



Jagten på fremtidens planter

- ændringer i klimaet udfordrer produktivitet og kvalitet

Med avanceret teknologi, der efterligner fremtidens klima, undersøger forskere på DTU og KU, hvordan planter reagerer på cocktailen af forhøjet temperatur, CO₂, ozon og ekstreme hedeølger.

Af Rikke Bagger Jørgensen^a, Teis Nørgaard Mikkelsen^a, Helge Egsgaard^a, Michael Foged Lyngkjær^b og Cathrine Heinz Ingvordsen^{a,c}

^a DTU, Institut for Kemiteknik

^b KU, Science, PLEN

^c CSIRO, Canberra, Australien

Vi har i øjeblikket kurs mod en global temperaturstigning på ca. 5°C, og det vil væsentligt forringe både omfang og kvalitet af vores planteproduktion, også selvom en forøget CO₂-koncentration i atmosfæren kommer planterne til gode. En ekstra udfordring for planterne er de ekstreme klimahændelser, f.eks. hedeølger, som bliver mere almindelige i fremtiden. Resultaterne fra klimaforsøg bruges i forædling af nye klimatolerante sorter og til modellering af, hvordan fremtidens planteproduktion påvirkes.

Udfordringer forude

I 2014 nåede CO₂-koncentrationen i atmosfæren over 400 ppm tre måneder i træk; 2014 blev også det år, som globalt satte varmere rekord. Det er efterhånden svært at ignorere, at vores klima forandrer sig i et uhyggeligt hurtigt tempo. Som følge af de stigende niveauer af drivhusgasser og stigende temperaturer forventes ekstreme vejr-situationer som kraftig regn og hedeølger at blive både hyppigere og mere intensive. I 2003 og 2006 oplevede Europa ekstreme hedeølger. I 2003 var temperaturerne i store dele af Europa på 20-30% over normalen, og temperaturer på 35-40°C blev målt i flere lande. Hedeølgen betød bl.a., at den franske hvedeproduktion faldt med 21%, da temperaturen var 6°C over normalen og nedbørsmængden ca. halveret i forhold til gennemsnittet. I 2010 var det Ruslands tur; her blev registreret de højeste gennemsnitstemperaturer i 140 år, og ca. 20% af kornmarkerne gav intet udbytte. Det ændrede

klima bliver en af de store udfordringer for fremtidens plan-
teproduktion, og det truer den stabile forsyning af fødevarer,
foder og vegetabiliske non-food produkter.

Avancerede faciliteter til efterligning af fremtidens klima

På en mark uden for Roskilde står en række store ringe af
stålrør med et net af slanger, der er forbundet til en kæmpe
tank med CO₂. Det er en såkaldt FACE-facilitet – en teknisk
avanceret konstruktion til "Free Air Carbon Enrichment". Her



Dronefoto af DTUs "Free Air CO₂ Enrichment" (FACE) facilitet. Ring-
ene (oktagonerne) har en diameter på 7 m, og ekstra CO₂ (550
ppm) doseres til hver anden ring gennem rør forbundet til en 11
tons CO₂-tank. De øvrige ringe fungerer som kontroller med am-
bient CO₂ (ca. 400 ppm). Dele af ringene kan overdækkes med
særlige markiser, der inducerer tørke eller nat-opvarmning. Facili-
teten kan flyttes, og f.eks. også placeres i et naturligt økosystem.

kan planter udsættes for fremtidens atmosfære. De gamle og
nye bygsorter, der vokser inde i ringene, har 550 ppm CO₂ mod
de ca. 400 ppm i resten af marken. De 550 ppm svarer til den
CO₂-koncentration, som vi når omkring år 2040-2050, hvis vi
ikke reducerer vores udledninger af drivhusgas både hurtigt og
kraftigt. Men den ekstra CO₂ alene er ikke noget problem for
planterne; byggen vokser tydeligt kraftigere under forhøjet CO₂
end i kontrolringene med 400 ppm, fordi den ekstra CO₂ udnyt-
tes i fotosyntesen og omsættes til mere plantebiomasse.

FACE-forsøgene viser, hvilke bygsorter, der er bedst til at ud-
nytte den ekstra CO₂, og de sorter kan anvendes som udgangs-
punkt i forædling mod højere biomasse i det fremtidige klima.
Resultaterne viser, at også nogle af de gamle og glemte sorter
har evner til CO₂-udnyttelse, der er værd at satse på.

Fremtidens svampesygdomme

I FACE-faciliteten bliver byggens blade også nøje undersøgt.
Der scores for forekomst af svampesygdomme under 550 ppm
CO₂ og i kontroller ved de nuværende 400 ppm. Der er nemlig
forskel på planternes modtagelighed overfor plantesygdomme
under forhøjet og ambient CO₂. F.eks. vil angreb af meldug-
svampen reduceres, hvis kun CO₂-koncentrationen stiger, mens
melduginfektion bliver mere almindelig, hvis også temperatur
og O₃-koncentration samtidig øges. Med klimaforandringer
kommer også helt nye sygdomme som f.eks. *Ramularia* til.
Informationerne er vigtige, for når vi kender sygdomsmønstret
hos afgrøder i et ændret klima, kan vi handle proaktivt i forhold
til at iværksætte bekæmpelse; det kan være såvel kemisk som
genetisk kontrol (nye resistensgener).

Intelligent Chemistry

PSS Particle Size Systems

Automated Single Particle Optical Sizing &
Dynamic Light Scattering Analyzer Systems

DLS Nicomp 380 series nanoparticle size analyzer
SPOS AccuSizer 780 Series Particle Analysers



Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
Telefon 8621 2866
Telefax 8621 2301
E-mail: sales@biolab.dk



Klima-phytotronen. I kamrene på hver 24 m² kan temperatur, atmosfære-sammensætning, fugtighed, vind, vanding mv. kontrolleres. Lyssætningen kan for eksempel simulere dagsfaserne, solopgang, fuld lys, solnedgang. Kamrene reguleres enkeltvis, og alle parametre monitoreres løbende.

Faldende udbytter og forringet kvalitet

Nu vil klimaændringerne ikke kun omfatte en stigning af CO₂-koncentrationen; der vil ske en samtidig forøgelse af temperaturen, og den menneskeskabte udledning af stoffer, der danner ozon (O₃) i troposfæren er også på vej op. IPCC (2013) har i deres sidste rapport påpeget, at vi med den nuværende udledningsprofil for drivhusgasser kan være på vej mod ca. 5°C opvarmning i sidste del af dette århundrede (RCP8.5). CO₂-koncentrationen vil nå over de 1.000 ppm, og den troposfæriske O₃ øges med ca. 25% fra niveauet i dag (32-62 ppb). O₃ er en meget reaktiv gas, der forårsager oxidativ stress og dermed nedvisning hos planterne. I FACE-faciliteten på DTU kunne temperaturen godt forøges, men en 5°C stigning i det fri kræver store ressourcer. Derfor foregår en del af de forsøg, der kræver høj temperatur og samtidig eksponering af planterne til et højt niveau af CO₂ og O₃, ofte i et særligt klima-drivhus, en phytotron. I de seks store vækstkamre på hver 24 m², som DTU phytotronen rummer, kan næsten enhver form for klima efterlignes. Udover temperatur og atmosfærens sammensætning af luftarter, kan lys, luftfugtighed, luftskifte, vind og vanding kontrolleres, og monitoreres løbende. Desuden kan man efterligne f.eks. ekstreme hedeølger. Mange forskellige afgrøders og vilde arters respons overfor klimaændringer er analyseret under forsøg i phytotronen.

Verdens største forsøg af sin art, hvor 138 typer af byg er udsat for forhøjet temperatur, CO₂ og O₃, er lige afsluttet. De 138

byg-typer omfattede landracer, gamle og nye sorter og endnu ikke markedsførte linjer. Deres udbytte og kvalitet blev undersøgt under 700 ppm CO₂, 120 ppb O₃ og temperaturer på 5°C over normalen for Danmark i sommerperioden. Hvis CO₂ og temperatur forøges samtidig, tilsidesætter temperaturstigningen den gavnlige effekt af ekstra CO₂, og udbyttet i byg reduceres med i gennemsnit 29%, og det høstede kerneprotein falder med 22%. Hvis forøgelsen i CO₂-koncentration og gennemsnitstemperatur suppleres med en 10 dages hedeølge på 33°C (28°C nat) lige omkring blomstringstidspunktet, formindskes kerneudbyttet til under det halve af, hvad vi høster i dag (52% reduktion). Afgrøder tilpasset fremtiden, skal gerne have højt udbytte, men også en god miljømæssig stabilitet for at hamle op med flere variationer i miljøet over samme vækstsæson. Eksempelvis kan voldsomme regnmængder efterfølges af perioder med ekstrem tørke. Derfor blev den miljømæssige stabilitet i de 138 byg-typer også undersøgt i DTU-KU forsøget, og typer med god stabilitet identificeret til brug i videre forædling.

Et større forsøg med raps (*Brassica napus*) er også udført i DTUs phytotron. Her er der blandt andet fokuseret på ændringer i mængde og kvalitet af rapsolien. Også her vil de nuværende sorter komme til kort over for de forventede ændringer i klimaet. Når en CO₂-koncentration på 700 ppm blev kombineret med en temperaturstigning på 5°C, faldt udbyttet af rapsolie med 58% pr. hektar i forhold til i dag. Samtidig reducerede denne klimaændring den essentielle fedtsyre omega-3 (C18:3)



Et kig ind i et af phytotronens kamre.

med 77% pr. hektar rapsmark. Fire andre fedtsyrer i rapsolien blev ligeledes påvirket negativt, og andelen af mættede fedtsyrer blev øget på bekostning af de sundere umættede fedtsyrer.

En gen-vej til klima-tolerante afgrøder

Heldigvis er der stor variation i klimarespons hos forskellige sorter inden for samme art. Næste alle de typer byg, der blev undersøgt i DTU-KU-forsøget var presset på udbytte og kvalitet ved en temperaturforøgelse på 5°C, men nogle få viste kun mindre reduktioner. De bedste typer repræsenterer gener, der kan være med til at sikre en stabil produktion og kvalitet i fremtiden. Forskellene mellem de forskellige typer af byg er udforsket yderligere i et ph.d.-projekt sammen med bygforædlingsfirmaer fra Norge, Sverige, Finland og Danmark og støttet af Nordisk Ministerråd. I projektet er gener, der styrer kerneudbytte, vegetativ biomasse, miljømæssig stabilitet og sygdomme i det fremtidige klima associeret med DNA-markører. I praksis blev 8.000 SNP (Single Nucleotide Polymorphisms)-markører analyseret for deres association til bygtypernes produktion under forhøjet CO₂, forhøjet temperatur, forhøjet O₃, kombinationen af klimafaktorer og miljømæssig stabilitet under ændrede klimaforhold. Der blev fundet 60 signifikante associationer mellem DNA-markører og produktion i fremtidens klima. Disse markører er givet videre til de nordiske bygforædlere, der kan udnytte dem i "markør-baseret selektion" af planter, der vil kunne klare fremtidens ændrede, komplekse og ustabile klima.

Klimatolerante sorter er en af de bedste muligheder vi har for at sikre en høj og stabil produktion af fødevarer, foder og non-food baseret på planteprodukter.

E-mail:

Rikke B. Jørgensen: rijq@kt.dtu.dk

Teis N. Mikkelsen: temi@kt.dtu.dk

Litteratur

DMI Arkiv: www.dmi.dk/nyheder/arkiv/.

Ingvordsen C.H., Backes G., Lyngkjær M.F., Peltonen-Sainio P., Jahoor A., Mikkelsen T.N., Jørgensen R.B. (2015). Genome-wide association study of production and stability traits in barley cultivated under future climate scenarios. *Molecular Breeding* 35: 84-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-015-0283-8>.

Ingvordsen C.H., Backes G., Lyngkjær M.F., Peltonen-Sainio P., Jensen J.D., Jalli M., Jahoor A., Rasmussen M., Mikkelsen T.N., Stockmarr A., Jørgensen R.B. (2015). Significant decrease in yield under future climate conditions: Stability and production of 138 spring barley accessions. *European Journal of Agronomy*, 63: 105-113, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.003>.

Ingvordsen C.H. (2014). Climate Change Effects on Plant Ecosystems - Genetic Resources for Future Barley Breeding. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, 182 pages.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Mikkelsen B.L., Jørgensen R.B., Lyngkjær M.F. (2014). Complex interplay of future climate levels of CO₂, ozone and temperature on susceptibility to fungal diseases in barley. *Plant Pathology*, online first 12 AUG 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12272>.

DANDIAG

Din partner inden for salg, service og kalibrering af laboratorie- og pipetteringsudstyr

Lad os bekæmpe brystkræft sammen

Nyhed

Pipetgirl



Integra donerer 10 euro til brystcancer forskningen for hver solgt enhed

OBS
ny adresse
pr. 1/4-2015

Kontakt os for flere informationer

Dandiag A/S
Baldershøj 19

DK-2635 Ishøj
Tlf. +45 4343 3057

www.dandiag.dk
dandiag@dandiag.dk