

- Solenergi er vigtigt for planterne, da solens stråler bliver omsat til biomasse. Biomasse som kan komme landmanden til gode i form af et godt udbytte. Foto: Colourbox

af FRANK MØLBY

# Fotosyntesen kan optimeres

Selvom fotosyntese har været en del af naturen i mange millioner år, er det måske stadig muligt for forskere og forædlere at optimere denne proces.



De fleste tænker nok ikke over fotosyntesen, men tager det som noget naturligt. Fokus for landmændene er ofte på andre mere dyrkningsrelaterede faktorer, såsom insekt- og svampeangreb. Men denne fokus er ud over at sikre en sund og stærk afgrøde faktisk også med til at forbedre eller sikre en optimal fotosyntese.

- Solenergi er vigtig for planterne, da solens stråler bliver omsat til biomasse. Biomasse som kan komme landmanden til gode i form af et godt udbytte. Men for en optimal fotosyntese er det en fordel, hvis planten er i balance og ikke er stresset på grund af sygdom eller næringsstofmangel. Det handler i bund og grund om, at så meget af solens energi som muligt skal omsættes til biomasse, fortæller Poul Erik Jensen, professor, Head of Copenhagen Plant Science Centre på Københavns Universitet.

- Tænk på hvor meget solenergi der bliver omsat af træerne i skove og af alger og bakterier i verdenshavene. Hvis man kigger på mængden af solenergi, der stråler ned på en afgrøde, er det faktisk kun omkring en procent, som køres væk fra marken i form af kerne og strå. Energien bliver brugt eller tabt til forskellige processer inde i planten, og det koster også at beskytte planten og dens processer mod sollys, siger Poul Erik Jensen.

Planterne kan nemlig godt få for meget sollys, især midt på dagen kan der være en stor solindstråling.

- Denne indstråling kan være så stor, at planten ikke kan udnytte den indkomne energi. Lyset bliver fanget af klorofylmolekylerne i grønkornene, og hvis planten ikke på en eller anden måde kan komme af med den energi, får man en eller anden skade inde i planten - altså nede på det mikroskopiske niveau. Derfor har planterne tilpasset deres lyshøstning i forhold til lysintensiteten. Er der meget lys, vil en stor del af den opfangede energi ende som varme og ikke bruges til fotosyntese. Den proces hedder "ikke fotokemisk quenching", og det er en proces, som er mulig at måle. Det er også en proces, som stresser planten, forklarer Poul Erik Jensen.

Tænker man ifølge Poul Erik Jensen videre i denne stressfaktor og ser på de indre processer, mener han, der er grund til at overveje, hvad vi så kan forbedre her?

- Hvor er der genetisk variation, hvad ved vi om enzymerne og om de forskellige processer? Når vi har den viden, kan vi så lave noget om eller gøre noget bedre? Her tager han udgangspunkt i naturen, som har haft tre en halv milliard år til at arbejde med og udvikle fotosyntesen. Mange af de processer, som

naturen har skabt, er virkelig godt optimerede, men der er altså nogle ting i vores afgrøder, der kan optimeres, som naturen måske ikke har tænkt på. De vilde planter har ét formål, nemlig reproduktion og hurtigst muligt at få sat nogle frø. Det vil vi gerne udnytte som landbrugere, men vi vil gerne have mange frø. Det giver måske nogle kompromiser i den vilde plante, og derfor tror jeg, der er nogle muligheder i vores kulturplanter for at forbedre fotosynteseprocessen, siger han. Poul Erik Jensen ser et potentiale her. Faktisk mener han, vi er forpligtede til at kigge på det.

- Vi står overfor en fødevarerforsyningsudfordring. Hvor vi skal producere 60 til 70 procent mere over de kommende år. Forædlerne gør, hvad de kan, men det er nok bare ikke hurtigt nok. Men med samspil mellem god samfundsrelevant grundforskning, forædlere og landmænd vil vi kunne forbedre noget, understreger Poul Erik Jensen. Tager vi udgangspunkt i vores grundforskning indenfor fotosyntese og forståelse af planten på både molekylært niveau og som populationen, ser han tre scenarier, hvor vi kan gøre noget:

### Første scenarie

Vi skal være langt hurtigere til at bruge de signaler, som kommer fra fotosyntesen til at vurdere, hvordan har planten det? Altså mangler den næring og vand, eller er den angrebet af skadevoldere? Det vil sige, vi skal være bedre og hurtigere til at diagnosticere plantens tilstand.

- Som jeg siger til mine studerende: Det svarer til, at lægen tager temperaturen på patienten for at finde ud af, om der er febertilstand eller andet. Vi kan på samme måde måle klorofyl-fluorescensen fra planten, og det giver os et billede af plantens status. Er den glad, mellemglad eller ked af det? Med diagnostik kan vi fortolke de komplekse signaler, der kommer fra planten, er der mangan-, fosfor- eller andre mangler, siger han.

- Især næringsstoffer kan være svære at få diagnosticeret hurtigt og præcist nok. Vi kan alle se nitrogenmangel eller overgødskning. Men det er mere de nuancerede småting, som kan være svære at se, tilføjer han.

### "Før symptomdiagnostik"

Som landmand skal man være opmærksom på, om planten mangler noget. Man kunne godt gå i den tro, at spreder man en gødning ud med mange forskellige næringsstoffer, at man så er dækket ind.

- Så simpelt er det ikke. Der kan være forhold i marken, som gør, at visse næringsstoffer

er mere svært tilgængelige end andre. Det er blandt andet mangan, som er meget vanskelig for planten at optage under nogle forhold. Det afhænger af blandt andet oxidationsforholdene i jorden, fortæller Poul Erik Jensen.

- Når først landmanden ser symptomerne på mangel af for eksempel mangan, er det ofte for sent og svært at rette op. Det er et spørgsmål om hurtigt nok at kunne diagnosticere mangelsymptomerne. Bliver man bedre til det, vil du samtidig kunne give fotosyntesen de bedste mulige vilkår. Det drejer sig om hurtig diagnostik - "før symptondiagnostik". Med det mener jeg, at landmanden er opmærksom på, at det er dynamisk det, der sker i marken. Samspil mellem jordbund, nedbør og afgrøde er uhyre dynamisk, siger han.

Teknologien til at vurdere afgrødernes tilstand er blevet meget bedre og udvikles fortsat.

- Ved at benytte os af for eksempel klorofylfluorescense og anden teknologi kan vi udnytte hjælpestofferne langt mere effektivt og fordele dem mere optimalt. Risikoen for overdosering minimeres dermed - en faktor som kan være med til at skabe ubalance i planterne og dermed forstyrre en optimal fotosyntese.

## Andet scenarie

- Der er indre processer, som vi qua flere årtiers forskning i blandt andet Danmark og resten af verden kan begynde at forbedre.

Her nævner Poul Erik Jensen to eksempler:

- Enten kan vi anvende GMO, eller den viden vi har i forædlingsprogrammer. Men her er det nødvendigt at vide, hvilke parametre vi så skal måle på. Måler vi på "ikke fotokemisk quenching", og hvor hurtigt en plante kommer sig efter lysstress? Kunne det her være en mulighed for forædlerne at benytte det i deres arbejde og lede efter en variant af vores afgrødeplanter, hvor det gik hurtigere? Det er en umiddelbar konsekvens af arbejdet, hvis man ikke vil lave GMO.

- I forædling kigger man som regel på mange parametre samtidig såsom sygdomsresistens, robusthed overfor miljøet, strålet skal være kort, og udbyttet skal være højere end tidligere sorter. Det er en sum af små forbedringer, de laver, og det fungerer med god succes. Men det kunne godt være, at potentialet i fotosyntesen kan udnyttes bedre.

- I planterne sker den største andel af fotosyntese ved lave lysintensiteter, hvor der ikke er nogen skade på planten. Vi skal blive bedre til at udnytte den lave lysintensitet og få en bedre fotosyntese der. Det er typisk også om morgenen, hvor der er fugt og ikke for høje temperaturer, der er gode vækstbetingelser. Midt på dagen, hvor du har kraftig udtørring på grund af kraftig sol og høj temperatur, bliver vand hurtigt begrænsende, og kuldioxid til fotosyntesen bliver begrænset. Hvis dagen kunne udnyttes noget bedre, og kunne det øge produktiviteten? Det er sådan, jeg tænker på fotosyntese, hvordan kan vi forbedre det derude, uden at det bliver alt for nørdet?

I artiklen "Engineered crops could have it made in the shade"

bragt i Science, november 17, 2016 og skrevet af Erik Stokstad, journalist på Science, bliver blandt andet resultater fra forskning i USA belyst.

- Forskerne har fundet ud af, at hvis vi kan gøre planten hurtigere til at komme sig efter lysstress. Fotosyntesen kan faktisk effektiviseres op til 20 procent. Det er faktisk simpelt, det de havde gjort. Tre gener, der koder fra nogle enzymer inde i kloroplasten, har de taget og fået dem til at producere mere af de tre enzymer. Man siger teknisk, at generne er overudtrykt. Resultatet for planten er altså,

at der er meget mere af de tre enzymer til stede inde i grønkornene.

De har dermed optimeret den proces, hvor planten skal komme sig efter at have fået for meget lys til, at den får normal mængde lys. I normale planter vil der være en vis forsinkelse, inden planten når at omstille sig til det lavere lys, og det koster i fotosynteseeffektivitet. De manipulerede planter er hurtigere til at komme i gang med at producere fotosyntese og ud-

nytte solenergien bedre, så det ikke går tabt. De har været inde og effektivisere en proces, som evolutionen måske ikke har haft fokus på i de vilde planter. Samtidig skal vi tænke på, at evolutionen arbejder langsomt - over mange tusinde år, og vi har haft landbrug i omkring 10.000 år og moderne landbrug med højtstående sorter i måske 100-200 år. Evolutionen skal formentlig have langt længere tid til at optimere den omtalte proces, og den har jo ikke haft en chance for at forbedre afgrøderne på dette punkt.

## Kulturteknisk

- Der er meget at hente ved det kulturtekniske, og det ved landmanden også godt. Der er jo en grund til, at vintersæd er så populær. Det er ikke kun, fordi der er et genetisk potentiale for et højere udbytte, men afgrøden er klar om foråret, når solen begynder at skinne, og dermed har vintersæd en længere vækstsæson. Der er jo også en grund til, at kartofler og roer giver et stort biomasseudbytte. Det skyldes netop en lang vækstsæson. Hvis man kan styre modningen og dermed få en længere vækstsæson, vil man få et højere udbytte. Det er en overvejelse at gøre, siger Poul Erik Jensen.

Men højt udbytte kommer ikke kun på grund af fotosyntesen. Dertil kommer alt det andet oveni; vand, nitrogen, fosfor, kalium og så videre. Uden vand og næringsstoffer er der ikke noget biomasse. Så planten skal på samme tid være god til at afsøge jorden for vand og næring, samtidig med at den skal være modstandsdygtig overfor svampe og skadedyr med mere.

- Det er det, forædlerne med succes kigger på, den samlede formåen. De kigger ikke på en enkelt proces, som jeg gør med fotosyntesen. Det er den luksus, jeg har. Forædleren skal se på, hvordan han skaber en robust afgrøde, som landmændene vil købe. Det er aldrig en ting, som baner vejen, men en sum af flere parametre, der giver en robust afgrøde, siger han.

## Tredje scenarie

Dette scenarie er ikke direkte landbrugsanvendeligt, men Poul Erik Jensen nævner muligheder indenfor fotosyntetiske mikroorganismer - alger og cyanobakterier, som vi hurtigt vil kunne lave om



... *Det handler i bund og grund om, at så meget af solens energi skal omsættes til biomasse...*



*Vi skal være langt hurtigere til at bruge de signaler, som kommer fra fotosyntesen til at vurdere, hvordan planten har det? Altså mangler den næring, vand eller er den angrebet af skadevoldere? Det vil sige, vi skal være bedre og hurtigere til at diagnosticere plantens tilstand. Arkivfoto: Frank Mølby.*



*- Mange af de processer, som naturen har skabt er sindssygt godt optimeret, men der er altså nogle ting i vores afgrøder, som kan optimeres, som naturen måske ikke har tænkt på. Arkivfoto: Frank Mølby*

på rent genetisk og dermed gøre dem bedre til at producere anti-oxidanter, vitaminer eller gode proteiner, fedtstoffer, flerumættede fedtsyrer og andre højværdistoffer.

- Det kunne godt være en nicheproduktion måske i en gartnerivirksomhed, hvor der står tomme drivhuse. Hvorfor sætter man ikke nogle fotobioreaktorer op med gennemsigtige tanke, hvor algerne kan fange sollys og lave flerumættede fedtsyrer eller gode proteiner, som kan bruges til humanernæring eller til dyrefoder, spørger han og tilføjer:

- Jeg kunne godt se en specialproduktion af visse stoffer i mikroalger - også i dansk gartneri eller landbrug. Der arbejdes på det på europæisk plan, hvor bjergbønder sydpå ikke kan blive ved at leve af småbrug. Kunne de dyrke alger i fotobioreaktorer, som højværdiprodukter, vitaminer, antioxidanter eller farmaceutiske produkter, der kan dyrkes i lukkede systemer, ville det være med til at fastholde folk i landområderne. Disse produkter vil give den farmaceutiske industri mulighed for at købe fuldstændig ligesom andelsmejerier købte mælk op for 120 år siden og lave mejeriprodukter.

På samme måde mener han, at man kan begynde at samle produkter ind fra alger og raffinere dem til forskellige stoffer.

- Hvis vi kan få et økonomisk højværdiprodukt som "drivkraft" i et sådant system, som for eksempel den farmaceutiske industri kunne bruge, vil der pludselige være en forretningsmodel, hvor man ville kunne høste og ekstrahere højværdiproduktet. Dermed vil der være nogle overskudsprodukter: protein, fedtstoffer og kulhydrater, som kunne raffineres ud, og så er vi inde i den bioraffinerings tanke, som også er oppe at vende i forbindelse med bioenergi.

- Hvis vi mener noget med den grønne revolution, skal vi tænke udover køer, grise samt hvede- og bygmarker. Så er der andre fotosyntetiske organismer, som kan bidrage med nye input og produkter, siger Poul Erik Jensen.

- Det er det potentiale, jeg ser i at udnytte fotosyntesen og de fotosyntetiske organismer: planter, mikroalger, cyanobakterier. Der ligger et kæmpe potentiale, som vi skal udnytte.