

NÅGRA GRUNDDRAG

I DEN LEVANDE MATERIENS ORGANISATION

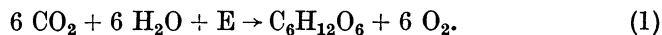
Av professor JOHN RUNNSTRÖM

VAD är det som skiljer levande från icke levande materia? Denna fråga har ofta framställts men den kan ej besvaras kort och definitionsmässigt. Den levande materien framträder i form av ett otal olika organismer anpassade för de mest skilda levnadssätt. Forskningen har givit oss visshet, att dessa organismer genomgått en utveckling, som i stort sett fortskridit från enklare till mera komplicerat byggda former. Den tidrymd under vilken liv funnits på jorden beräknas till omkring 1 1/2 miljard år.

Under antiken och ända långt in i nyare tid ansåg man att levande materia kunde uppstå ur ej levande genom »självalstring». Aristoteles trodde t. ex. att även grodor och möss kunna bildas ur slam. Även om man under adertonhundratalets första hälft ej hyste så primitiva föreställningar, syntes dock erfarenheten visa, att mikroorganismer av sig själva uppstodo i näringslösningar. I början på 1860-talet bevisade emellertid Pasteur på bindande sätt, att det i sådana fall är fråga om infektioner utifrån. Om man genom lämpligt förfarande sörjer för att näringslösningen ej infekteras, utvecklas inga mikroorganismer i densamma.

Rent logiskt tvingas vi till antagandet, att den levande materien en gång uppstått på jorden, sannolikt under naturbetingelser som voro rätt olika dem som numera råda. Ur de första primitiva organismerna ha sedermera samtliga levande varelser utvecklats. Dessa bilda sålunda i viss mån ett kontinuum. En organism kan endast uppstå ur en annan organism. I detta avseende bildar den levande materien ett slutet system gentemot den icke levande materien. Men sedd från en annan synpunkt utgör den levande materien ett öppet system. De levande organismerna äro hänvisade till att utifrån upptaga ej levande materia och även avge sådan. De organismer som ej ha tillgång till näring kunna ej fortleva.

Klarast ligga kanske förhållandena hos gröna växter. Dessa upptaga koldioxid (CO_2) och vatten (H_2O) och omvandla dessa ämnen i kolhydrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Därvid frigöres O_2 Syre. Förloppet illustreras genom följande schema:



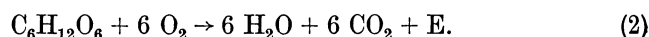
Denna reaktion kräver energi (E) som schema (1) anger. Denna energi erhåller växterna ur solljuset. För att utnyttja detta har en mycket komplicerad mekanism utbildats inom växtcellerna. I dessa finner man i mikroskopet synliga färgade korn, de s. k. kloroplasterna, vilka bl. a. innehålla färgämnet klorofyll. Detta absorberar vissa ljussorter och gör därigenom ljusenergien tillgänglig för de kemiska processerna inom cellen. Ett enda korn uppskattas innehålla mer än tusen miljoner klorofyllmolekyler. Dessa senare kunna extraheras med vissa organiska lösningsmedel men ha i detta tillstånd ej förmågan att göra ljusenergi tillgänglig för ovan angivna reaktion. Klorofyllmolekylerna äro i kloroplasterna inbyggda i en synnerligen komplicerad struktur, bestående av lagbundet alternerande lager av äggvite- och fettartade molekyler. Ur de bildade kolhydraterna och olika, genom rötterna upptagna salter innehållande kväve, fosfor, svavel etc. kunna växterna bygga upp olika beståndsdelar, såsom äggviteämnen, fettartade ämnen, tillväxtämnen, färgämnen.

Vi skola här inskränka oss till några ord om äggviteämnen. Dessa bestå till 50 % av kol, till 25 % av syre, till 16 % av kväve och till 7 % av väte. Dessutom innehålla de i allmänhet mindre mängder svavel och i många fall även fosfor. Dessa uppgifter ge emellertid ingen föreställning om hur komplicerade äggviteämnen äro. De bilda mycket stora molekyler och som grundbeståndsdel i dessa ingå s. k. peptid-kedjor, se fig. 1. Dessa äro uppbyggda av enklare beståndsdelar, aminosyrorna. Det finns över 20 olika slag av aminosyror. Redan olika kombinationer av dessa element ger möjlighet till ett nära nog oändligt stort antal olika kombinationer. Härtill komma andra variationsmöjligheter. Peptidkedjorna äro i allmänhet ej sträckta, utan mer eller mindre veckade eller rullade. Det är därför ej förvånansvärt att hos varje djur- och växtart finnas talrika för dessa specifika äggviteämnen. Art- och rasskillnader, skillnader mellan olika individer inom samma ras bottna i, från kemisk synpunkt små, men biologiskt betydelsefulla skillnader med avseende på äggviteämnenas byggnad.

Djur och växter, som sakna klorofyll eller liknande färgämnen,

äro hänvisade till att upptaga en mer komplicerad näring än de klorofyllförande växterna. Vi skola ej gå in på några detaljer utan fastställa blott som exempel att djur sakna förmågan att bygga upp ett antal aminosyror. Dessa måste sålunda tillföras med näringen; i allmänhet sker detta i form av äggvita, som i tarmkanalen nedbrytes till aminosyror. Dessa träda genom tarmväggen över i blodet och tillföres genom detta de olika organen. Här begagnas de åtminstone delvis för att uppbygga äggviteämnen av det slag som äro utmärkande för ifrågavarande vävnader.

För nämnda uppbyggnad av äggviteämnen fordras återigen energi. Denna alstras vid andningen inom cellerna. Vi kunna schematiskt säga, att andningen är den rakt motsatta processen mot den som ovan skildrats,



Detta är en reaktion, vid vilken energi (E) frigöres. Vid uppbyggandet av kolhydrat hos de gröna växterna förbrukas koldioxid, under det att vid andningen koldioxid frigives. Det är emellertid av största intresse att undersökningar från senare år visat, att koldioxid till en viss grad kan upptagas och begagnas som kolkälla även av djurorganismer eller icke klorofyllförande växter, och i detta fall oberoende av ljusenergi. Denna reaktion är emellertid av begränsad betydelse jämförd med den som äger rum hos gröna växter under verkan av absorberad ljusenergi.

Även andningen är knuten till vissa element i cellen, de s. k. kondriosomerna (fig. 2). Dessa uppträda i cellerna i form av små korn eller stavar. Deras byggnad är sannolikt nära nog lika komplicerad som kloroplasternas. Det som möjliggör att kolhydrat angripes i cellen på sätt som ovan angivits (reaktionsschema 2) är närvaron av vissa katalysatorer, s. k. enzym. Dessa påskynda kemiska reaktioner utan att därvid själva förbrukas. Andningsprocessen som vi ovan tecknat som en enkel reaktion utgöres i själva verket av ett stort antal kanske ett 30-tal olika led. Det första som sker är att kolhydratet »fosforyleras» d. v. s. en fosfatmolekyl bindes till kolhydratmolekylen. Först sedan detta skett går omsättningen vidare på ett sätt som vi här ej skola närmare gå in på. Men för vart och ett av de många stegen i kolhydratets nedbrytning är ett särskilt enzym verksamt. Enzymer äro äggviteämnen. Man har i talrika fall ur cellextrakt lyckats renframställa dem och t. o. m. erhållit dem i kristalliserat tillstånd. Enzymerna äro i hög grad specifika till sina verkningar, d. v. s. de

ingripa endast i bestämda kemiska reaktioner. De enzymer som tjänstgöra vid förändring av kolhydrat och andra ämnen äro lokaliserade till kondriosomerna, och säkerligen förekomma de där i en bestämd anordning.

Som ovan angivits alstras vid andningen energi. Denna energi användes i första hand för att bygga upp vissa energirika fosfatföreningar. Dessa strömma från kondriosomerna till cellens olika delar, där de liksom små ackumulatorer kunna avge sin energi till gagn för olika energikrävande processer, som äga rum i cellen. Bl. a. tillföres på detta sätt den energi som kräves för äggviteämnenas uppbyggnad. Denna sker väsentligen inom särskilda cellelement, de s. k. mikrosomerna, som äro betydligt mindre än kondriosomerna (fig. 2). Under det att de senare ha en diameter av flera tusentals millimeter, finna vi hos mikrosomerna en storlek av ungefär en tiotusendels millimeter. Mikrosomerna äro uppbyggda av äggvita samt *nukleinsyra*, en fosforrik, komplicerat byggd syra. Dessa äro här förenade till ett komplex som man kallar nukleoprotein, till vilket vi senare skola återkomma.

Det har ovan redan vid flera tillfällen talats om celler. Dessa utgöra som bekant de små funktionella enheter av vilka samtliga organismer äro uppbyggda. Ett otal lägre organismer äro encelliga, under det att högre organismer äro uppbyggda av ett mycket stort antal celler. Dessas diameter är av storleksordningen 0,01 mm. Man uppskattar antalet celler hos en fullvuxen människa till 100—1 000 billioner. I varje cell finns en kärna som bildar cellens centrum (fig. 2). Den del, som omger kärnan kallas cellplasman. I denna återfinnas de redan ovan omnämnda kondriosomerna och mikrosomerna. Mellan cellerna finner man vätskefyllda rum genom vilka näring tillföres och avsöndringsprodukter bortföres. Den stora betydelsen av organismernas uppdelning i cellelement ligger säkert däruti, att den sammanlagda inre ytan på detta sätt enormt förstoras. Ju större denna yta desto lättare sker transporten till och från den levande substansen. Skulle organismen ha varit uppbyggd av betydligt större element, så skulle dessa transporter ha försvårats.

Redan av ovanstående framgår, att den levande materien besitter en raffinerat ändamålsenlig struktur. Något motstycke härtill kan man icke finna inom den ej levande materien. Cellerna äro små kemiska fabriker, där energi utnyttjas för att möjliggöra energikrävande reaktioner. I detta avseende råder inom den levande materien samma lagar som inom den ej levande. Lika

litet som en maskin kan drivas utan energitillförsel, lika litet är detta förhållandet med livsprocesserna. Det har vidare framhävts, att katalysatorer, enzymer, stå till buds inom cellerna och härigenom kunna reaktioner förlöpa hastigt trots den jämförelsevis låga temperatur, som råder inom cellerna. En enzymmolekyl kan omsätta tiotusentals, ja, i vissa fall flera millioner molekyler av sitt substrat per minut. Vad cellen åstadkommer med avseende på kemisk syntes är oerhört mycket mer än vad den mänskliga tekniken är i stånd att utföra. För uppbyggandet av äggviteämnen exempelvis, äro vi helt hänvisade till de synteser, som äga rum inom levande materia, och kunna ej ens i laboratorieskala göra efter dessa synteser. Inom cellen finner man ett nätverk av olika med varandra sammanhängande kedjor av kemiska reaktioner. Några av dessa föra uppåt, d. v. s. till energirikare föreningar, andra föra nedåt, d. v. s. till energifattigare föreningar. Även cellens strukturelement äro underkastade en ständig förändring. Äggviteämnen uppbyggas och nedbrytas i ett ständigt flöde. De strukturer vi iakttaga äro tydligen av dynamisk natur.

Om de uppbyggande processerna dominera, så sker en tillväxt av levande substans och denna tillväxt för till en delning av celler, så att dessas antal ökas. Fig. 3 visar celldelningen i rotspetsen hos röllök, *Allium cepa*. Vid *a* finna vi kärnan fortfarande i »vila», men i *b—d* se vi en fortskridande process genom vilken inom kärnan vissa trådformiga element allt tydligare framträda. De äro först långa och tunna, men förkortas sedermera och bli tjockare. I *e* ser man tydligt, att vi ha att göra med ett antal olika element. Detta är de s. k. kromosomerna, som alltid uppträda i ett för arten karakteristiskt antal. Närmare iakttagelser visa också, att kromosomerna kunna vara olika till form och storlek, men två och två av dem äro lika. I *g* ser man tydligt att kromosomerna äro spjälkade på längden och i *h* skiljas dotterkromosomerna åt och slutligen kunna vi i *i—j* följa hur två dotterkärnor utbildas och hur slutligen också cellplasman genom uppkomsten av en skiljeväg delas i två delar. Vi ha därmed bevitnat hur ur en cell två celler ha uppstått. Man lägger därvid särskilt märke till den fina mekanism som utbildats för att på det mest minutiösa sätt fördela kromosomerna på dottercellerna, så att var och en av dessa får en full uppsättning av kromosomer. Redan därav framgår, att det är fråga om för cellen mycket viktiga bildningar. Som redan antytts, förekommer varje kromosom i dubbel uppsättning. Talrika iakttagelser ha visat att en cell ej kan leva vidare, om ej varje

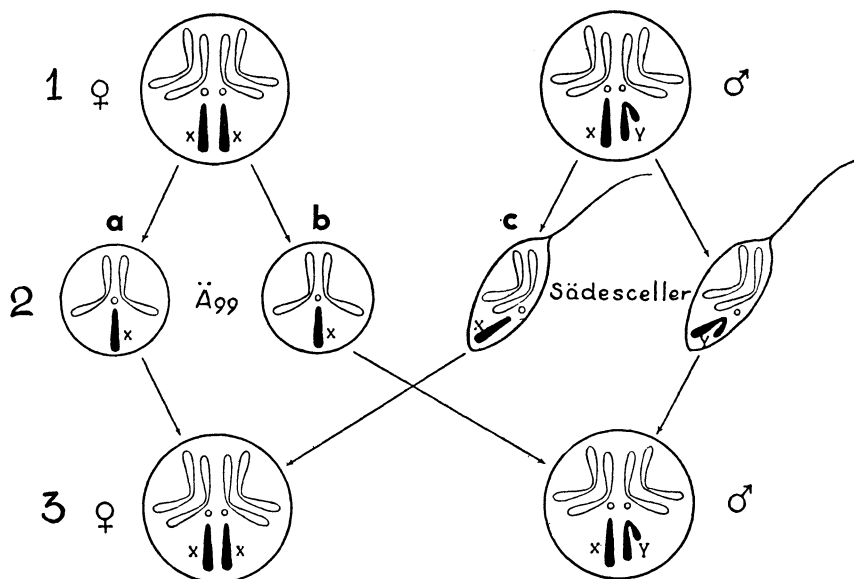


Fig. 4. Schema över könscellbildning med kromosomreduktion, befruktning och könsbestämning hos bananflugan. Efter Mohr.

kromosompar finnes representerat i dess kärna. De olika kromosomparen ha tydligen olika uppgifter att fylla.

Vid könszellernas bildning äger ett särskilt slag av delning rum, som kallas reduktionsdelning. Denna skall ej här i detalj skildras. Vi nöja oss med att hänvisa till den starkt schematiska figur 4. Denna hänför sig till en för cell- och ärftlighetsforskning mycket viktig organism, bananflugan. Hos denna är antalet kromosomer åtta, men vid reduktionsdelningar nedbringas detta antal till hälften. I den färdiga könscellen är sålunda varje par representerat endast genom en kromosom. Vid befruktningen, som är schematiskt fastställd på figuren återställs emellertid det dubbla kromosomantalet på nytt. En av kromosomerna benämnes »X-kromosom». Denna förekommer hos honans celler i dubbel uppsättning, se översta raden på fig. 4. Hos hanen finns däremot endast en »X-kromosom» och som partner har den en »Y-kromosom», som är av annan beskaffenhet än »X-kromosomen». Det uppstår vid reduktionsdelningen endast ett slag av ägg, alla innehållande »X-kromosomen». Hos hanen uppstår däremot två slag av sädesceller, hälften innehåller »X-kromosomen», under det att den andra hälften saknar denna, men i stället erhåller en »Y-kromosom». Befrukt-

ningen kan nu förlöpa antingen så att två »X-kromosomer» eller att en »X-» och en »Y-kromosom» sammanföras i samma cell. I förra fallet uppstår en hona, i det senare en hane. Man ser här tydligt hur könet bestämmes genom något som är förlagt till speciella kromosomer. Detta gäller emellertid icke blott för könskaraktären, utan överhuvud för alla egenskaper hos organismen. Dessa bestämmes genom till kromosomerna förlagda faktorer, som kallas *gener*. Som visats genom ingående forskning är äro generna lineärt anordnade utefter kromosomerna. Generna äro sannolikt att betrakta som komplicerade molekyler, som bestå utav nukleinproteiner, d. v. s. de äro föreningar mellan äggviteämnen och nukleinsyra. Man har emellertid konstaterat vissa kemiska skillnader mellan den nukleinsyra som ingår i kärnan och den som ingår i de ovan nämnda i cellplasman förekommande mikrosomerna.

Man har sökt bilda sig vissa föreställningar om genernas storlek. De uppskattas ha en diameter av cirka 0,00005 mm. Genernas antal är mycket stort. Hos bananflugan t. ex. uppskattar man detta till 10 000. I vissa kärnor hos larver av bananflugan har man upptäckt kärnor som innehålla speciellt stora kromosomer. De äro ungefär 100 gånger större än vanliga kromosomer och visa en egendomlig bandning. Man finner omväxlande tunnare och bredare band i karakteristisk anordning och det förefaller som om dessa band skulle kunna användas som kännetecken för olika geners läge inom kromosomerna.

Vi ha ovan i korthet skildrat hur kromosomerna dela sig. Denna delning måste emellertid föregås av en fördubbling av generna, som ligga utefter kromosomernas längdriktning. Den viktiga frågan inställer sig nu hur en sådan fördubbling av generna kommer till stånd. Det kan naturligtvis inte vara tal om någon klyvning av genen. Man måste föreställa sig att generna ha förmågan att katalysera uppbyggandet av sig själva. Till ytan av en gen attraheras vissa ämnen, som bilda byggstenar till en »replik» av genen. Vi veta ännu mycket litet om den härvid verksamma mekanism, men det är otvivelaktigt genom en dylik *självreproduktion* genernas fördubbling kommer till stånd. Vi ha därmed lärt känna en process som utgör ett av de väsentligaste och mest karakteristiska dragen i den levande materiens organisation.

Emellertid äro generna ej blott till för att reproducera sig själva, utan de katalysera även andra kemiska processer, varigenom komplicerade ämnen uppstå, som träda ut i den kärnan omgivande

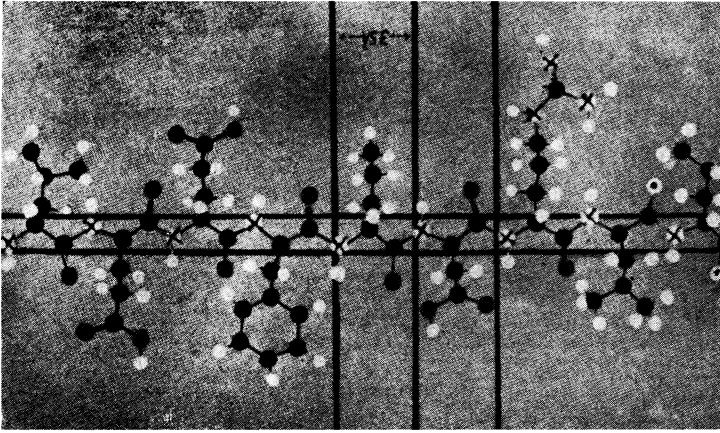


Fig. 1. Modell som visar en bit av en polypeptidkedja. Peptidkedjan och två ingående aminosyrerester är avgränsade med grova linjer. De svarta cirkeln är kolatomer, de med en svart prick i mitten syreatomer och de med ett kors försedda är kväveatomer. Väteatomerna är framställda som vita cirklar. Avståndet 3,5 Å 0,000000035 cm som är markerat på modellen = längden av en aminosyrerest inom peptidkedjan. Efter Robertis, Nowinski och Saez.

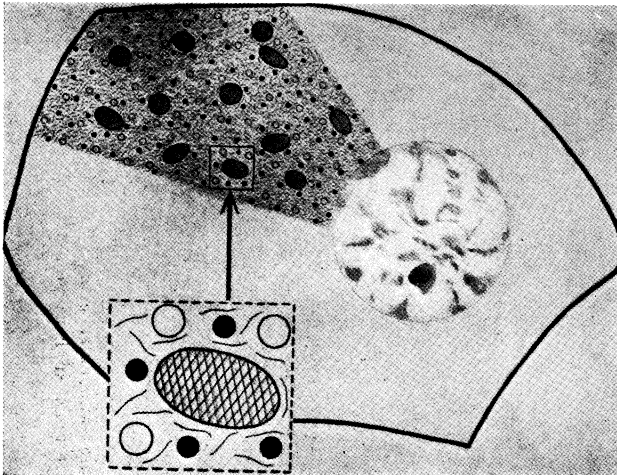


Fig. 2. Schema av en cell. Yttre kontur cellens yta. Inom denna syns den blåformiga kärnan samt vidare en del strukturer i den kärnan omgivande cellplasman. De korsat streckade bildningarna återge starkt schematiskt kondriosomerna. De svarta och vita cirkeln motsvara olika slag av mikrosomer, se vidare text. Dessutom finns trådformiga beståndsdelar som även antydes på figuren. Efter Robertis, Nowinski och Saez.

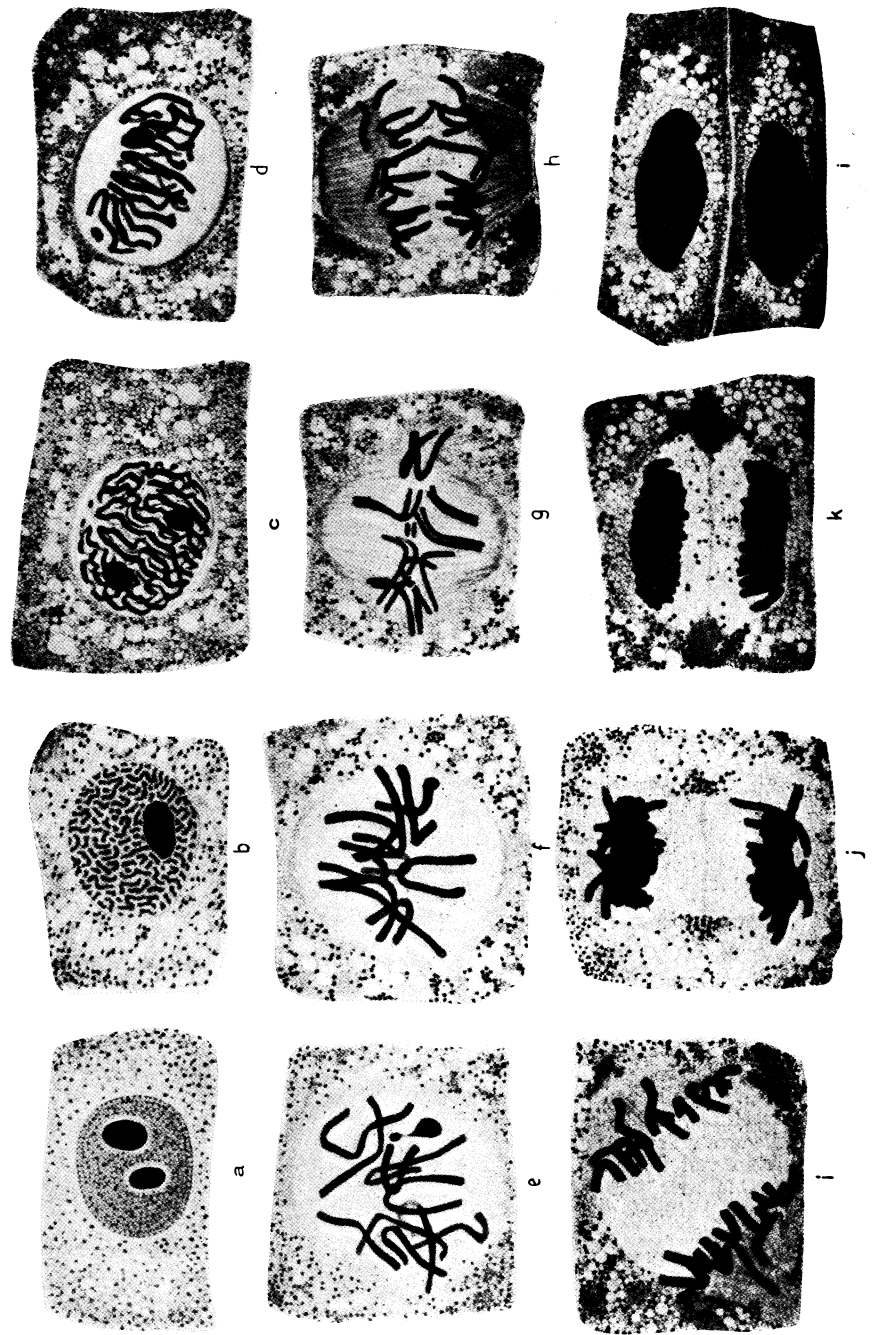


Fig. 3. Celldelningen i rotspetsen av rörlök *Allium cepa*. Förklaring i texten. Efter Belar.

cellplasman. Genom en lång rad av undersökningar har det blivit sannolikt att dessa genprodukter här omvandlas till enzym. Det är på detta sätt som kärnan och generna utgöra cellens centrum. De styra ämnenas omsättning i cellplasman genom att bilda de här för nödvändiga enzymerna. Många forskare äro benägna att anta att de ur kärnan utträdande genprodukterna ej direkt omvandlas i enzymer. Genprodukterna skulle fortplanta sig i cellplasman genom en liknande självreproduktion som vi nyss ha skildrat för generna själva. Man talar i detta fall om plasmagener. Dessa skulle sedan i sin tur ge upphov till enzymer eller andra för cellplasmans organisation nödvändiga specifika ämnen. Även om vissa skäl tala för antagandet av plasmagener stå vi dock ej här på samma säkra grundval som i fråga om kärngenerna.

Slående likheter med gener erbjuder virusarterna. Som bekant äro dessa ofta sjukdomsalstrare. Olika virusarter förorsaka t. ex. barnförlamning, mul- och klövsjuka, influensa, gula febern. Även växtriket hemsökes av virussjukdomar. Bekanta äro t. ex. tobaksmosaikvirus som angripa bladen hos tobaksplantan, en rad virusarter som angripa potatis m. fl. Virus ha nästan genomgående en så ringa storlek, att de ej kunna påvisas i det vanliga mikroskopet. Elektromikroskop som förmår att ge förstoringar ungefär 50 gånger större än det vanliga mikroskopet har varit av stor betydelse för virusforskningen. Man har även lyckats att genom lämpliga förfaranden koncentrera virus och erhålla relativt stora mängder därav. Man har t. o. m. kunnat kristallisera virus.

Ett omdebatterat problem är om virusarterna skola betraktas som molekyler eller enkla organismer. Med hänsyn till att de kristallisera skulle man snarast vara böjd att tala om molekyler. De äro i själva verket nukleoproteiner liksom generna. Virusarterna ha också samma förmåga av självproduktion som gener, och detta talar för att de böra räknas till den levande materien. Virus reproducerar sig endast inom en värdcell och snyltar därvid icke blott på värdens näringsämnen, utan t. o. m. på dess enzymer. Virusarterna sakna nämligen själva enzymer eller äro ytterst skralt utrustade därmed.

Skola vi nu anse virusarterna såsom produktion av en genom parasitism starkt tillbakagående utveckling, eller äro de att betrakta som de primitivaste och ursprungligaste av alla organismer. Hur denna fråga än bör besvaras, måste vi nog föreställa oss att virusliknande bildningar utgjorde de första stegen vid den levande materiens uppkomst. När jordytan för över två millioner år sedan

började stelna bestod atmosfären sannolikt framför allt av vattenånga. Men även vissa föreningar mellan kol och kväve och mellan kol och väte torde ha funnits. När vattnet kondenserades till världshav fanns stora möjligheter för uppkomst av olika organiska molekyler, särskilt genom en förening mellan nyss nämnda kolföreningar och vatten. Det avgörande steget togs emellertid när vissa komplicerade molekyler fingo förmågan av självreproduktion. En slumpartad uppkomst av en sådan komplicerad mekanism var i hög grad osannolik, och detta har därför endast skett någon sällsynt gång. Men när detta en gång skett voro möjligheterna för en fortplantning av de självreproducerande molekylerna given. Vi få vidare tänka oss att de differentierades till ett flertal olika slag av sådana molekyler. Dessa tillgodogjorde sig nu de i haven lösta organiska ämnena som härigenom så småningom förbrukades. Det gällde därför att tillgodogöra sig enklare föreningar, närmast koldioxid, vatten, salter innehållande kväve, fosfor, svavel. I en ständig kamp om näringen uppstod sålunda de differentieringar, som fört fram mot växt- och djurriket. Hur denna utveckling än utformat sig i början innebar dock förvärvandet av självreproduktionsförmåga det avgörande steget mot uppkomsten av levande materia.
