

NABOHJÆLP I PLANTEVERDENEN

Forskernes forståelse af konkurrence i planteverdenen ændrer sig i disse år. Meget tyder nemlig på, at planter kan samarbejde på flere måder end hidtil antaget, og nogle planter kan endda genkende deres nærmeste slægtninge og reagere derpå ved at konkurrere mindre med hinanden.

Godt naboskab er noget, de fleste mennesker sætter pris på her i tilværelsen. Men gælder det også for planter? Det spørgsmål er slet ikke så dumt, som det lyder. De senere år er forskere nemlig nået til en gryende erkendelse af, at planter ikke altid bare konkurrerer vildt og blodigt om ressourcerne med deres nærmeste naboer, men i nogle tilfælde faktisk samarbejder.

»I det hele taget er vi planteforskere blevet klar over, at planter vekselvirker med hinanden på mere komplekse måder, end vi hidtil har antaget, og det har betydning for, hvordan vi helt grundlæggende forstår planters økologi, biodiversitet og evolution,« siger Bodil Kirstine Ehlers, der er seniorforsker på Bioscience ved Aarhus Universitet. »Traditionelt har vores tilgang til at forstå planters vekselvirkninger bygget på at forstå konkurrence, og derfor er det lidt af et nybrud, at vi nu også skal forholde os til, at planter kan samarbejde«.

Planter kan genkende naboen

Mens det er et udbredt fænomen i dyreverdenen, at individer af en art kan samarbejde til fælles bedste, har den traditionelle forståelse af planteverdenen været, at her er frænde frænde værst. Det skal forstås sådan, at jo nærmere genetisk beslægtet to planter er, jo mere ens vil de være i deres ressourcebehov, og jo mere vil de derfor konkurrere om de samme ressourcer. »Faktisk



Bodil Ehlers og Perrine Gauthier i færd med transplantationsforsøg i feltet, hvor de flytter rundt på planter, så de kommer til at vokse sammen med en nabo med en anden kemisk profil, end de er vant til. Foto: Thomas Bataillon

har dette været forklaringen på, hvorfor der kan optræde høj plantediversitet i naturen med mange forskellige arter indenfor et begrænset område. For den mere intense konkurrence mellem planteindivider af samme art, i forhold til konkurrence på tværs af arter, vil gøre, at det er svært for en enkelt art at blive dominerende, og det giver plads til andre arter,« fortæller Bodil Ehlers.

De senere års forskning har imidlertid stillet spørgsmålstegn ved denne simple forklaringsmodel.

»Vores forsøg med planten sneglebælg (medicago) viser for eksempel, at når den gror tæt på en nær slægtning, vokser den simpelthen mindre aggressivt over mod naboen, end hvis det er planter af andre arter. Det kan man helt konkret se

Om forfatteren
Af Carsten R. Kjaer,
Aktuel Naturvidenskab
crk@aktuelnaturvidenskab.dk



DANMARKS FRIE FORSKNINGSFOND
INDEPENDENT RESEARCH
FUND DENMARK

Artiklen er sponsoreret af Danmarks Frie Forskningsfond | Natur og Univers.

Danmarks Frie Forskningsfond dækker alle videnskabelige hovedområder og uddeler hvert år godt 1 mia. kr. til forskningsprojekter baseret på forskernes egne ideer. Danmarks Frie Forskningsfond består af 84 anerkendte forskere udpeget på baggrund af deres høje faglige kompetence. Formand for Danmarks Frie Forskningsfond | Natur og Univers er professor ved Aarhus Universitet, Michael Møller Hansen. Læs mere på www.dff.dk

ved, at rodnettet bliver mindre i retning mod naboen. Hos andre plantearter har man også set andre måder at reducere konkurrencen mod slægtninge – for eksempel at de er mindre tilbøjelige til at vokse, så de “overskygger” naboen,” fortæller Bodil.

Et godt spørgsmål er så, hvordan planten kan mærke, at det er en slægtning, den har ved siden af sig og ikke en tilfældig anden plante. Forskerne mener, at det blandt andet foregår via en væske, planter udskiller fra deres rødder – et såkaldt eksudat.

»Vi har lavet forsøg med Medicago, hvor vi har tilsat aktivt kul til jorden, som binder rodekudaterne. Og når planterne på den måde mister deres “lugtesans” reagerer de anderledes sammenlignet med planter, hvor vi ikke har tilsat aktivt kul til jorden. De konkurrerer simpelthen meget kraftigere, hvis de ikke kan genkende deres nabo som en af deres egne,« siger Bodil.

Planter som ingeniører

At vekselvirkningen mellem planter ikke altid er negativ i form af konkurrence, hvor den stærkeste vinder, men at planter også kan hjælpe hinanden, kender man en del eksempler på, når man kigger på vekselvirkningen på tværs af arter.

»For eksempel kan man i ørkenmiljøer se, at visse plantearter, der tåler det tørre miljø, skaber et mikromiljø omkring sig, hvor der er lidt mere skygge, vådere og flere næringsstoffer, som gør det muligt for andre plantearter at vokse der, selvom de normalt ikke ville kunne klare ørkenmiljøet,« siger Bodil.

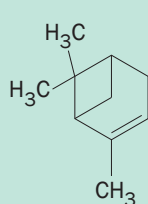
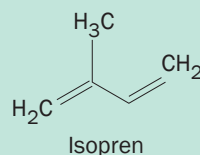
Man skal ikke opfatte denne form for vekselvirkning som det, vi kalder symbiose eller mutualisme, hvor organismer vekselvirker til gensidig fordel. Der er nærmere tale om, at visse planter virker som små ingeniører, der former nærmiljøet omkring sig. Nogle planter som timian og en række andre aromatiske planter fra Middelhavsområdet (som lavendel, oreganum, rosmarin og sar) kan i særlig grad gøre det, fordi de producerer potente kemiske stoffer, som de spreder i både jorden og atmosfæren omkring sig.

Den karakteristiske duft af timian skyldes en gruppe kemiske forbindelser kaldet monoterpen, som findes i en hel række varianter i timian. Monoterpenene har

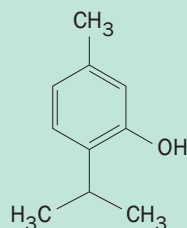
Monoterpen og plantebeskyttelse

Monoterpen tilhører som navnet antyder en gruppe molekyler kaldet terpen, der er vidt udbredt i planteriget. De kan have vidt forskellige strukturer, men er alle grundlæggende opbygget af et antal enheder af isopren, som har bruttoformlen C_5H_8 . Monoterpen er således opbygget af to isopren-enheder og får derfor bruttoformlen $C_{10}H_{16}$.

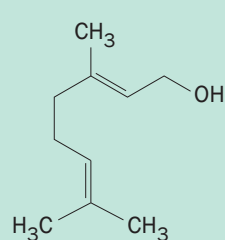
Monoterpenene har mange forskellige funktioner i planterne, og det er ofte dem, der giver planterne deres karakteristiske duft – for eksempel er menthol, kamfer og limonen (findes i citrusfrugter) monoterpen. Der kendes flere end 30.000 forskellige monoterpen, og det er derfor ikke overraskende, at deres biologiske funktion er mangfoldig. De kan virke afskrækkende og giftige for planteædere, tiltrækkende på insektbestøvere og kan både hæmme og stimulere væksten af mikroorganismer.



α -pinen



Thymol



Geraniol

Den kemiske struktur af isopren samt tre eksempler på monoterpen. Thymol giver den klassiske timianduft, mens geraniol også findes i timian, men dufter mere af citron. Alpha-pinene forbinder man typisk med duften af fyrrenåle. Denne monoterpen kan beskytte mod frost.

Monoterpen er, hvad man kalder flygtige organiske forbindelser (eller VOC'er efter det engelske Volatile Organic Compound), hvilket betyder at de let fordamper ved stuetemperatur og normaltryk og opblandes i den omgivende luft. Derfor bliver naboplanter til planter som timian, der indeholder en høj koncentration af monoterpen, konstant udsat for en “sky” af monoterpen.

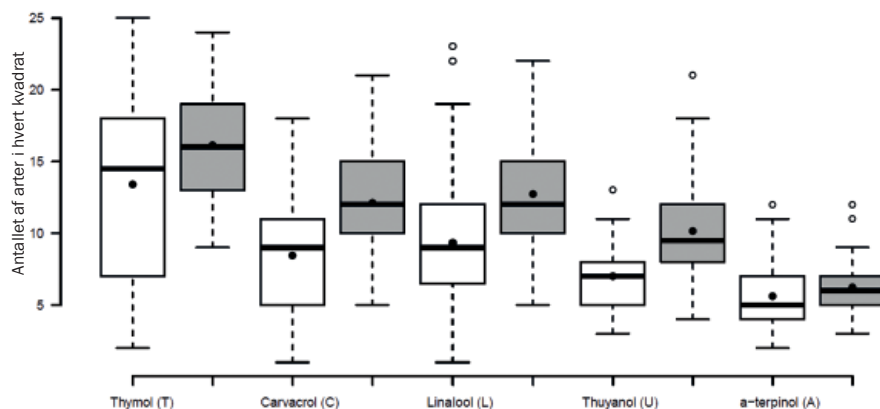
I sin forskning undersøger Bodil K. Ehlers sammen med sine kolleger, om naboarter kan drage nytte af dette kemiske bombardement ved at låne de egenskaber, som monoterpenene har, så de bliver mere tolerante overfor klimastress. Tolerance overfor temperatur- og tørkestress afhænger blandt andet af evnen til at regulere, hvor flydende cellemembranerne er, så deres funktion kan opretholdes under stress. Fordi monoterpen er både volatile og lipofile (fedtelskende) kan de ved diffusion optages i cellemembraner, hvilket øger membranernes fluiditet, og det kan derfor øge tolerancen over for klimastress. Desuden er mange monoterpen også anti-oxidanter, der neutraliserer de skadelige reaktive oxygen-specier, som dannes, når organismer udsættes for stress.



**DANMARKS FRIE
FORSKNINGSFOND**
INDEPENDENT RESEARCH
FUND DENMARK



Konkurrence mellem planter undersøges i laboratoriet ved at lade planterne gro tæt sammen i en potte. Foto: Sara Tomiolo.



Figuren viser resultater fra undersøgelse af plantediversiteten i 500 kvadrater af 0,5 m² med (grå) og uden (hvide) timian med få meters afstand på en lokalitet i St Martin de Londres dalen i Sydfrankrig. De forskellige timiansamfund er domineret af hver sin kemiske type. Det fremgår, at plantediversiteten er højere, når timian er til stede.

mange forskellige funktioner i timian. Eksempelvis virker de som forsvarsstoffer overfor både skadedyr og andre planter, de er med til at gøre planten mere modstanddygtig overfor temperaturstress og tørke, og så kan de påvirke væksten af jordbakterier og ændre tilgængeligheden af kvælstof i jorden. Monoterpener findes i mange forskellige plantearter, men de findes koncentreret i aromatiske olier hos nogle planter som timian. Når monoterpener frigives, kan de signifikant ændre kemien i nærmiljøet i både jorden og atmosfæren. Og derigennem påvirker timian alle de plantearter, der vokser i nærheden.

Ofte virker den "kemi", som planter frigiver til miljøet, decideret giftig på andre plantearter. Da Bodil og hendes kolleger satte sig for at undersøge, hvordan det påvirker de andre plantearter i et område i Sydfrankrig at vokse med en så dominerende kemisk nabo som timian, forventede de derfor, at det var et relativt lille antal planter, der var i stand til at tolerere det.

»Men til vores overraskelse fandt vi, at det forholdt sig stik omvendt: Der var en større mangfoldighed af planter i forsøgskvadrater med timian end dem uden timian. Så naboplanterne led altså tilsyneladende ikke under timians kemiske åg – tvært imod,« siger Bodil.

Tid er den afgørende faktor

At det ikke nødvendigvis er nogen fordel at have timian som nabo, kan man blot tage et smut til New Zealand for at konstatere. For her virker timians tilstedeværelse stik omvendt af, hvad den gør på lokaliteten i Sydfrankrig. Timian er ikke naturligt hjemmehørende i New Zealand, og her breder den sig invasiivt og danner store monokulturer på bekostning af den lokale flora.

»Pointen er altså, at når andre planter møder timians monoterpener første gang, kan de virke som en gift – et masseudryddelsesvåben. Men som tiden går, vil de lokale planter og deres jordfauna tilpasse sig, og så kan det udvikle sig til en situation som på lokaliteten i Sydfrankrig, hvor timian decideret virker fremmede på plantediversiteten. Så tid er en afgørende faktor. De steder, hvor de lokale planter har vokset sammen med timian i lang tid, er timian en gevinst for plantediversiteten – de steder, hvor den for nylig er introduceret, kan timian udkonkurrere de lokale planter, der er naive overfor dens kemi,« forklarer Bodil.

Denne pointe bliver yderligere understreget, når man kigger nærmere på, hvordan planterne på lokaliteten i Sydfrankrig er tilpasset deres timian-naboer. Hvis man bevæger sig rundt i området, vil

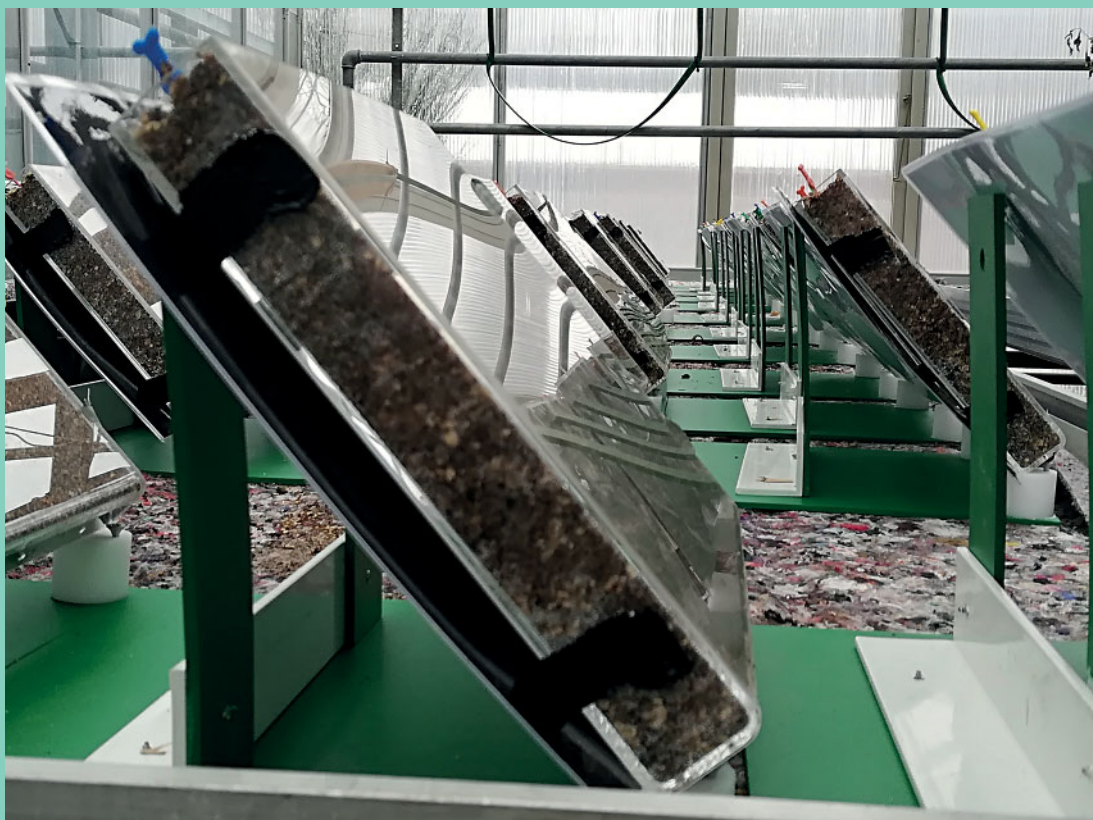
man opdage, at duften af timian ikke bare er ensartet, men varierer lokalt. Det skyldes, at der er lokale forskelle på de monoterpener, som timian producerer. Det har vist sig, at de planter, der klarer sig godt med timian som nabo ikke bare er tilpasset timian som sådan, men netop den lokale variant af monoterpener, som timian producerer i nærområdet.

»Vi har i vores forskning vist, at hvis man tager en plante, der vokser tæt på timian, og flytter den hen til en anden timianplante, der producerer en anden monoterpen, vil planten klare sig dårligere,« siger Bodil.

Låner egenskaber fra naboen

Men hvad er det så mere konkret, der foregår, når en plante drager fordel af en anden plantes kemi? En mulighed er, at planterne kan optage monoterperne gennem bladene ved passiv diffusion og derefter drager nytte af deres egenskaber – for eksempel til forsvar mod at blive spist eller at blive mere tolerant overfor klimastress.

»Vi har for nylig undersøgt, om sneglebæg bliver bedre til at modstå frost- eller tørke, hvis de bliver udsat for flygtige kemiske forbindelser i form af monoterpener, som de ikke selv producerer. Og resultaterne peger på, at det gør de faktisk,« siger Bodil.



Planterødders adfærd som respons på naboplantens identitet ("søskende eller ej") studeres her i transparente pletter. Forsøgsopstilling med pletter på skrå og en mørk underside (der kan fjernes) tvinger planterens rødder til at vokse langs undersiden af den transparente plette. Her ved kan røddernes vækst hen imod en naboplante følges og måles over tid. Foto: Sara Tomiolo

Evolution, selektion og fitness

Evolutionens råmateriale er den genetiske variation, der findes indenfor en art, og som kommer til udtryk i, at de enkelte individer kan have lidt forskellige egenskaber – for eksempel hvor godt de tåler tørke. Hvis det lokale klima ændrer sig, så der oftere er tørke, vil de individer, der tilfældigvis besidder egenskaber, der gør dem gode til at tåle tørke, bedre overleve og få flere afkom end individer, der ikke har den egenskab. De gener, der ligger bag denne egenskab vil blive givet videre i afkom af tørketolerante forældre og derfor brede sig i populationen. Det er denne mekanisme, der ligger bag begrebet naturlig selektion.

Fitness er et nøglebegreb indenfor evolutions- og populationsbiologien. Det er et kvantitativt mål for, hvor godt individer med en given egenskab klarer sig – dvs. hvor mange af sine gener, et sådant individ har givet videre til den næste generation. I praksis måler forskere typisk et individs fitness som dets overlevelse og antal

afkom, det producerer i et givet miljø. Det er ikke altid muligt at måle dette, og forskere benytter sig derfor ofte af mål som individets vækst eller størrelse, som man ved ofte er positivt korreleret med overlevelse og reproduktion (man kalder det fitness-proxies).

Kin-selektion er en form for naturlig selektion, som kan forklare spredning af egenskaber, der umiddelbart ikke gavner individet selv – som altruisme, hvor nogle individer ofrer deres egen overlevelse eller reproduktion for at hjælpe andre individer. Hvis en "hjælper" er genetisk beslægtet med det eller de individer, det hjælper, vil mange af deres gener være identiske. Fordi fitness måles i, hvor mange af ens gener, der er repræsenteret i de næste generationer, kan uselviske handlinger forklares evolutionært, hvis det er en nær slægtning, der hjælpes. Hjælper man sin søster til at få to afkom, får man ligeså mange af sine egne gener repræsenteret i næste generation, som hvis man selv fik ét afkom.

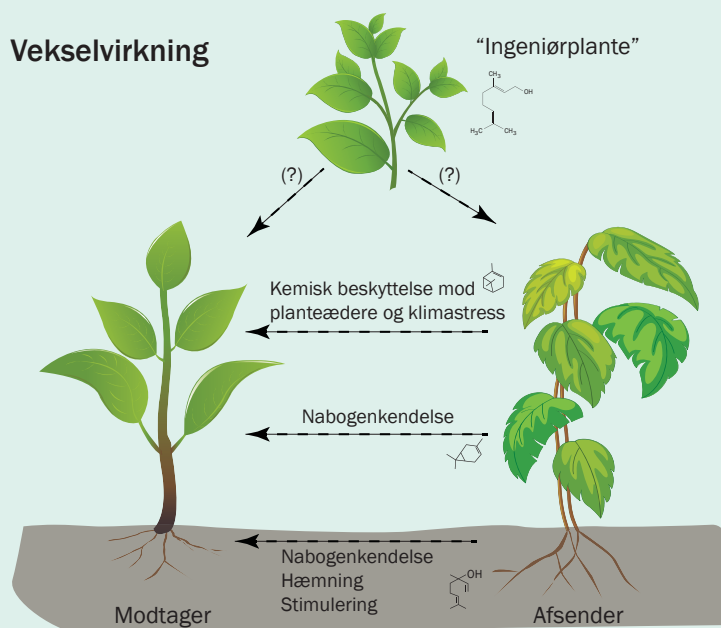
Hun understreger, at det bestemt ikke er alle monoterpener, der har en sådan gunstig effekt – nogle af dem slår decideret planterne ihjel. I de kontrollerede forsøg har forskerne også brugt koncentrationer af stofferne, som man næppe finder i naturen. Monoterpenerne er flygtige

stoffer, som hurtigt forsvinder, når de er luftbårne, så man kan spekulere at deres effekt på naboplanterne kan være relativt kortvarig. Derfor undersøger Bodil og kolleger nu, om de kan have en længerevarende effekt, hvis naboplanterne også kan optage dem fra jorden.

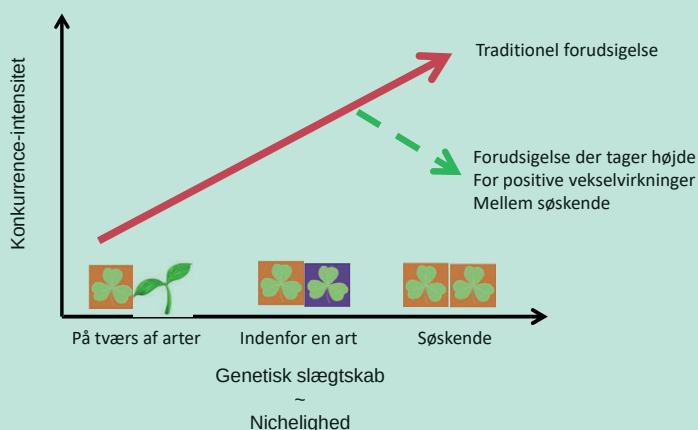
Nabohjælp som evolutionær strategi

»Vi er helt overordnet interesseret i at forstå de underliggende evolutionære processer, der har ført til, at planter enten hjælper hinanden eller ikke gør det, både indenfor og på tværs af plantearter« siger Bodil.

Vekselvirkning



Planter kan vekselvirke på flere måder gennem udveksling af flygtige organiske forbindelser (VOC'er) både gennem bladene og rødderne. Vekselvirkningen kan være positiv – eksempelvis ved, at en plante kan blive beskyttet af den kemi, en anden planter producerer, eller den kan være negativ, ved at plantens vækst direkte hæmmes. Vekselvirkningen mellem to planter kan endvidere afhænge af det lokale, kemiske miljø end helt tredje plante skaber illustreret ved "ingeniørplanten".



Figuren illustrerer, at traditionel forståelse af konkurrence mellem planter tilsiger, at jo mere genetisk ens, to planter er, jo mere vil de konkurrere om ressourcerne. Men denne forståelse er nu udfordret af opdagelsen af, at planter kan have evnen til at genkende deres søskende og reagere derpå med mindre konkurrence illustreret med den grønne pil.

»I stedet finder vi en variation indenfor den enkelte planteart, hvor nogle genetiske varianter fra visse bestande faktisk reducerer deres konkurrence mod naboplanten, hvis det er en søskende, mens andre genetiske varianter ikke gør det.«

Spørgsmålet er så, om de planter, der reducerer konkurrencen mod deres nære slægtninge, gør dette som en evolutionær følge af kin-selektion, eller om det skyldes, at de har tilpasset sig det lokale sociale miljø og derfor vokser bedst med "deres egne". Det kan selvfølgelig også være en kombination, og det er noget af det, Bodil gerne vil afklare.

En af udfordringerne ved at afgøre dette spørgsmål er, at det er svært at estimere succesparametrene, som i evolutionær sprogbrug samlet går under betegnelsen fitness. Når man undersøger en organismes fitness er en vigtig parameter, hvor meget afkom, den får. Men når man taler om kin-selektion, er det ikke nok at se på det enkelte individs afkom og dette afkoms afkom. Her skal man også inddrage, hvor godt dens beslægtede nabos afkom klarer sig, hvis konkurrencen mod denne reduceres, og dette skal korrigeres med en faktor, der angiver graden af slægtskab (som i parentes bemærket ikke altid er nem at estimere).

Nabohjælp blandt afgrøder

At forstå planters nabohjælp bedre kan også have praktisk interesse.

»Indenfor agroøkologien er man vældig interesseret i at forstå, hvordan man kan få afgrøderne til at vokse sammen, så de konkurrerer så lidt som muligt med hinanden,« siger Bodil.

Men når forskerne har undersøgt de planter, man bruger som afgrøder på markerne, har de ikke kunnet påvise, at de praktiserede en sådan "søskendehjælp". Det kan dog skyldes, at denne egen-

Udover, at der sker en tilpasning til det lokale miljø, så kan der måske også være et fænomen kendt som "kin-selektion" på spil, når man taler om nabohjælp indenfor samme planteart. Det betegner en evolutionær strategi, hvor det ikke kun er ens egen "fitness", der er afgørende for succes, men også ens nærmeste slægtnings (dvs. søskende). Kin-selektion er

velkendt i dyreverdenen, hvor man især kender det fra sociale insekter som bier og myrer, men det er hidtil ikke noget, man har forestillet sig spillede den store rolle hos planter.

»Vi tror ikke, at kin-selektion hos planter er noget, de enten har eller ikke har – ligesom man ser det i dyreverdenen,« siger Bodil.

skab simpelthen er selekteret ud af planterne i forædlingsarbejdet, mener Bodil.

»Traditionelt har man favoriseret, at afgrøderne individuelt satte mange frø. Men hvis det sker på bekostning af naboplanten, kan det i virkeligheden give et ringere udbytte samlet set, end hvis man favoriserer, at planterne er gode som en gruppe,« siger hun.

En strategi om at favorisere nabo-hjælp i forædlingsarbejdet kræver selvfølgelig, at denne egenskab faktisk findes hos planten. Så her må forskerne lede efter den hos afgrødernes vilde slægtninge i naturen, som ikke har været udsat for kunstig selektion. Det er en af grundene til, at Bodil og kolleger netop studerer sneglebælg, der er en slægtning til lucerne.

En ting er at forstå, hvordan planter indenfor samme art enten hjælper eller konkurrerer med deres "søskende", en anden ting er at forstå, hvordan en plante-art kan hjælpe en anden art. Her undersøger forskerne, om man

Bodil Kirstine Ehlers

Bodil Kirstine Ehlers er seniorforsker ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, hvorfra hun i 2000 også modtog sin ph.d. Bodil har blandt andet arbejdet 4,5 år på Center for Evolution og Funktionel Økologi ved det franske nationale forskningscenter (CNRS) i Montpellier og på Biologisk Institut ved Syddansk Universitet, inden hun i 2014 blev ansat på AU Bioscience. Bodil forsker i evolutionær økologi og forsøger at forstå, hvordan planter tilpasser sig deres abiotiske (klima) og biotiske (sociale) miljø.

Hun fokuserer især på den betydning, som variation i planternes kemi har for deres tilpasning til forskellige miljøer og for det omgivende samfund af både planter og dyr, samt om den viden kan anvendes til miljøvenlig, grønne løsninger i for eksempel dyrkningssystemer.

Bodil har modtaget støtte fra Danmarks Frie Forskningsfond, Natur og Univers til projekter om, hvordan planter genkender deres nabo via den kemi de udskiller, og om planter hjælper/konkurrerer mindre med hinanden som følge af kin selektion (sneglebælg) eller tilpasning til lokal kemi (timians naboer).



kan udnytte det, at planter som beskrevet kan låne beskyttende egenskaber fra deres aromatiske naboplanter ved at optage de

flygtige forbindelser, som disse udskiller. Det giver udtrykket "kemisk plantebeskyttelse" en hel ny dimension. ■

Videre læsning
Læs mere om evolution på www.evolution.dk



Bliv studerende for en dag

Som **Studerende for en dag** følger du undervisningen på den uddannelse, du er interesseret i. Du spiser frokost med den studerende, som viser dig rundt, og så bliver du klogere på, om uddannelsen er den rigtige for dig.

Besøg Kemi, Fysik, Matematik, Anvendt matematik, Datalogi, Biokemi og molekylær biologi, Biologi, Biomedicin, Farmaci eller Matematik-Økonomi på SDU i Odense.

Tilmeld dig på:
sdu.dk/nat/studerendeforendag