

Minimering af jordpakning ved roeoptagning



*Af projektleder
Otto Nielsen,
NBR Nordic Beet
Research*



*Per Schjønnning,
Aarhus
Universitet*



*Mathieu Lamandé,
Aarhus
Universitet*



*Foto 1. Pakningsskader opstår, når maskinerne bliver tungere end det jorden kan bære. I fagkredse taler man om forholdet mellem vertikalt stress og jordens styrke.
Foto: Robert Olsson, NBR).*

Jordpakning kan minimeres ved at reducere det tryk, maskinen udøver på jorden, ved at øge jordens evne til at modstå dette tryk eller som en kombination af begge dele (foto 1). I denne artikel kan du læse om emnet og herunder, hvad producenter af roeoptagere gør eller har tænkt sig at gøre for at minimere jordpakning.

Kvantificering af jordpakning

Forskere har i mange år arbejdet med jordfysik og herunder udviklet teknikker til at måle, hvor pakket jorden er. Disse undersøgelser tager ofte udgangspunkt i cylinderformede jordprøver, som udtages ved at banke et rørstykke ned i den jord, man ønsker at måle (foto 2). Uden at forstyrre denne prøve yderligere, bliver den vejret og derudfra beregnes tætheden

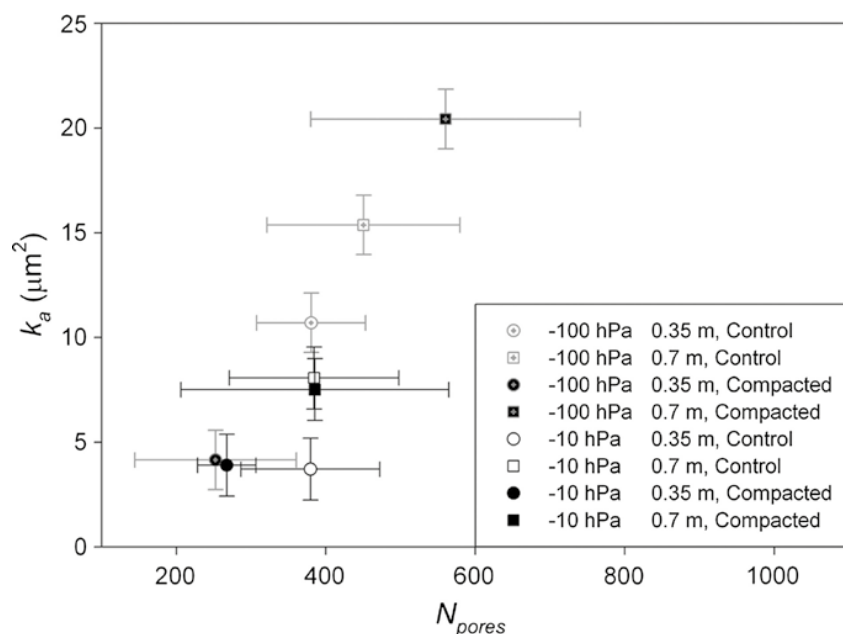


*Foto 2. Pakningsskader kan kvantificeres ved at udtage en jordprøve og måle tætheden af denne. Hvis den udtagne jordcylinder beholdes intakt, kan man endvidere måle jordens evne til at transportere vand eller luft (figur 2) og i en nyere undersøgelse anvendte man skanningsteknik (figur 1).
Foto: Otto Nielsen, NBR.*

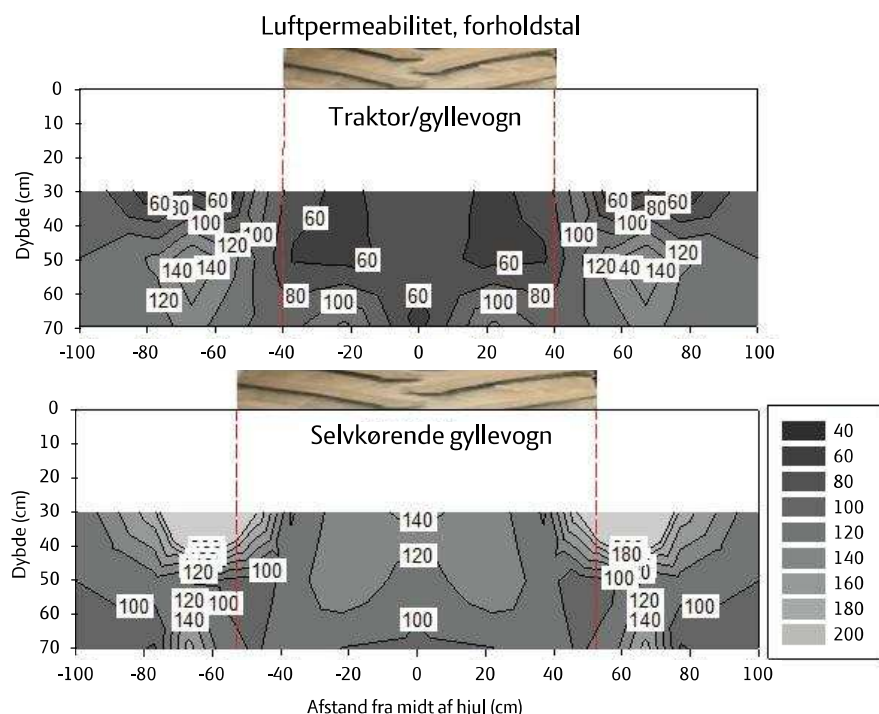
(massefylde). En meget porøs jord har gerne en massefylde på 1,2-1,4 kg/liter, mens hårdt pakket (under-)jord kan have værdier på 1,8 kg/liter og endnu højere. I en nyere undersøgelse fandt man på at skanne jordprøven med en CT-skanner, hvilket gav et meget synligt bevis på jordpakning (figur 1).

Dernæst kan man bruge den udtagne prøve til for eksempel at måle dens evne til at lade vand eller luft passere (figur 2). Dette er mere relevant end massefylden, da disse målinger siger noget om jordens egnethed til plantedyrkning.

Ovenstående målinger kan erstattes eller suppleres med konkrete målinger af den påvirkning (stress), som en overkørsel af jorden medfører (figur 3). Målingerne har bidraget væsentligt til at man nu ret sikkert kan beskrive sammenhængen



Figur 1. CT-skanning af jordcylindre udtaget i 25-45 cm dybde fra jord uden (t.v.) og med fire gange overkørsel med fuldt lastet seks-rækket optager (10 ton hjullast). Prøverne blev udtaget på en svensk ejendom i 2009 og 14 år efter jorden var blevet overkørt og viser, at pakningsskader kan være langvarige. Kilde: Lamandé mfl., Soil Science 2013. (178:359-368).



Figur 2. Figuren viser relative tal for luftpermeabilitet af jorden med henholdsvis bugseret (øverst) og selvkørende gyllevogn (jo højere værdi jo mindre pakning). Den selvkørende gyllevogn er konstrueret så hjulene ikke er på linje og minder dermed lidt om en selvkørende roeoptager med "dogwalk". Kilde: Oversigt over Landsforsøgene 2013 (Kulturteknik side 8).

mellem stress, jordstyrke og pakningsrisiko for forskellige maskintyper og det hele er samlet i Terranimo-modellen (www.terranimo.dk; figur 4).

Undgå pakningsskader ved at reducere dæktryk og hjullast

Omfanget af pakningsskader i overjorden er meget tæt relateret til dæktrykket og derfor har udviklingen af dæk gjort, at man har gode muligheder for at begrænse skaderne ved at anvende hjul med stor trædeflade og et lille dæktryk. Anbefalingerne lyder på at anvende dæktryk anvist af producenter for kørsel ved 10 km/time, som for gode dæk kan være så lav som 1 bar selv ved høje hjullaster. Så der er stadig noget at gøre for de fleste. Pakningsskader i overjorden kan dog oftest repareres med jordbearbejdning, så derfor er skaderne sjældent permanente, men udgifterne til jordbearbejdning øges.

Pakningsskader i underjorden er primært relateret til hjullasten og jordens styrke, som igen afhænger af vandindholdet og til dels jordtypen. Pakningsskader i underjorden er vanskelige at reparere med jordbearbejdning, da grubning oftest skader mere end det gavner som følge af yderlige svækkelse af jordens styrke, og reparation gennem biologisk aktivitet (for eksempel rodvækst og regnorme) er meget langsommeligt. Derfor er pakningsskader i underjorden ofte langvarige og dermed vigtige at undgå (figur 1).

Betydning af dæktype, dæktryk og hjullast kan anskueliggøres ved hjælp af Terranimo-programmet, idet man her selv kan ændre på disse parametre og se resultatet grafisk afbildet (figur 4) eller som en pdf-rapport.

Kør under tørre forhold

Roeoptagning sker over en periode



Foto 3-4. Selvkørende gyllespreder (t.v.) som blev anvendt i forsøgene vist i figur 5 (foto: Janne Aalborg Nielsen, SEGES). Producenten (Vervaet) leverer også en selvkørende frakørselsvogn (foto: Otto Nielsen, NBR).

på flere uger, og her har man i et vist omfang mulighed for at minimere risikoen for jordpakning ved at køre under tørre forhold. For at illustrere betydningen af denne faktor, er der i figur 4 lavet en beregning med Terranimo-programmet for høst med selvkørende roeoptager i NBR's forsøgsmark ved Holeby henholdsvis den 25. september og den 25. oktober 2016. Resultatet viser, at det kun er kombinationen af det bredeste dæk, lavt dæktryk og tørre forhold, som forhindrer at risikoen for pakning undgås i alle dybder.

Terranimo-programmet er i den danske version koblet til jord- og vejrdato, og ved hjælp af et bagvedliggende program (Daisy) beregnes vandindholdet i jorden i alle dybder for den lokalitet og dato man vælger. Man behøver derfor kun indtaste få oplysninger for at se hvor stor pakningsrisikoen er.

Hjul på linje, dogwalk eller bælte

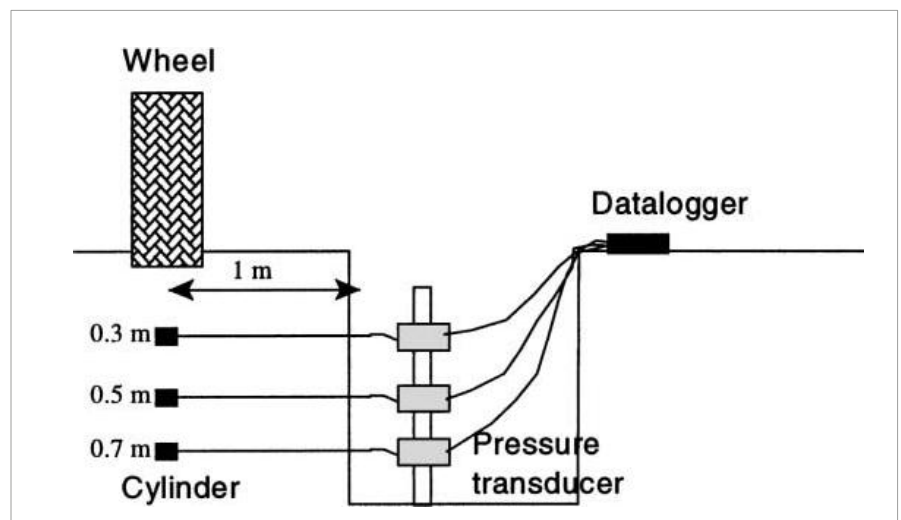
Selvkørende roeoptagere har ofte mulighed for at forskyde hjulakslerne i

forhold til hinanden (dogwalk), således at hjulene ikke kører på linje og dermed forårsager flere på hinanden følgende påvirkninger af jorden. Erfaringer fra praksis og forsøg viser klart, at flere overkørsler indenfor en kort tidsperiode kan forårsage alvorlig pakningsskade, og det er i princippet det samme, der

sker, når mange hjul kører på linje. Dette er måske også forklaringen på de resultater, man har opnået ved at sammenligne en bugseret og en selvkørende gyllespreder, idet den selvkørende gyllespreder med en hjullast på 12 ton ikke forårsagede noget udbyttetab i efterfølgende afgrøder modsat den bugserede, som både med en hjullast på 6 og 8 ton tydeligt påvirkede udbytterne i de følgende år negativt (figur 6).

Det skal bemærkes, at den selvkørende gyllespreder kun blev anvendt på en lokalitet, så sammenligningsgrundlaget er lidt spinkelt, og endvidere viste yderligere undersøgelser af jorden, at også den selvkørende gyllespreder forårsagede en vis grad af pakning også i underjorden. Et nyt GUDP projekt er netop sat i gang med bl.a. det formål at skaffe mere viden om årsagen til den større pakning under flere eftertrullende hjul. En hypotese er, at også forskydningskræfterne fra traktorens trækkende hjul kan bidrage kraftigt til pakningen.

Der er også behov for at kigge på kræfterne under bæltet. På Krenkerup (JB7),



Figur 3. Hvor meget påvirker en overkørsel jorden i forskellige dybder? Dette kan kvantificeres ved at anbringe sensorer i forskellige dybder og dernæst måle udslaget, når hjulet passerer. Kilde: Arvidsson mfl. Soil and Tillage Research 2001 (60:79-89).

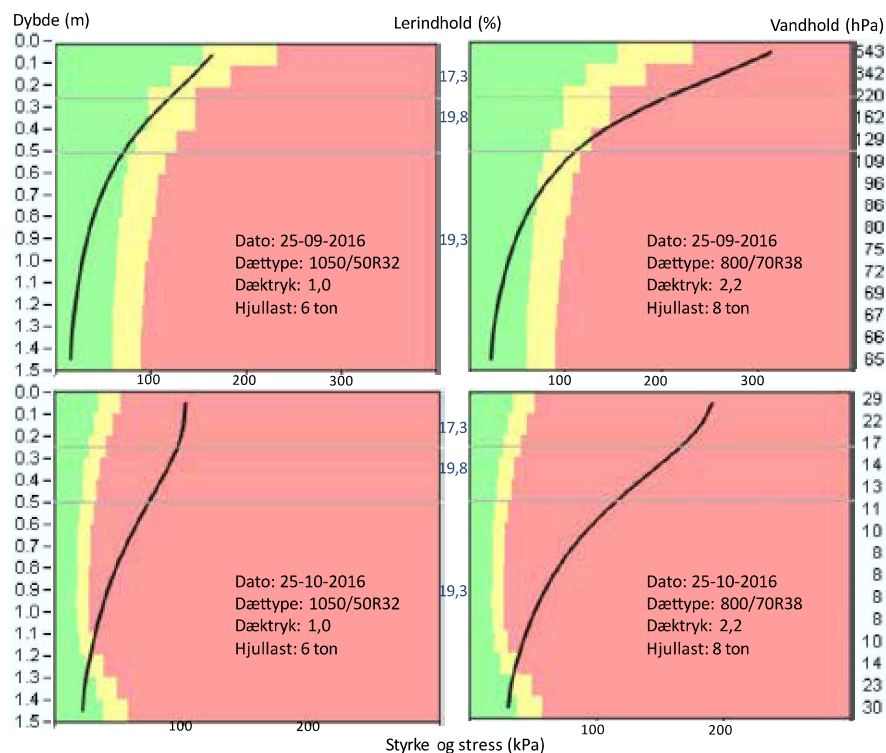
Danmark, blev der i 2013 foretaget målinger af stress i kontaktfladen bæltejord og hjul-jord for roeoptagere udstyret med dels bælte (Westrack; 0,9 m bred og 2,0 m lang) og dels hjul (1050/50R32, 1,5 bar dæktryk), begge belastet med 10 tons. Kontaktfladen var betydeligt større under bælte (1,27 m²) end under hjulet (0,61 m²), og maksimum stress i overfladen var signifikant lavere under bælte (456 kPa) end under hjulet (653 kPa) (figur 5). Men stress fra bælte er ikke jævnt fordelt, og ved passage af bæltets ruller sendes spidsbelastninger nedad i jordprofilen. Ud fra disse undersøgelser vurderes, at den reelle stress, der når 50 cm dybde under bæltet, er ca. 93 kPa, sammenlignet med ca. 152 kPa under hjulet.

Hvad gør producenterne

I forbindelse med den netop afholdte Beet Europe-udstilling i Frankrig blev der af IIRB arrangeret et seminar omkring jordpakning ved roeoptagning og herunder specielt pakning af jorden under pløjelaget. Foredragsholderne bestod af en blanding af forskere med speciale i jordfysik, repræsentanter for producenter af roeoptagere samt en repræsentant fra dækproducenten Michelin. Forskerne startede med at give et overblik over den viden, man har i lighed med det vi har beskrevet i ovenstående. Dernæst kom producenterne med deres bud på, hvordan pakning af underjorden kan begrænses.

Reduktion af vægt

Generelt forsøger producenterne at reducere vægten. Holmer oplyste, at vægten på deres optagere var reduceret med 17 procent. Ropa har fokuseret på bedre vægtfordeling mellem akslerne, og den maksimale vægt på 1. 2. og 3. aksel skulle være reduceret med henholdsvis 8, 37 og 43 procent ved



Figur 4. Beregning af pakningsrisiko for NBR's forsøgsmark ved hjælp af Terranimo programmet (www.terranimo.dk). Figuren er sammensat af to kørsler af programmet for henholdsvis den 25. september (tørre forhold/øverste figurer) og den 25. oktober (våde forhold/nederste figurer) og i begge tilfælde for to kombinationer af dæktype, dæktryk og hjullast. Vandindholdet er i figuren angivet for de forskellige dybder i hPa. En moderat tør, fugtig (forårets tilstand) og vinter-våd jord har omtrentligt et vandindhold på henholdsvis 400, 100 og 50 hPa. Færdsel bør tilpasses således at den sorte linje (maskinens påvirkning) undgår det røde område i jorddybder på 50 cm eller mere, hvilket ikke var muligt den 25. oktober med de to valgte kombinationer af dæk og hjullast grundet de meget våde forhold i hele jordprofilen.

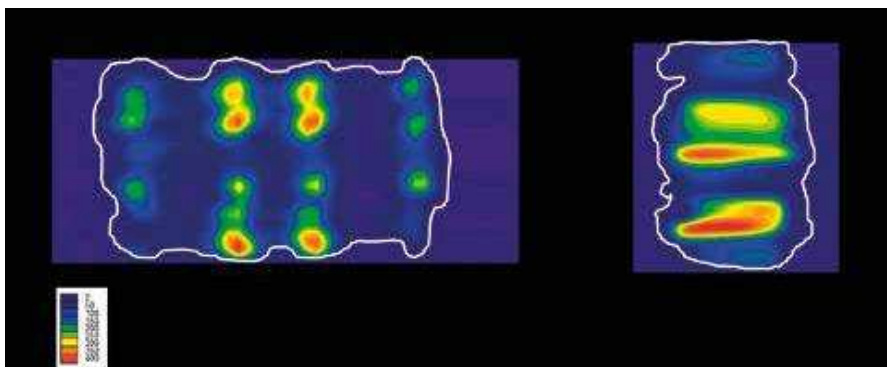
aktivt at flytte vægten rundt mellem hjulene. Dette system indebærer også en mere ligelig fordeling af vægten ved kørsel på skråninger. Et lignende system findes på Vervaet Q-serie.

Hjul eller bælter

Grimme tilbyder forsat bælter og undrer sig over, at den beskedne meromkostning ved denne løsning (5-10 euro/ha ifølge Grimme) er nok til, at kunderne vælger maskiner på hjul. Ropa kunne til dette supplere, at de opgav en løsning med bælter som følge af manglende efterspørgsel. Hvorvidt bælter overhovedet er bedre end hjul kan læses i afsnittet oven-

for. Vervaet har siden 2001 produceret 9-rækkede optagere, hvor hvert hjul har sin egen position og dermed undgås helt gentagne passager af jorden. På Q-serien kan vælges bælter eller hjul med mulighed for centralt at korrigere lufttrykket.

Michelin deltog også i seminaret og berettede om deres udvikling af dæk. Radialdæk har været tilgængelige siden 1970'erne og har den fordel, at de er mere elastiske end Bias-dæk, som desværre stadig findes på mange vogne. Nyeste teknologi hedder Radial VF CFO og tåler ekstra lavt dæktryk. Ifølge Michelin har man i forsøg vist, at der kan



Figur 5. Kontaktfladen (hvid linje) og stressfordeling (farver, i kPa) for roeoptager udstyret med bælte (venstre) eller hjul (højre).

opnås en udbyttestigning på fire procent ved at skifte fra Radialdæk med lufttryk på 1,2 bar til Radial VF med 0,7 bar.

Frakørselsvogne og logistik i marken

Producenterne er også opmærksomme på, at det gælder om at optimere færdslen i marken og herunder at undgå for mange overkørsler. En mulighed er flere mindre enheder, som er elektronisk koblet og styret af kun en person. Det er for eksempel i den forbindelse af lette frakørselsvogne med ekstra brede og forskudte hjul bliver relevante (foto 4). Holmer har beregnet, at anvendelse af dogwalk på deres maskine medfører, at (kun) 26,7 procent af jorden passeres to gange af et hjul. En yderligere reduktion af dette forventes at kunne opnås med 9-12-rækket optagere, som kan brede sig over 4,5-6 cm ved 50 cm rækkeafstand. På Beet Europe præsenterede Holmer en 12-rækket optager hvormed de mener at antallet af dobbeltoverkørsler kan reduceres til 13 procent.

En alternativ måde at reducere færdslen og hjullast er at reducere marklængden. Det kan lade sig gøre i alle marker ved at øge bredden på forpløjningerne. Holmer mente endvidere, at man ved at køre hurtigere kan reducere pakningsskader, da jorden så påvirkes i kortere tid. Forsøg med dette har dog ikke vist nogen effekt indenfor de fremkørselshastigheder,

der anvendes af roeoptagere (4-8 km/t). Forskningen har heller ikke kunnet måle ændring i kræfterne fra maskinerne ved kørsel med forskellig hastighed.

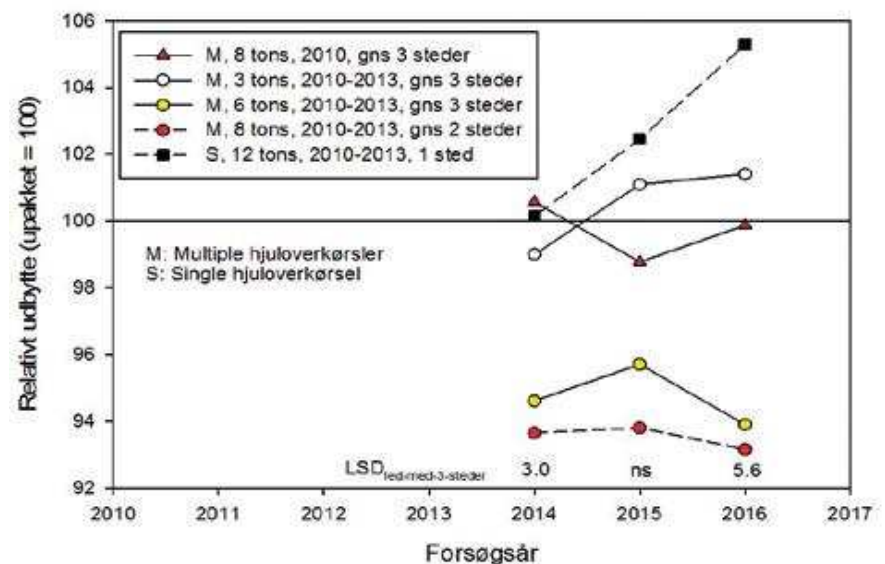
Bugserede optagere

Grimme og Franquet tilbyder forsat bugserede optagere. Det giver en hel del flere spor i marken, men hjullasten kan

holdes nede og derved er risikoen for underjordspakning mindre. Ifølge Franquet giver deres løsning en hjullast på 14,2 ton fordelt på fire aksler ved kørsel i marken (samme vægt er fordelt på to aksler ved vending). Optageren kræver en traktor med minimum 200 hk.

Vigtigste pointer

- Lavt dæktryk er afgørende for at minimere pakning af overjorden
- Lav hjullast er afgørende for at minimere pakning af underjorden
- Kørsel under tørre forhold, da jorden så har størst styrke
- Undgå gentagne overkørsel samt hjul på stribe
- Se hvor meget de enkelte faktorer betyder på terranimo.dk
- Maskinproducenter er opmærksomme på at finde løsninger til minimering af jordpakning ■



Figur 6. Relativt udbytte i relation til pakning udført 3-6 år tidligere med forskellig hjullast på henholdsvis bugseret (M) og selvkørende (S) gyllevogn. Bemærk at den selvkørende gyllespreder kun er anvendt på én lokalitet og resultaterne for denne derfor ikke er så veldokumenterede som for den bugserede spreder. Den selvkørende gyllespreder er konstrueret så hjulene ikke er på linje og minder dermed lidt om en selvkørende roeoptager med "dogwalk" (foto 3-4). Der henvises i øvrigt til "Oversigt for Landsforsøgene 2016" samt Plantekongres 2016, hvor der er mere information om projektet.