Physarum polycephalums problemlösningsförmåga -Intelligens hos en slemsvamp

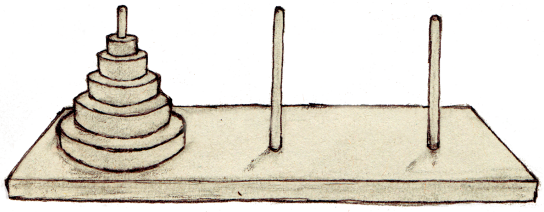
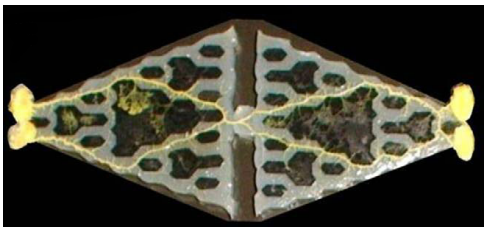
Klara Granlöf
Populärvetenskaplig sammanfattning av Självständigt arbete i biologi 2016
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Hur hittar man den kortaste vägen genom en labyrint? Ger man slemsvampen *Physarum polycephalum* ett par dagar så klarar den det, trots att den inte har något centralt styrande organ. Den kan även förutse och anpassa sig till regelbundna miljöförändringar, bemästra u-formade hinder och reagera på olika färger. Den har helt enkelt en problemlösningsförmåga över förväntan. Hur kan då en enkel encellig organism fatta intelligenta beslut?

Slemsvampen *P. polycephalum* är en levande paradox. Trots att den är encellig kan den under kontrollerade former växa så den blir flera meter lång. Den kan också, fast det inte är ett djur, migrera målmedvetet och röra sig i en hastighet på 5 cm i timmen. Och trots att den är enkelt uppbyggd och utan hjärna kan den lösa matematiska problem som är en utmaning även för människor.

Även slemsvampens namn är missvisande. Slemsvampar är inga svampar, utan tillhör protisterna, eukaryota organismer som är avlägset släkt med djur, svampar och växter. Eukaryoter är organismer som har celler med cellkärna. Dessa celler har också ett cellmembran och en cytoplasma, det vätskelika innehållet mellan cellkärnan och membranet. *P. polycephalum* genomgår ett antal stadier i sin livscykel och i sin mobila fas kallas slemsvampen plasmodium.

Den fasen inleds med att en cellkärna delar sig, men olikt våra celler så delas inte cytoplasma och cellmembranet upp mellan cellkärnorna, utan multipla cellkärnor delar på en cytoplasma. *P. polycephalum* rör sig genom att breda ut sin cytoplasma över en yta, varpå det centrala plasmodiet börjar anta formen av ett fint ådernät, som förbinder de yttre delarna med varandra. De yttre delarna är platta och kallas pseudopoder (pseudo = falsk, pod = fot). Pseodopodernas uppgift är att söka av omgivningen på jakt efter föda. En så pass stor cell behöver också effektiv signalöverföring för att de olika plasmodieutskotten ska kunna kommunicera med varandra. Cellen har därför en inre del av cytoplasman som är flytande och likt vårt blodomlopp transporterar det näringsämnen och signalsubstanser. Den yttre delen av cytoplasman som är mer geléartad och innehåller fibrer som kan kontrahera cellmembranet och på så sätt förflytta cellvätskan inom cellen med hjälp av tryckskillnader.
Upptäckten av *P. polycephalum* intelligenta förmågor har renderat ett antal publikationer som undersöker *P. polycephalum*s beslutsprocess. I ett expermiment utsattes plasmodier av *P. polycephalum* för en labyrint motsvarande ett matematiskt problem kallat ”Tornen i Hanoi” (Fig 2). Labyrinten hade 32 678 möjliga lösningar. På ett dygn klarade lite mindre än häften av plasmodierna att hitta en av de två vägarna som var mest effektiva. När forskarna sedan modifierade labyriten så att slemsvampen var tvungen att retirera för att hitta den mest effektiva vägen, hittade alla slemsvampar minst en att de optimala lösningarna.

A)  B) 

Figur 2. A) Tornen i Hanoi - ett matematiskt problem som går ut på att med minsta möjliga antal förflyttningar flytta hela stapeln skivor till en annan pinne. Endast en skiva får flyttas taget och denna får aldrig placeras på en större skiva. Med fem skivor är minsta antal förflyttningar 31. Illustration: Klara Granlöf. B) Slemsvampen behöver tid, och flera försök, men klarar en matematiskt motsvarande labyrint till tornen i Hanoi. Bilden är återgiven med upphovsrättsinnehavarens tillåtelse. Copyright: Journal of Experimental Biology.

Hur går valprocessen till?

P. polycephalums migration styrs delvis av att kemiska substanser från plasmodiet miljö träffar cellmembranet. Om ämne exempelvis är något som attraherar plasmodiet, förändras membranets struktur och kontraktionstakten ökar, så att plasmodiets cellmembran har lättare att utvidgas i den riktning varifrån attraktanten kommer. Plasmodiets rörelse och födosök är på så vis direkt sammankopplat. Har plasmodiet flera plasmodiearmar som förbinder två födokällor till varandra, kan *P. polycephalum* känna av vilken arm som är längst genom riktningen på kontraktionen, menar en teori framlagd av forskaren Toshiyuki Nakagaki. Följer armen kontraktionsriktningen kommer denna arm förstärkas, medan en arm som ligger vinkelrätt från kontraktion dras tillbaka.

Det finns också studier som menar att *P. polycephalum* faktiskt kan lära sig. Plasmodium har exempelvis observerats förbereda sig på en regelbunden temperaturväxling. Dessutom har de även ett system att lämna efter sig extracellulärt slem, som ett tecken på vilka ytor som redan undersökts, för att minimera kostsamma återbesök på redan utforskade platser. En forskargrupp utmanade plasmodier av *P. polycephalum* att korsa en bro med låga doser av repellenter, ämnen som repellerar slemsvampen, för att nå föda. Dessa plasmodier kan, om utsatta för samma experiment flera gånger, lära sig att ignorera den repellerande effekten och därigenom fortare korsa bron. Forskarna noterade också under försöken att plasmodiearmen över bron blev smalare efter ett antal vistelser på bron, för att minimera kontakt med repellenten. En teori om hur inlärning sker hos encelliga organismer är att upprepad och irrelevant yttre stimuli, som kontakt med en ofarlig repellent, kan utlösa förändringar i hur cellens DNA avläses och därigenom förändra cellens beteende. Sammanfattningsvis uppvisar slemsvampen en rad avancerade egenskaper som fascinerat vetenskapen. Dessa upptäckter pockar på en revidering av den allmänna synen på intelligens som direktkopplad till hur nära släkt en organism är med människor, till ett mer öppet, ödmjukt och empiriskt förhållningsätt.

Mer information

Granlöf K. 2016. Slemsvampen *Physarum polycephalums* problemlösningförmåga. Uppsala Universitet.