्यूशन' (1981), 'ओरिजिंस ऑफ़ सेक्स : श्री बिलियन इयर्स ऑफ़ जेनेटिक रिकॉम्बिनेशन' (1986), 'माइक्रोकॉस्मोस कलरिंग बुक' (1988), 'मिस्ट्री डांस : द इवोल्यूशन ऑफ़ ह्यूमन सेक्सुअलिटी'

(1991), 'व्हाट इज़ लाइफ?' (1995) और 'सिमबायोटिक प्लैनेट' (1998) वगैरह।

पुरस्कार और सम्मान

लिन को अपने योगदान के लिए कई सम्मान मिले। वे नेशनल एकेडमी ऑफ साइंसेज़ और द रशियन एकेडमी ऑफ नेचुरल साइंसेज़ दोनों के लिए चुनी गईं। उन्हें कई विश्वविद्यालयों से डॉक्टरेट की मानद उपाधियाँ प्राप्त हुईं। मार्च 2000 में, राष्ट्रपति बिल क्लिंटन ने उन्हें अमेरिकी राष्ट्रीय विज्ञान पदक प्रदान किया।

2008 में, उन्हें 'डार्विन-वालेस मेडल ऑफ़ द लीनियन सोसाइटी ऑफ़ लंदन' से सम्मानित किया गया। उनके शोधपत्र स्थायी रूप से लायब्रेरी ऑफ़ काँग्रेस में संग्रहित हैं। उनकी असामयिक मृत्यु के कुछ दिन पहले, उन्हें बीस सबसे प्रभावशाली वैज्ञानिकों की सूची में शामिल किया गया था – इस सूची में मात्र दो महिलाएँ थीं। सूची में जेम्स वाटसन, जेन गुडाल और स्टीफन हॉकिंग जैसे वैज्ञानिक शामिल थे। 22 नवम्बर, 2011 को, लिन मार्गुलिस की रक्तस्रावी स्ट्रोक से मृत्यु हो गई।

वे 73 वर्ष की थीं। पत्रिका डिस्कवर के अप्रैल 2011 अंक में प्रकाशित एक साक्षात्कार में, उनसे पूछा गया था कि "क्या आप कभी विवादास्पद कहे जाने से खीझी हैं?" लिन मार्गुलिस ने जवाब में कहा था कि : "मैं अपने विचारों को विवादास्पद नहीं मानती। मैं उन्हें सही मानती हूँ।" वैकासिक जीवविज्ञान की इस महान प्रवर्तक का यह दृढ़ विश्वास था, जिसने इस ग्रह पर जीवन के विकास के रहस्यों को सुलझाने के लिए अथक काम किया।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Lynn Margulis, Distinguished University Professor in the Department of Geosciences at the University of Massachusetts-Amherst speaks during the "Seeking Signs of Life" Symposium, celebrating 50 Years of Exobiology and Astrobiology at NASA, Thursday, Oct. 14, 2010, at the Lockheed Martin Global Vision Center in Arlington, Va. Credits: NASA HQ PHOTO, Flickr. URL: <https://www.flickr.com/photos/nasahqphoto/5081810526>. License: CC-BY-NC-ND.



मीनाक्षी पन्त वर्तमान में अज़ीम प्रेमजी फ़ाउंडेशन के राज्य संस्थान, देहरादून में विज्ञान स्रोत व्यक्ति के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने पर्यावरणीय जीवविज्ञान में स्नातकोत्तर डिग्री और शिक्षा में स्नातक की उपाधि प्राप्त की है। उन्होंने 15 साल तक स्नातकोत्तर शिक्षक (जीवविज्ञान और पर्यावरण विज्ञान) के रूप में काम किया है और वे वन्यजीवों और इनके संरक्षण के प्रति जुनूनी हैं। उनसे meenakshi.pant@azimpremjifoundation.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : प्रमोद मैथिल

पुनरीक्षण : सुशील जोशी

कॉपी एडिटर : अनुज उपाध्याय