

वायरस

सूक्ष्मतम संक्रामक जैविक इकाई

भोलेश्वर दुबे

वायरस क्या होते हैं ? इनकी खोज कैसे हुई थी ? हम इनकी संरचना के विषय में क्या जानते हैं ? यह अपनी प्रतिकृतियाँ कैसे बनाते हैं और संख्या वृद्धि कैसे करते हैं ? और यह आते कहाँ से हैं ? क्या हम ऐसे वायरस जानते हैं जो हमारे लिए लाभदायक हों ?

आज पूरी दुनिया एक वायरस की वजह से उत्पन्न अभूतपूर्व आतंक से सहमी हुई है। ऐसा नहीं है कि वायरस से होने वाली यह पहली बीमारी हो। जीव-जन्तुओं और पौधों में वायरस से होने वाली बीमारियों की एक लम्बी फ़ेहरिस्त है। मानवीय बीमारियों को ही लें तो सामान्य सर्दी-जुकाम, डेंगू, चेचक (जो अब नहीं होती), खसरा, रेबीज़, पोलियो, हेपेटाइटिस, कुछ प्रकार के कैंसर और एड्स जैसी कई बीमारियाँ वायरस की ही देन हैं।

प्रकृति और संरचना

वायरस का अस्तित्व और उसकी रचना लम्बे अरसे तक वैज्ञानिकों के लिए रहस्य बनी रही। उन्नीसवीं सदी के प्रारम्भ तक बैक्टीरिया ही सबसे छोटे रोगकारक (या रोगजनक) माने जाते थे, क्योंकि उस समय बैक्टीरिया से छोटी रचनाओं को देख पाना असम्भव था। 1883 में जर्मन वैज्ञानिक एडोल्फ मेयर द्वारा तम्बाकू की पत्तियों पर होने वाले मोज़ेइक रोग पर किए गए आसान-से प्रयोगों ने वायरस की समझ विकसित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई (चित्र 1 देखें)। मेयर ने दिखाया कि यह बीमारी संक्रमित पत्तियों के रस

को स्वस्थ पत्तियों पर डालने से उत्पन्न हो जाती है। 1892 में रूसी जीव वैज्ञानिक दिमित्री इवानोव्स्की ने वायरस संक्रमित तम्बाकू की पत्तियों के रस को पोर्सिलीन के बने विशेष छन्ने से गुज़ारा। इस छन्ने के छिद्र इतने बारीक थे कि बैक्टीरिया इसके आर-पार नहीं जा सकते थे। इवानोव्स्की ने पाया कि वह रस तब भी संक्रामक बना रहा जब सारे बैक्टीरिया हटाए जा चुके थे। लगभग इसी समय डच सूक्ष्मजीव वैज्ञानिक मार्टिन सबीजेरिक ने सुझाया कि इवानोव्स्की के द्वारा प्राप्त छने हुए तरल (filtrate) में बैक्टीरिया से भी छोटा एक संक्रामक तत्व मौजूद है। इस संक्रामक तत्व को उन्होंने 'कॉन्टेजियम वायवम फ्लूइडम' (*contagium vivum fluidum*) नाम दिया जिसका अर्थ है एक संक्रामक विषैला तरल। 1935 में अमरीकी वैज्ञानिक वेंडेल स्टेनले तम्बाकू के मोज़ेइक रोग के वायरस के क्रिस्टल (रवे) प्राप्त करने में सफल रहे, जिससे इसकी कणीय प्रकृति स्पष्ट हुई।

इस उपलब्धि के लिए स्टेनले को 1946 में रसायन शास्त्र के नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया और इसने वायरसों की प्रकृति को लेकर एक अन्तहीन बहस को जन्म दिया। इस बहस के मर्म में यह सवाल था— वायरस को सजीव के रूप



चित्र 1. तम्बाकू मोजेइक रोग पर कई वैज्ञानिकों द्वारा किए गए अध्ययनों ने तम्बाकू मोजेइक वायरस (TMV) के साथ-साथ सामान्य रूप से वायरस की खोज में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। इस संक्रमण के कारण तम्बाकू के पौधे की पत्तियाँ धब्बेदार और बदरंग हो जाती हैं।

Credits: R.J. Reynolds, USDA Forest Service, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tobacco_mosaic_virus_symptoms_tobacco.jpg. License: CC-BY.

में वर्गीकृत किया जाए अथवा निर्जीव पदार्थ के रूप में? इन सूक्ष्म इकाइयों की संख्या वृद्धि (multiply) के लिए एक सजीव कोशिका, जिसे मेज़बान कोशिका कहते हैं, की आवश्यकता होती है। अन्य सजीवों के समान इनमें भी जेनेटिक सामग्री होती है और यह भी अपनी प्रतिकृति बना सकते हैं और संख्या वृद्धि कर सकते हैं। साथ ही साथ यह अपने मेज़बान (जन्तु, वनस्पति और बैक्टीरिया) में रोग भी उत्पन्न कर सकते हैं। सजीवों के विपरीत, वायरस श्वसन नहीं करते, उनके पास अपनी चयापचय मशीनरी नहीं होती, वे वृद्धि नहीं करते और उनके रवे बनाए जा सकते हैं। कुल मिलाकर वायरस हमें ज्ञात सबसे रहस्यमयी जैविक हस्तियाँ हैं।

वायरस इतने छोटे होते हैं कि उन्हें खुली आँखों से देखना तो दूर, प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी से भी नहीं देखा जा सकता। सबसे बड़ा ज्ञात वायरस मात्र लगभग 750 नैनोमीटर (1 नैनोमीटर = 10^{-6} मिलीमीटर यानी 1 मिलीमीटर का दस लाख वाँ भाग) साइज़ का होता है। वायरस की रचना सरल होती है और इसे 'एक प्रोटीन आवरण में बन्द जेनेटिक पदार्थ से बना संक्रामक कण' कहा जा सकता है। इसका जेनेटिक पदार्थ डीएनए अथवा आरएनए

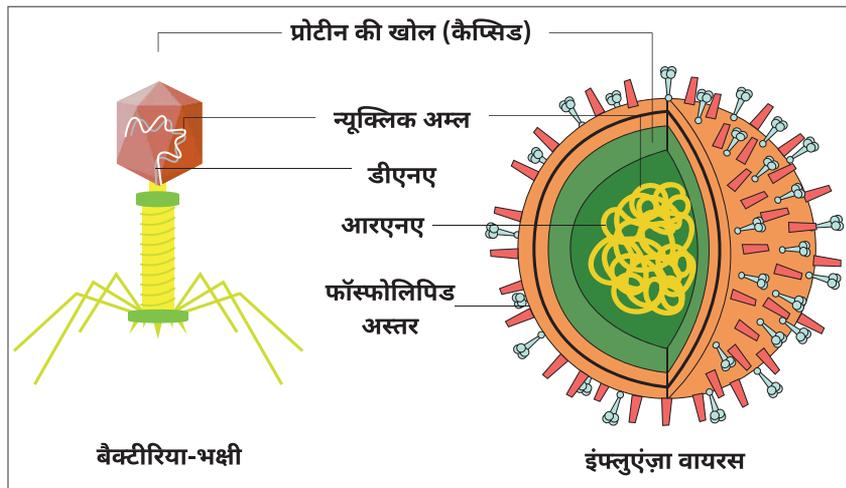
के एक या दो सूत्रों के रूप में होता है। इस तथ्य का उपयोग वायरस को पहचानने और वर्गीकरण में किया जाता है। किसी भी ज्ञात वायरस कण में दोनों क्रिस्म के न्यूक्लिक अम्ल नहीं पाए गए हैं। वायरस कण का प्रोटीन आवरण, या कैप्सिड उसे आकृति प्रदान करता है और उसके जीनोम की सुरक्षा करता है। कुछ वायरस, जैसे मनुष्यों में सामान्य सर्दी-जुकाम, इन्फ्लूएंज़ा या कोविड-19 पैदा करने वाले वायरस, में प्रोटीन के आवरण के ऊपर एक फॉस्फोलिपिड का अस्तर होता है। यह अस्तर मेज़बान की कोशिका झिल्ली से बनता है लेकिन इसमें वायरस के प्रोटींस और ग्लायकोप्रोटींस भी हो सकते हैं। प्रोटीन कैप्सिड और फॉस्फोलिपिड का अस्तर (यदि हो) वायरस को मेज़बान कोशिका को संक्रमित करने में मदद करते हैं (देखें, चित्र 2)।

प्रतिकृति और संख्या वृद्धि

मेज़बान के बाहर वायरस जैविक रूप से निष्क्रिय कणों के रूप में हवा, पानी, मिट्टी और विभिन्न सतहों पर पाए जा सकते हैं। किसी सम्भावित मेज़बान कोशिका से सम्पर्क होने पर वायरस एक 'सजीव' इकाई की तरह व्यवहार करने लगता है जो

अपनी प्रतिकृति बनाने और संख्या वृद्धि की क्षमता रखती है। उदाहरण के लिए, यह बात उन अस्तरयुक्त आरएनए वायरसों में देखी जा सकती है, जो मनुष्यों में श्वसन मार्ग की कोशिकाओं के सम्पर्क में आने पर सामान्य सर्दी-जुकाम पैदा करते हैं।

वायरस के फॉस्फोलिपिड अस्तर का एक ग्लायकोप्रोटीन मेज़बान कोशिका की झिल्ली में उपस्थित मैचिंग ग्राही से जुड़ जाता है। विरियोन (बाहरी कैप्सिड और अन्दर उपस्थित न्यूक्लिक अम्ल) कोशिका-अन्तर्वेशन (endocytosis) के ज़रिए मेज़बान कोशिका में प्रवेश कर जाता है या वायरस के अस्तर का मेज़बान कोशिका की झिल्ली से संलयन हो जाता है। मेज़बान कोशिका के कोशिका द्रव्य में उपस्थित एंजाइम्स कैप्सिड को घोल देते हैं, और वायरस का आरएनए मुक्त हो जाता है। वायरस का आरएनए अपनी प्रतिकृतियाँ बनाता है और वायरस कैप्सिड के लिए ज़रूरी प्रोटीन्स के संश्लेषण का निर्देशन करता है। संक्षेप में, वायरस का जीनोम मेज़बान कोशिका की जेनेटिक व प्रोटीन संश्लेषण मशीनरी को अपने नियंत्रण में ले लेता है। अपने कार्याकीय व जेनेटिक कार्यों की दृष्टि से पंगु मेज़बान कोशिका का



चित्र 2. वायरस कण की रचना सरल होती है। इसके मध्य में डीएनए या आरएनए के एक या दो सूत्रों के रूप में जेनेटिक पदार्थ होता है। बाईं ओर दर्शाए गए बैक्टीरिया-भक्षी (बैक्टीरिया में परजीवी होने वाला एक वायरस) में दो सूत्र वाला डीएनए होता है, जबकि दाहिनी ओर चित्रित इन्फ्लूएंज़ा वायरस में आरएनए के दो सूत्र होते हैं। यह मध्य भाग एक प्रोटीन खोल में बन्द होता है, जिसे कैप्सिड कहते हैं। इन्फ्लूएंज़ा वायरस जैसे कुछ वायरसों में कैप्सिड पर फॉस्फोलिपिड का अस्तर होता है।

Credits: Adapted from an image by Dr. Tim Sandle, Pharmaceutical Microbiology. URL: <https://www.bbc.co.uk/staticarchive/2effc5b6f748963d346ae11763b12f9ef34ba8af.jpg>.

कोई अस्तित्व ही नहीं रह जाता और वह नए-नए अनगिनत वायरस कण तैयार करके मुक्त करने लगती है। ऐसा प्रत्येक वायरस कण नई कोशिका अथवा नए मेज़बान को संक्रमित कर सकता है (देखें, चित्र 3)। कई बार विरियॉन मेज़बान कोशिका में प्रवेश तो करता है लेकिन छुपा रहता है। वायरस का जीनोम मेज़बान जीनोम के साथ सह-अस्तित्व का सम्बन्ध स्थापित कर लेता है। जब यह सम्बन्ध टूट जाता है (आमतौर पर मेज़बान में घटी हुई प्रतिरक्षा की वजह से), तभी मेज़बान में रोग के लक्षण प्रकट होते हैं और वह वायरस कण मुक्त करने लगता है। इसका एक उदाहरण मनुष्यों में हर्पीज़ सिम्प्लेक्स संक्रमण में देखा गया है।

उत्पत्ति और विकास

वायरस आते कहाँ से हैं? आज हम जिन रूपों में इन्हें जानते हैं, वे कैसे विकसित हुए? वैज्ञानिक इन सवालों का जवाब दो तरह से देने की कोशिश करते हैं। वे मिट्टी व जीवाश्मों में वायरस के जेनेटिक पदार्थ, रासायनिक हस्ताक्षर और वायरस संक्रमण के सामान्य लक्षण खोजने की कोशिश करते हैं; और फिर विभिन्न वायरसों के जेनेटिक अनुक्रमों से उनकी तुलना करके अनुमान लगाते हैं कि यह कितनी निकटता से सम्बन्धित हैं।

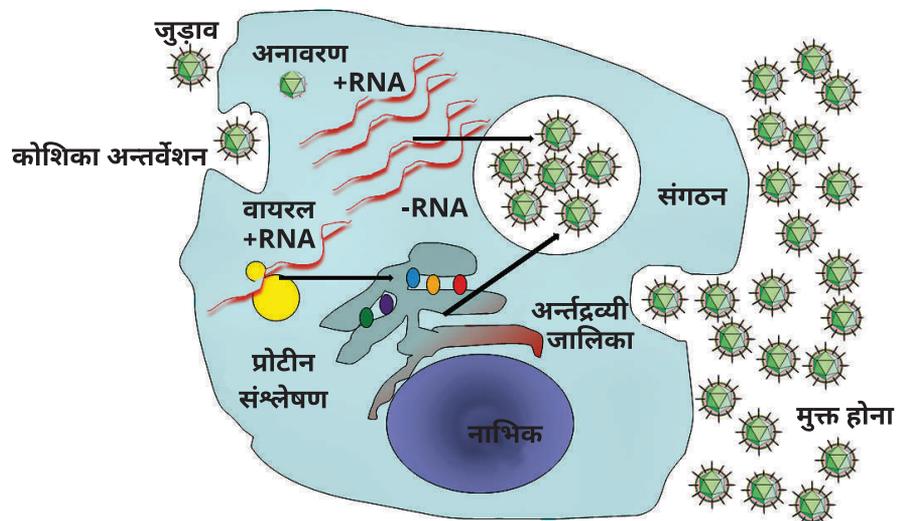
इन अध्ययनों से परिस्थिति-जन्य प्रमाण मिले हैं कि पहले वायरस का विकास लगभग उसी समय हुआ था जब पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति हुई थी। हालाँकि इन्हें सजीव कहने को लेकर विवाद है, लेकिन अन्य सभी जीवों की तरह वायरसों का जेनेटिक कोड भी न्यूक्लिक अम्लों की सार्वभौमिक भाषा में ही लिखा गया है। इससे वायरसों और 'सजीव' जगत के नजदीकी वैकासिक सम्बन्ध का संकेत मिलता है। दिलचस्प बात यह है कि कुछ अध्ययनों से पता चला है कि किसी एक मेज़बान को संक्रमित करने वाले वायरसों के जीनोमों में मेज़बान के जीनोमों के साथ ज़्यादा समानता होती है, बनिस्बत उन वायरसों के जो अलग-अलग मेज़बानों को संक्रमित करते हैं। कुछ अन्य अध्ययनों से पता चला है कि वायरस के डीएनए अनुक्रम उनके मेज़बान के जीनोम में पाए जाते हैं। 'जेनेटिक मेलजोल' के ऐसे उदाहरणों से लगता है कि वायरसों का इतिहास बहुत पुराना है। अपेक्षाकृत हाल के अध्ययनों से दो अलग-अलग मेज़बानों को संक्रमित करने वाले वायरसों के जीनोम में समानताएँ उजागर हुई हैं। इससे लगता है कि ऐसे दो मेज़बानों के साझा पूर्वज को वायरस के किसी साझा पूर्वज ने संक्रमित किया होगा। इसके अलावा, परजीविता के ऐतिहासिक उदाहरणों और इस तथ्य से

कि आज के सारे सजीव किसी न किसी वायरस से संक्रमित होते हैं, यह संकेत मिलता है कि वायरस लम्बे समय से हमारे 'वैकासिक हमसफ़र' रहे हैं।

लेकिन इस सम्बन्ध की प्रकृति कैसी रही है? क्या हम वायरसों को प्रकृति के सबसे जटिल आणविक संयोजन मानें, या उन्हें जीवन के सरलतम रूप मानें? इसे लेकर वायरस वैज्ञानिकों के बीच काफ़ी विवाद रहा है, और तीन प्रमुख परिकल्पनाएँ प्रस्तुत की गई हैं। 'प्रगतिवादी' परिकल्पना के मुताबिक हो सकता है कि वायरसों की उत्पत्ति कोशिकीय न्यूक्लिक अम्ल के सरल, नग्न, गतिशील खण्डों के रूप में हुई होगी जिन्होंने क्षतिग्रस्त झिल्ली वाली कोशिकाओं में प्रवेश और निर्गम की क्षमता हासिल कर ली होगी। एक प्रगतिशील प्रक्रिया के माध्यम से इन खण्डों ने चन्द ढाँचागत प्रोटींस के अनुक्रम अर्जित कर लिए होंगे और अक्षतिग्रस्त (साबुत) कोशिकाओं से जुड़ने तथा उन्हें संक्रमित करने की क्षमता हासिल कर ली होगी। इसके विपरीत 'प्रतिगामी' परिकल्पना का कहना है कि वायरसों का विकास कहीं अधिक जटिल मुक्त-जीवी जीवों के रूप में हुआ होगा। एक प्रतिगामी या लघुकारक प्रक्रिया के द्वारा कालान्तर में इन जीवों ने अपनी अधिकांश जेनेटिक सूचना गवाँ दी होगी और प्रतिकृति बनाने का एक परजीवी

चित्र 3. आवरण युक्त आरएनए वायरस के प्रतिकृति चक्र का सरलीकृत चित्र। इस आवरण युक्त वायरस के प्रतिकृतियाँ बनाने में निम्नलिखित चरण होते हैं : (क) आवरण का मेज़बान कोशिका की झिल्ली से जुड़ना, (ख) कोशिका अन्तर्वेशन के ज़रिए विरियॉन का कोशिका-प्रवेश, (ग) कोशिकीय एंजाइम्स द्वारा विरियॉन का अनावरण, (घ) वायरस आरएनए का संश्लेषण, (च) वायरस प्रोटीन का संश्लेषण, (छ) वायरस कण का संगठन, (ज) वायरस कण का आवरण सहित मुक्त होना। ध्यान दें कि इस वायरस का जीनोम आरएनए के एक ऋण सूत्र (-RNA) के रूप में है। यह सूत्र कई पूरक धन आरएनए सूत्रों (+RNA) के संश्लेषण के लिए एक साँचे के रूप में काम कर सकता है। +RNA सूत्र एक mRNA (सन्देशवाहक आरएनए) अणु के समान होता है जो तत्काल प्रोटीन में परिवर्तित किया जा सकता है। यह वायरसों की अगली पीढ़ी के लिए ज़्यादा -RNA सूत्रों के संश्लेषण के लिए भी साँचे का काम कर सकता है।

Credits: GrahamColm, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HepC_replication.png. License: CC-BY.



तरीका अपना लिया होगा। यह दोनों परिकल्पनाएँ इस मान्यता पर टिकी हैं कि सजीव कोशिकाओं के अस्तित्व में आने से पहले वायरस सजीव इकाइयों के रूप में अस्तित्व में नहीं रह सकते थे। लेकिन यदि वायरसों की उत्पत्ति सजीव कोशिकाओं की उत्पत्ति से पहले हुई हो, तो? 'वायरस पहले' परिकल्पना के अनुसार वायरस की उत्पत्ति कोशिका-पूर्व दुनिया में खुद की प्रतिकृति बना सकने वाली इकाइयों के रूप में हुई होगी। समय के साथ, यह इकाइयाँ ज़्यादा संगठित व जटिल रूपों में विकसित हो गई होंगी, जैसी कि हमें आज दिखती हैं। इनमें से कौन-सी परिकल्पना सम्भाव्य है? वर्तमान में, अध्ययन दर्शाते हैं कि वायरसों की उत्पत्ति एक नहीं बल्कि कई बार विभिन्न स्वतंत्र विधियों से हुई है। और बात इतनी ही नहीं है। चूँकि वायरस

तेजी-से विकसित होते हैं, इसलिए नई-नई प्रजातियाँ (जैसे SARS-CoV-2) काफ़ी जल्दी-जल्दी खोजी जा रही हैं। लेकिन वायरसों की उत्पत्ति की तलाश करना और उनके विकास को समझना आज भी एक चुनौती और सतत जिज्ञासा का स्रोत है।

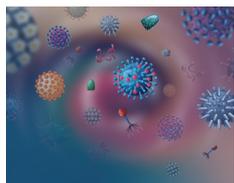
चलते-चलते

वायरसों को अक्सर मात्र रोग पैदा करने वाले सूक्ष्मजीवों के तौर पर देखा जाता है, लेकिन यह मनुष्यों के साथ कई जटिल व विविध तरीकों से अन्तर्क्रिया करते हैं। जिस तरह से हमारा शरीर ऐसे कई बैक्टीरिया को पालता है जो पाचन में मदद करते हैं, उसी तरह शरीर में कई रक्षात्मक वायरस भी पलते हैं। हमारे पाचन, श्वसन व प्रजनन तंत्र की श्लेष्मा झिल्लियों पर पाए जाने वाले बैक्टीरियोफेज या बैक्टीरिया-भक्षी (ऐसे वायरस जो

बैक्टीरिया में परजीवी होते हैं) इसके उम्दा उदाहरण हैं। ताज़ा अनुसन्धान बताता है कि यह बैक्टीरियोफेज हमें रोगजनक बैक्टीरिया से सुरक्षित रखते हैं। ऐसे कई भक्षियों का उपयोग पेचिश, सेप्सिस, त्वचा संक्रमणों के अलावा *स्टेफिलोकोकस ऑरियस* और *साल्मोनेला* प्रजातियों के संक्रमण के उपचार में किया जाता है। कुछ वायरस हमें रोगजनक वायरसों से सुरक्षा प्रदान करते हैं। जैसे, *हर्पीज़ सिम्प्लेक्स* वायरस का सुप्त रूप कैंसर कोशिकाओं तथा अन्य वायरसों से संक्रमित कोशिकाओं को पहचानने में कुदरती मारक कोशिकाओं (Natural Killer Cells - NK) की मदद करता है। सूक्ष्मजीव विज्ञान और जेनेटिक्स में तो वायरसों की महत्वपूर्ण भूमिका है ही, बैक्टीरिया-भक्षियों की मदद से वायरल व बैक्टीरियल संक्रमणों का उपचार भी चिकित्सा में एक उभरता हुआ क्षेत्र है।

मुख्य बिन्दु

- वायरस सूक्ष्मतरंग, बैक्टीरिया से भी छोटी, जैविक हस्तियाँ हैं। इन्हें प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी में नहीं देखा जा सकता।
- वायरस में जेनेटिक पदार्थ डीएनए अथवा आरएनए के रूप में होता है; किसी भी ज्ञात वायरस में दोनों तरह के न्यूक्लिक अम्ल नहीं पाए गए हैं।
- यह विवाद जारी है कि वायरसों को जीवित माना जाए या निर्जीव कण।
- एक बार मेज़बान कोशिका में पहुँच जाए तो वायरस मेज़बान कोशिका की जेनेटिक व प्रोटीन संश्लेषण मशीनरी पर नियंत्रण कर लेता है और प्रतिकृतियाँ बनाता व संख्या वृद्धि करता है।
- मेज़बान से बाहर वायरस हवा, पानी, मिट्टी और विभिन्न सतहों पर जैविक रूप से निष्क्रिय कणों के रूप में मिल सकते हैं।
- वर्तमान साक्ष्य दर्शाते हैं कि सम्भवतः प्रथम वायरस की उत्पत्ति लगभग उसी समय हुई होगी जब पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति हुई थी और वायरसों व 'सजीव' जगत के बीच नज़दीकी वैकासिक सम्बन्ध रहा है।
- वायरसों की उत्पत्ति को लेकर तीन परिकल्पनाएँ प्रस्तुत की गई हैं— प्रगतिशील, प्रतिगामी और वायरस-प्रथम। उपलब्ध प्रमाण दर्शाते हैं कि वायरसों की उत्पत्ति कई बार कई स्वतंत्र क्रियाविधियों से हुई है।
- वायरस तेजी-से विकसित होते हैं व नई-नई प्रजातियों की खोज जल्दी-जल्दी होती है और उनके विकास को समझना एक चुनौती बनी हुई है।
- वायरस की हमारे साथ अन्तर्क्रिया जटिल व विविधतापूर्ण होती है। कुछ वायरस रोग उत्पन्न करते हैं, जबकि कुछ अन्य हमें रोगजनक बैक्टीरिया तथा अन्य वायरसों से होने वाले रोगों से बचाते हैं।



Note: Source of the image used in the background of the article title: https://www.freepik.com/free-vector/close-up-isolated-object-different-types-virus_7431841.htm. Credits: user brgfx, Freepik.com. License: CC-BY.



भोलेश्वर दुबे ने बरकतुल्ला विश्वविद्यालय, भोपाल से पीएचडी अर्जित की और इन्दौर (मध्यप्रदेश) के माता जीजाबाई स्नातकोत्तर महाविद्यालय के वनस्पति विभाग से प्राध्यापक व अध्यक्ष के रूप में सेवानिवृत्त हुए। वे शिक्षक-प्रशिक्षण कार्यक्रमों से सक्रियता से जुड़े हैं और विज्ञान-लेखन में रुचि रखते हैं। उनसे dubebhola@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सुशील जोशी