

Markør-assisteret indkrydsning af brokresistens

Projektansvarlig og deltagere

Projektansvarlig: Ea Høegh Riis Sundmark, eri@danespo.com, Danespo A/S, Dyrskuevej 15, 7323 Give.
Deltager: Kåre Lehmann Nielsen, kln@bio.aau.dk, Aalborg Universitet, Afd. for bioteknologi

Resume

Fundet af brok i Midtjylland i efteråret 2014 har flyttet brokresistens i stivelsessorter op som en af de vigtigste forædlingsparametre i dansk kartoffelforædling. Test for brokresistens er imidlertid dyr og kræver overskud af knolde, hvorfor den tidligst kan udføres efter 2. år i marken, på hvilket tidspunkt der kun er 3% af de oprindeligt såede kloner tilbage. Da brokresistens kræver samvirken af flere forskellige gener er succesraten lav, så det er nødvendigt at have et stort antal mulige kandidater at lede i. Dette dilemma kan delvist løses ved på et tidligere tidspunkt at undersøge, om et antal nødvendige resistensgener er til stede, og kun beholde de sorter, der har potentiale for brokresistens. Projektet har udnyttet at der tidligere er lavet en stor population, hvor en af forældrene er den brokresistente sort Aventra, samtidig med at der blev lavet et stort arbejde i samarbejde med Aalborg Universitet og Wageningen Universitet i Holland, hvor forskellige kilder til yderlige brokresistens blev undersøgt.

Gennem et længere forædlingsarbejde har Danespo udført krydsninger mellem kendte brokresistente sorter og sorter uden brokresistens for at producere en stor mængde afkom med samme baggrund. Når en sådan population af tilstrækkelig størrelse undersøges for resistens med biologiske test bliver det muligt at dele afkommet op i to grupper af resistente og ikke-resistente afkom. Ved at genomsekventere de to grupper og sammenligne resultaterne bliver det muligt at finde frem til de områder i planternes DNA som adskiller grupperne og dermed indsnævre områderne for hvor der kan være mulige resistensgener. Dette arbejde blev udført i samarbejde med Aalborg universitet i 2016-2017.

Sideløbende havde Danespo et samarbejde med Wageningen universitet i Holland om undersøgelse af brokresistensgener i 73 forskellige sorter og vildarter ved at undersøge broktypernes kendetegnende proteiner og de tilsvarende resistensreaktioner i kartoffelsorterne og sammenholde disse resultater med biologiske test. Disse undersøgelser ledte til det første sæt genetiske markører i form af KASP markører for 4 store resistensgener mod brok; Sen1, Sen3, Sen4 og Sen5 i 2018. I 2018 og 2019 blev markørerne anvendt på Danespos materiale, hvorved der blev fundet at koblingen mellem de genetiske markører og den biologiske brokresistens kunne forbedres. I 2020 modtog Danespo et sæt nye markører der er i tættere kobling med de nævnte resistensgener samt yderligere et resistensgen; Sen2. Danespo har efterfølgende påbegyndt arbejdet med at teste og implementere disse nye markører i forædlingen.

Projekts faglige forløb

Der findes to ret forskellige metoder til biologiske test af brokresistens:

Spieckerman-testen, der bruger en kompost med tørrede vintersporangier som inokulum og anvendes af HLB i Holland. Det hollandske projekt bruger denne metode.

Glynne-Lemmerzahn, der bruger frisk brokvæv med sommersporangier og anvendes af bl.a. IHAR i Polen, hvor knoldene fra dette projekt testes.

Spieckerman-testen er den mildeste og samtidig den, der er mest variabel og med flest fejlagtige resistensvurderinger.

Projektet har primært omhandlet undersøgelser af den genetiske baggrund for resistens imod brok af forskellige typer, for at finde gener der helt eller delvist giver resistens mod så mange typer af brok som muligt. Dette er blevet gjort dels ved brug af Bulk Segregant Analyse (BSA), dels ved identificering af cognate avirulens gener (Avr's) og karakterisering af demutationer der adskiller patotyperne og efterfølgende fin mapping af de tilsvarende R gener i en række kartoffelsorter.

Til BSA analysen blev Aventra krydset med 14 forskellige sorter, hvoraf nogle sorter havde komplementære gener for resistens mod brok race 6 og/eller race 18, andre ikke. Der blev valgt afkom fra de 6 forældre, der gav flest resistente for de to racer, nemlig 05-GQE-02, 04-GIV-03, 07-LJE-1, 93-CAQ-14, Rywal og Desiree. Afkommet blev delt i en resistent og en modtagelig gruppe (bulk) og sekventeret på AAU og resultaterne analyseret for at finde QTL regioner for brokresistens og i bedste fald SNP markører i potentielle R gener. Dette arbejde er sammenfattet i kandidatprojektet af Leivur Nattestad Lydersen: Genome sequencing and analysis of DNA from selected potato cultivars for the identification of resistance genes against potato wart disease. Master thesis, Aalborg University 2016.

Gennem analyse af patotypernes Avr gener blev der fundet potentielle KASP markører for i alt 5 forskellige R gener (Sen1, Sen3, Sen4 og Sen5), som blev testet dels hos Wageningen Universitet i Holland i et

Kartoffelafgiftsfonden

valideringspanel af navnesorter og vildarter og dels hos Danespo A/S, hvor markørerne blev anvendt på 93 forædlingskloner. I 2020 blev der udviklet nye og mere præcise flankerende markører for brokresistensgenerne Sen1, Sen2, Sen3, Sen4 og Sen5 som hver især bidrager med resistens mod en eller flere af broktyperne 1, 2, 6, 8 og 18, hvoraf type 8 og 18 er de mest relevante for dyrkning af kartofler i Danmark. Disse markører er nu under test og implementering i Danespo.

I 2020 har Danespo foretaget følgende aktiviteter i forbindelse med at få implementeret de fundne brokresistenser i forædlingsmaterialet:

- Foretaget biologisk test af brokresistens på 2685 forædlingskloner og potentielle nye sorter. Resultaterne af disse test foreligger senere på foråret, men resultaterne fra de biologiske test i 2019 kan ses i tabel 1.
- Lavet 8 forskellige krydsninger af brokresistente forældrekloner udvalgt gennem projektarbejdet med fokus på at kombinere to eller flere af de store resistensgener i samme sort og derved opnå en stærkere og mere stabil resistens. Heraf blev der dannet frø i 4 af krydsningerne (Tabel 2).
- Foretaget markforsøg af brokresistente forædlingskloner for at evaluere deres kvalitetsegenskaber (Tabel 3).
- Sået frø af krydsninger fra 2019 med henblik på at producere frøknolde til videre udvælgelse.
- Vedligeholdt sorter der udgør grundlæggende kilder til brokresistensgenerne.
- Opstartet test og implementering af de nye markører for brokresistensgener.

Opsummerende har der været gode resultater i projektet. Selvom den endelige implementering af markører for store R gener sker senere end forventet er der gode forventninger til markørernes brugbarhed i forædlingen og i stedet har der været fokus på at indarbejde arvemateriale fra de fundne kilder til brokresistens, således at dette arbejde allerede er langt i selektionsprocessen.

Tabel 1: Resultater af biologiske test foretaget i 2019. Karaktererne gives fra 1 (fuldt modtagelig) til 9 (fuldt resistent)

| SOR | Brok1 | Brok 6 | Brok 8 | Brok 18 |
|-----------|-------|--------|--------|---------|
| 15-NPD-2 | 9 | 8 | 9 | 3 |
| 15-NPD-3 | 9 | | | |
| 15-NPE-13 | 7 | | 3 | 2 |
| 15-NPE-15 | 8 | | | |
| 15-NPE-7 | 9 | | | 3 |
| 15-NPG-1 | 8 | | 7 | 1 |
| 166002 | | | 1 | 2 |
| 166036 | | | 3 | 3 |
| 166039 | | | 2 | 3 |
| 166040 | | | 1 | 4 |
| 166041 | 9 | 4 | 7 | 5 |
| 166048 | 8 | 2 | 1 | 3 |
| 166052 | 7 | 1 | 5 | 3 |
| 166056 | | | 7 | 1 |
| 166063 | | | 8 | 8 |
| 166067 | | | 6 | 3 |
| 166069 | 9 | 8 | 3 | 1 |
| 166075 | | | 4 | 5 |
| 166076 | | | 5 | 2 |
| 166078 | | | 3 | 4 |
| 166081 | | | 3 | 5 |
| 166082 | | | 3 | 1 |
| 166088 | 9 | 5 | 8 | 4 |
| 166091 | | | 1 | 1 |
| 166092 | | | 3 | 5 |
| 166101 | | | 3 | 2 |
| 166102 | | | 3 | 4 |
| 166105 | | | 3 | 1 |
| 166106 | 9 | 5 | 6 | 1 |
| 166110 | | | 3 | 7 |
| 166112 | | | 5 | 3 |
| 166116 | 5 | 1 | 4 | 4 |
| 166119 | | | 1 | 3 |
| 166123 | | | 1 | 4 |
| 166127 | | | 3 | 1 |
| 166128 | 9 | 6 | 5 | 8 |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| 166129 | 8 | 6 | 3 | 3 |
| 166130 | | | 1 | 3 |
| 166135 | 3 | 5 | 1 | 1 |
| 166138 | | | 2 | 2 |
| 166141 | 8 | 1 | 2 | 1 |
| 166143 | | | 3 | 4 |
| 166147 | | | 3 | 3 |
| 166148 | | | 2 | 2 |
| 166149 | | | 1 | 1 |
| 166170 | | | 7 | 3 |
| 176001 | 4 | | 4 | |
| 176003 | 2 | | 5 | |
| 176004 | 5 | | 4 | |
| 176008 | 8 | | 4 | |
| 176013 | 9 | | 7 | |
| 176021 | 8 | | 8 | |
| 176022 | 9 | | 5 | |
| 176025 | 7 | | 5 | |
| 176027 | 8 | | 3 | |
| 176028 | 8 | | 5 | |
| 176029 | 8 | | 5 | |
| 176033 | 6 | 6 | 3 | 3 |
| 176034 | 3 | | 2 | |
| 176035 | 8 | | 5 | |
| 176036 | 8 | | 6 | |
| 176037 | 8 | | 4 | |
| 176039 | 8 | | 4 | |
| 176040 | 9 | | 5 | |
| 176042 | 7 | | 5 | |
| 176043 | 8 | | 3 | |
| 176045 | 8 | | 5 | |
| 176046 | 3 | | 4 | |
| 176047 | 6 | | 3 | |
| 176048 | 8 | | 5 | |
| 176052 | 9 | | 3 | |
| 176055 | 8 | | 4 | |
| 176060 | 8 | | 4 | |
| 176061 | 7 | | 7 | |
| 176062 | 8 | | 6 | |
| 176063 | 8 | | 5 | |
| 176067 | 3 | | 4 | |
| 176069 | 5 | | 1 | |
| 176075 | 7 | | 4 | |
| 176080 | 5 | 2 | 5 | 1 |
| 176083 | 5 | | 4 | |
| 176086 | 8 | | 3 | |
| 176087 | 4 | | 2 | |
| 176089 | 8 | 5 | 5 | 4 |
| 176091 | 7 | | 3 | |
| 176092 | 4 | | 1 | |
| 176093 | 5 | | 5 | |
| 176095 | 5 | | 2 | |
| 176098 | 6 | | 5 | |
| 176099 | 6 | | 3 | |
| 176100 | 8 | | 5 | |
| 176101 | 5 | | 2 | |
| 176102 | 1 | | 2 | |
| 176106 | 5 | | 3 | |
| 176107 | 8 | 5 | 7 | 2 |
| 176108 | 7 | 5 | 8 | 8 |
| 176109 | 7 | | 5 | |
| 176110 | 5 | | 3 | |
| 176111 | 7 | | 3 | |
| 176116 | 8 | | 1 | |
| 176118 | 8 | | 5 | |
| 176125 | 9 | | 7 | |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| 176126 | 8 | | 1 | |
| 176128 | 8 | | 4 | |
| 176130 | 8 | | 4 | |
| 176133 | 6 | | 3 | |
| 176134 | 9 | | 1 | |
| 176135 | 3 | | 5 | |
| 176136 | 5 | | 2 | |
| 176137 | 3 | | 2 | |
| 176139 | 3 | | 1 | |
| 176143 | 8 | | 2 | |
| 176146 | 9 | | 3 | |
| 176151 | 9 | | 4 | |
| 176154 | 8 | | 3 | |
| 176155 | 8 | | 2 | |
| 176157 | 8 | | 3 | |
| 176160 | 8 | | 3 | |
| 176163 | 8 | | 2 | |
| 176165 | 8 | | 3 | |
| 176166 | 8 | | 5 | |
| 176167 | 8 | | 2 | |
| 176168 | 9 | | 3 | |
| 176201 | 8 | | 3 | |
| 176205 | 9 | | 4 | |
| 176206 | 1 | | 1 | |
| 176215 | 8 | | 5 | |
| 176216 | 8 | | 7 | |
| 176220 | 9 | | 5 | |
| 176230 | 9 | | 1 | |
| 176232 | 5 | | 5 | |
| 176238 | 8 | | 3 | |
| 176243 | 7 | | 3 | |
| 176244 | 8 | | 8 | |
| 176248 | 9 | | 6 | |
| 176250 | 9 | | 3 | |
| 176251 | 9 | | 7 | |
| 176253 | 1 | | 3 | |
| 176254 | 8 | | 6 | |
| 176255 | 9 | | 6 | |
| 176256 | 1 | 3 | 5 | 9 |
| 176257 | 7 | 3 | 7 | 3 |
| 176260 | 4 | | 3 | |
| 176267 | 6 | | 5 | |
| 176271 | 8 | | 3 | |
| 176273 | 5 | | 5 | |
| 176276 | 8 | | 7 | |
| 176279 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| 176280 | 5 | | 1 | |
| 176281 | 5 | | 4 | |
| 176282 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 176283 | 8 | | 4 | |
| 176284 | 5 | | 5 | |
| 176286 | 4 | | 4 | |
| 176288 | 4 | | 4 | |
| 176291 | 8 | | 4 | |
| 176292 | 9 | | 5 | |
| 176293 | 8 | | 5 | |
| 176298 | 8 | | 2 | |
| 176299 | 9 | | 3 | |
| 176300 | 8 | | 5 | |
| 176302 | 7 | | 4 | |
| 176304 | 8 | | 1 | |
| 176305 | 8 | | 5 | |
| 176306 | 8 | | 3 | |
| 176308 | 8 | | 4 | |
| 176310 | 8 | | 5 | |
| 176311 | 9 | | 2 | |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| 176313 | 8 | | 3 | |
| 176316 | 8 | | 3 | |
| 176322 | 8 | | 1 | |
| 176324 | 8 | | 3 | |
| 176325 | 9 | | 5 | |
| 176326 | 8 | | 4 | |
| 176328 | 8 | | 4 | |
| 176332 | 5 | | 3 | |
| 176333 | 9 | | 5 | |
| 176339 | 4 | | 5 | |
| 176340 | 8 | | 2 | |
| 176341 | 7 | | 4 | |
| 176342 | 8 | | 1 | |
| 176344 | 8 | | 2 | |
| 176345 | 3 | | 2 | |
| 176347 | 8 | | 3 | |
| 176358 | 9 | | 1 | |
| 176359 | 9 | 3 | 6 | 4 |
| 176360 | 6 | | 3 | |
| 176363 | 8 | | 7 | |
| 176365 | 8 | 3 | 3 | 1 |
| 176367 | 9 | | 3 | |

Tabel 2: Producerede frø i 2020

| Krydsningsår | Mor | Far | Frø høstet |
|--------------|-----------|-----------|------------|
| 2020 | 165434 | 14-NJB-4 | 150 |
| 2020 | 165435 | 166039 | 150 |
| 2020 | 165453 | 166039 | 200 |
| 2020 | 12-352-32 | 12-333-36 | 600 |

Table 3: Resultater af markforsøg 2020

| SOR | Generelt indtryk | Tørstof | Chipskvalitet | Kogetype | Estimeret udbytte (hKg/Ha) |
|-------------|------------------|---------|---------------|----------|----------------------------|
| 09-0-192-04 | 5 | 29 | 4 | 7 | 88 |
| 15-NPD-2 | 5 | 25 | | | 663 |
| 15-NPD-3 | 5 | 27 | | | 621 |
| 15-NPE-13 | 7 | 27 | 7 | | 659 |
| 15-NPE-15 | 7 | 25 | | | 687 |
| 15-NPE-7 | 6 | 28 | 4 | | 655 |
| 161834 | 5 | 23 | | | 677 |
| 161843 | 6 | 21 | | 6 | 523 |
| 161954 | 5 | 22 | | 6,5 | 457 |
| 161973 | 7 | 20 | | 6,5 | 626 |
| 162016 | 6 | 24 | 6 | 4 | 672 |
| 162029 | 7 | 22 | | 6 | 632 |
| 162044 | 5 | 21 | | | 686 |
| 162076 | 5 | 22 | | | 403 |
| 166002 | 5 | 28 | | | 539 |
| 166036 | 7 | 28 | | | 552 |
| 166039 | 6 | 26 | 2 | | 680 |
| 166040 | 5 | 24 | | | 467 |
| 166041 | 6 | 26 | 4 | | 743 |
| 166048 | 5 | 23 | | | 461 |
| 166052 | 8 | 25 | | | 725 |
| 166056 | 6 | 24 | 4 | | 600 |
| 166063 | 6 | 25 | 4 | | 470 |
| 166067 | 5 | 27 | | | 643 |
| 166069 | 6 | 26 | | | 523 |
| 166075 | 5 | 23 | | | 765 |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | |
|--------|---|----|-----|-----|
| 166076 | 5 | 21 | | 702 |
| 166078 | 6 | 27 | 6 | 509 |
| 166081 | 6 | 31 | 4 | 599 |
| 166082 | 5 | 28 | | 651 |
| 166088 | 7 | 26 | 5 | 628 |
| 166091 | 5 | 27 | | 584 |
| 166092 | 5 | 26 | | 360 |
| 166101 | 6 | 26 | | 638 |
| 166102 | 5 | 26 | | 532 |
| 166105 | 6 | 26 | 2 | 609 |
| 166106 | 6 | 26 | | 673 |
| 166110 | 6 | 28 | | 475 |
| 166112 | 5 | 26 | | 494 |
| 166116 | 5 | 25 | | 748 |
| 166119 | 7 | 26 | 4 | 738 |
| 166123 | 5 | 25 | | 751 |
| 166127 | 6 | 28 | | 714 |
| 166128 | 5 | 24 | | 655 |
| 166129 | 6 | 26 | | 568 |
| 166130 | 5 | 25 | | 446 |
| 166135 | 6 | 28 | | 645 |
| 166141 | 6 | 25 | 2 | 576 |
| 166143 | 7 | 26 | 2 | 676 |
| 166147 | 5 | 26 | | 562 |
| 166148 | 5 | 27 | | 574 |
| 166149 | 6 | 27 | 2 | 609 |
| 166170 | 5 | 26 | | 536 |
| 166172 | 7 | 28 | 4 | 633 |
| 176001 | 5 | 27 | | 366 |
| 176003 | 5 | 29 | | 701 |
| 176004 | 6 | 26 | 5,5 | 472 |
| 176008 | 5 | 26 | | 614 |
| 176013 | 5 | 27 | | 617 |
| 176022 | 5 | 25 | 6 | 560 |
| 176025 | 6 | 26 | 5 | 633 |
| 176027 | 5 | 25 | 9 | 596 |
| 176029 | 5 | 25 | 9 | 544 |
| 176033 | 6 | 24 | | 753 |
| 176036 | 7 | 25 | 5 | 792 |
| 176043 | 5 | 24 | 9 | 606 |
| 176045 | 6 | 25 | 7 | 662 |
| 176046 | 5 | 24 | | 745 |
| 176047 | 6 | 25 | 6 | 555 |
| 176048 | 6 | 24 | 5 | 895 |
| 176052 | 7 | 24 | 6 | 652 |
| 176067 | 5 | 25 | | 780 |
| 176075 | 6 | 27 | | 661 |
| 176080 | 6 | 26 | | 759 |
| 176083 | 6 | 27 | 4 | 728 |
| 176086 | 7 | 25 | | 927 |
| 176089 | 6 | 25 | 4 | 972 |
| 176091 | 5 | 26 | 7 | 545 |
| 176092 | 5 | 26 | | 626 |
| 176093 | 5 | 26 | | 726 |
| 176095 | 5 | 30 | | 414 |
| 176098 | 6 | 28 | | 950 |
| 176099 | 5 | 27 | | 575 |
| 176100 | 5 | 29 | | 576 |
| 176101 | 8 | 24 | | 695 |
| 176102 | 5 | 26 | | 595 |
| 176107 | 6 | 29 | 5 | 639 |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | | |
|--------|---|----|-----|---|-----|
| 176108 | 6 | 28 | 8 | | 713 |
| 176109 | 7 | 26 | | | 674 |
| 176110 | 7 | 27 | | | 692 |
| 176111 | 5 | 28 | 6 | | 602 |
| 176133 | 5 | 22 | | | 683 |
| 176134 | 6 | 24 | 5 | | 700 |
| 176135 | 5 | 23 | 8 | | 733 |
| 176136 | 5 | 23 | 6 | | 565 |
| 176137 | 5 | 24 | | | 666 |
| 176151 | 7 | 26 | | | 689 |
| 176163 | 5 | 26 | 6 | | 687 |
| 176166 | 6 | 24 | 5,5 | | 652 |
| 176168 | 6 | 23 | | | 813 |
| 176201 | 6 | 23 | | | 811 |
| 176205 | 6 | 25 | | | 782 |
| 176206 | 5 | 23 | 2 | | 724 |
| 176215 | 8 | 24 | | | 710 |
| 176250 | 7 | 27 | | | 814 |
| 176251 | 6 | 25 | | | 844 |
| 176254 | 6 | 26 | 6 | | 669 |
| 176256 | 6 | 27 | | | 631 |
| 176267 | 6 | 25 | | | 685 |
| 176279 | 6 | 27 | | | 717 |
| 176282 | 5 | 28 | | | 432 |
| 176283 | 6 | 26 | | | 729 |
| 176284 | 5 | 29 | | | 566 |
| 176286 | 5 | 29 | | | 503 |
| 176288 | 6 | 24 | | | 794 |
| 176298 | 5 | 25 | | | 503 |
| 176300 | 6 | 22 | | | 803 |
| 176306 | 6 | 26 | 6,5 | | 817 |
| 176310 | 6 | 26 | 3 | | 659 |
| 176328 | 5 | 25 | 9 | | 653 |
| 176339 | 5 | 26 | | | 720 |
| 176340 | 5 | 25 | 4 | | 689 |
| 176342 | 5 | 27 | | | 632 |
| 176344 | 5 | 26 | | | 589 |
| 176345 | 5 | 24 | | | 673 |
| 176347 | 5 | 25 | | | 535 |
| 176358 | 5 | 26 | | | 695 |
| 176359 | 5 | 24 | 2 | | 668 |
| 176363 | 5 | 25 | | | 561 |
| 176365 | 5 | 27 | | | 660 |
| 181850 | | 18 | | | |
| 181851 | | 21 | | | |
| 181853 | | 18 | | | |
| 181859 | 6 | 21 | | 6 | |
| 181867 | 6 | 18 | | 7 | |
| 181868 | 6 | 19 | | 6 | |
| 181870 | 6 | 19 | | 7 | |
| 181889 | 7 | 20 | | | |
| 181893 | 7 | 17 | | 8 | |
| 181897 | 7 | 17 | | | |
| 181898 | 7 | 21 | | | |
| 181901 | 7 | 20 | | | |
| 181916 | 6 | 20 | | 7 | |
| 181918 | 6 | 18 | | 7 | |
| 181919 | 6 | 21 | | 8 | |
| 181922 | 7 | 17 | | 6 | |
| 181923 | 6 | 22 | | 6 | |
| 181930 | 7 | 23 | | | |

Kartoffelafgiftsfonden

| | | | | | |
|--------|---|----|---|---|--|
| 181931 | 5 | 20 | | 6 | |
| 181936 | 5 | 21 | | 6 | |
| 181937 | 6 | 21 | | 8 | |
| 181938 | 5 | 20 | | 6 | |
| 181946 | 7 | 25 | 6 | | |
| 181948 | 7 | 27 | 8 | 7 | |
| 181949 | 7 | 24 | | | |
| 181950 | 7 | 24 | | | |
| 181952 | 7 | 26 | 6 | | |
| 181957 | 7 | 25 | | | |
| 181965 | 7 | 25 | | | |

Offentliggørelser vedrørende projektet.

Ud over KAF rapporten formidler Danespo viden om de resistente sorter der kommer ud af projektet på avlermøder og lignende. Samarbejdet med Universiteterne er resulteret i:

- kandidatprojektet af Leivur Nattestad Lydersen: Genome sequencing and analysis of DNA from selected potato cultivars for the identification of resistance genes against potato wart disease. Master thesis, Aalborg University 2016.
- PhD afhandlingen af Charlotte Prodhomme: Warts Wars – The Resistant Potatoes Strike Back, Wageningen University 2020.
- Bart T. L. H. van de Vossen, Balázs Brankovics, Hai D. T. Nguyen, Marga P. E. van Gent-Pelzer, Donna Smith, Kasia Dadej, Jarosław Przetakiewicz, Jan F. Kreuze, Margriet Boerma, Gerard C. M. van Leeuwen, C. André Lévesque and Theo A. J. van der Lee (2018) The linear mitochondrial genome of the quarantine chytrid *Synchytrium endobioticum*; insights into the evolution and recent history of an obligate biotrophic plant pathogen. BMC Evolutionary Biology 18:136 <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1246-6>
- Genomic studies of *Synchytrium endobioticum*, the potato wart pathogen, in the context of chytrid fungi reveal insight into its obligate biotrophic lifestyle (submitted)
- B.T.L.H. van de Vossen, S. Warris, H.D.T. Nguyen, M. van Gent-Pelzer, D. Joly, H.C. van de Geest, P. Bonants, D.S. Smith, C.A. Lévesque, T.A.J. van der Lee B.T.L.H. van de Vossen, M. Boerma, L.P. van der Gouw, T.A.J. van der Lee, J.H. Vossen (2018) An alternative bioassay for *Synchytrium endobioticum* demonstrates the expression of potato wart resistance in aboveground plant parts. Under review, Phytopathology
- Charlotte Prodhomme, Danny Esselink, Theo Borm, Richard G. F. Visser Herman J. van Eck, Jack H. Vossen. Comparative Subreads Sets Analysis (CoSSA) is a robust approach to identify haplotype specific SNPs; Mapping and pedigree analysis of the potato wart disease resistance gene Sen3. Under review, plant Methods