

Titel

Optimeret grundgødskning af kartofler 2022



Projektansvarlig og deltagere

Henrik Pedersen og Claus Nielsen
AKV Langholt AMBA
Gravsholtvej 92
9310 Vodskov

Resume

Optimeret grundgødskning af kartofler 2022

Projekt støttet af kartoffelafgiftsfonden

Projektets formål er at optimere udbytte og gødningsomkostninger i kartoffelavl –

- Undersøgelse af behov og tildelingstidspunkt for kali
- Belysning af behov for svovl –
- Påvisning af skadevirkning fra klor –
- Afprøvning af forbedret tildelingsteknik for kvælstof

- Projektet udføres i samarbejde med KMC.
-
- Ved afslutning af projekt vil resultater blive offentliggjort på AKVs hjemmeside, hos Seges på "Landbrugesinfo – landsforsøg 2022, samt Kartoffelafgiftsfonden.
-
- Resultater stilles gratis til rådighed for alle parter og øvrige interesserede.
-

Afreportering

Forsøgsbeskrivelse og resultater fremgår af de følgende sider, som er uddrag fra "beretning over Landsforsøg 2022".

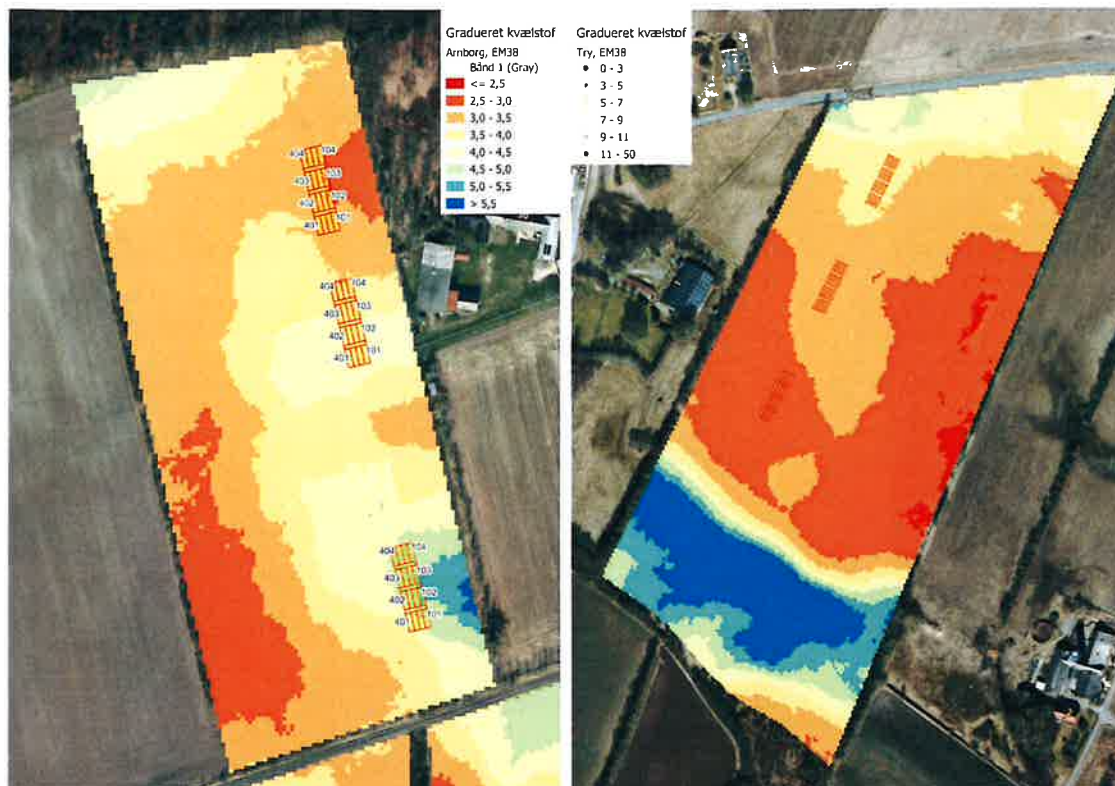
vintersæd er udbredt praksis mange steder. Kvælstoffet gradueres ud fra modeller bl.a. baseret på landsforsøg, idet der ud fra forsøgene er fundet god relation mellem afgrødens biomasse og kvælstofbehovet. Der findes endnu intet forsøgsgrundlag til at udarbejde modeller til graduering af kvælstof til kartofler. Kartofflers vækstform er så forskellig fra korns, at modellerne for korn ikke kan tilpasses til kartofler. Der er derfor brug for et specifikt forsøgsgrundlag, hvis der skal udarbejdes tildelingsmodeller til kartofler.

Derfor blev der i 2020 iværksat en forsøgsserie i stivelseskartofler, hvor formålet var at fastsætte kvælstofbehovet forskellige steder i marker, som har en stor variation i jordbunden. Områderne karakteriseres med jordprøver og måling med EM-38. EM-38-værdien er normalt godt korreleret til jordens indhold af ler og humus. Gennem vækstsæsonen blev afgrødens biomasse målt i form af biomasseindekset NDRE målt fra drone flere gange.

Forsøg med gradueret tilførsel af kvælstof til stivelseskartofler

Udstyr til graduering af gødning er efterhånden almindelig på mange bedrifter, og graduering af kvælstof til især

I 2020 blev der gennemført to forsøg i henholdsvis Dronninglund og Arnborg. Disse forsøg blev anlagt med led med stigende mængder kvælstof med henholdsvis 13 og



FIGUR 7. Kortene viser resultatet af EM-38 målingerne på de to forsøgsarealer i det tidlige forår 2022. Arnborg til venstre og Dronninglund til højre. På kortene er markeret, hvor de tre individuelle kvælstofforsøg er placeret i områder med henholdsvis lav, middel og høj EM-38-værdi. På begge arealer har variationen i EM-38 imidlertid været beskeden.

20 gentagelser i hele markens længde. Udbyttevariationer og optimale kvælstofmængder kan derved måles og forsøges korreleret med bl.a. EM-38 og biomasse. Resultaterne viste, at der var positiv korrelation mellem EM-38 og udbyttet og mellem NDRE og udbyttet, men da korrelationerne var de samme ved alle kvælstofniveauer, kan hverken EM-38 eller NDRE umiddelbart anvendes som grundlag for graduering af kvælstof.

I 2021 og 2022 har der været gennemført forsøg på yderligere i alt fire marker ved Dronninglund og Arnborg, men efter et andet forsøgsdesign. En mark med formodet stor variation i jordbunden er blevet opmålt med EM-38, og der har været anlagt tre selvstændige forsøg i marken i områder med henholdsvis lave, mellem og høje EM-38-værdier. I alt er der derfor udført seks forsøg om året. Hvert forsøg har været anlagt med fire kvælstofniveauer og fire gentagelser. Forsøgsarealerne er blevet karakteriseret med jordprøver, og afgrødens biomasse er blevet målt fra drone tre gange i løbet af vækstsæsonen i form af biomasseindekset NDRE.

Jordprøver og EM-38-værdier for begge forsøg i 2022 viser, at der kun er mindre forskelle i jordens ler- og humusindhold. De optimale kvælstofmængder er i begge forsøg usikkert bestemt, fordi kvælstofresponsen ikke har været jævn. De relativt beskedne forskelle i EM-38-værdierne er det ikke muligt at anvende som grundlag for graduering af kvælstof.

Der er målt nitratindehold i bladstængler syv gange i løbet af vækstsæsonen. Måleresultaterne kan ikke umiddelbart relateres til forskelle i jordbundsforhold eller kvælstofbehov.

Der er kun meget små forskelle mellem NDRE i de tre områder (tabel 9), og umiddelbart kan NDRE derfor ikke anvendes som grundlag for graduering af kvælstof til stivelseskartofler.

Konklusion på tre års forsøg

Forsøg med gradueret tilførsel af kvælstof på i alt seks marker i 2020-2022 viser, at den målte variation i jord-

TABEL 9. Graderet kvælstof til stivelseskartofler. (Q12, Q13)

Stivelseskartofler	Jordprøve				NDRE sidst i juli ved 0 kg N pr. ha	Økonomisk optimal kg N pr. ha	Udb. ved optimum, hkg stivelse pr. ha	
	EM-38 ¹⁾	humus, pct.	ler, pct.	JB				
<i>Dronninglund</i>								
Forsøg 1	Område med lav EM-38	3,5	1,8	3,3	2	0,40	221	100
Forsøg 2	Område med mellem EM-38	4,3	1,8	3,4	2	0,40	243	120
Forsøg 3	Område med høj EM-38	5,3	2,8	4,6	2	0,43	223	122
<i>Arnborg</i>								
Forsøg 1	Område med lav EM-38	3,1	4,5	3,5	1	0,44	218	150
Forsøg 2	Område med mellem EM-38	4,1	5,0	3,0	1	0,44	205	153
Forsøg 3	Område med høj EM-38	4,6	3,8	2,6	1	0,44	154	115

¹⁾ Målt med slæde i marken i det tidlige forår.

bund og afgrøde ikke har været så stor som forventet. Derfor har det været vanskeligt at relatere forskelle i kvælstofbehov til de målte forskelle, og derfor kan der ikke opstilles pålidelige modeller for omfordeling af kvælstof ud fra resultaterne. På ét forsøgsareal i 2021 var der tendens til, at der var sammenhæng mellem jordens EM-38-værdi og kvælstofbehovet, således, at der var lavest behov i området med de højeste EM-38 værdier.

Kalium til stivelseskartofler

De senere år har det været diskuteret, om normerne for tilførsel af kalium til stivelseskartofler stadig er retvisende, da forsøgsgrundlaget efterhånden er af ældre dato. I 2019 blev derfor påbegyndt en forsøgsserie, hvor behovet for kalium bestemmes. I 2022 har der været gennemført to forsøg efter en forsøgsplan med tilførsel af stigende mængder kalium i protamylasse. Designet af forsøgene har gjort det muligt at beregne den økonomisk optimale kaliummængde. Kvælstof, fosfor og magnesium er blevet afstemt til samme niveau i alle forsøgsled. Resultatet kan ses i tabel 10.

Responserne for kalium er generelt ujævn, og derfor er det optimale kaliumbehov usikkert bestemt. Behovene har været 173 og 216 kg kalium pr. ha ved en kaliumpris i protamylasse på 6 kr. pr. kg. Regnes der i stedet med en højere kaliumpris i kaliumsulfat (10 kr. pr. kg kalium), er den optimale kaliummængde ca. 10 kg pr. ha lavere.

Der er blevet udtaget bladprøver til bestemmelse af kaliumindholdet i tørstof i begyndelsen af juli, og der har været en klar effekt af stigende mængder kalium op til 225 kg kalium pr. ha.

I de ni forsøg, som er gennemført i 2019-2022 og i yderligere to forsøg fra 2014, hvor der har kunnet beregnes

et kaliumoptimum, er der en gennemsnitlig optimal kaliummængde på 152 kg kalium pr. ha (64-230 kg) ved en kaliumpris på 6 kr. pr. kg kalium. Der er en fin sammenhæng mellem optimal kaliummængde og kaliumtallet, idet den optimale mængde falder ved stigende kaliumtallet (se figur 8). Regressionen viser, at kaliumbehovet falder med 20 kg kalium pr. ha, hver gang kaliumtallet stiger med 1 enhed.

I forsøgsled 5 og 6 er der tildelt kalium som delt gødskning med 100 kg kalium pr. ha ved lægning og supplerende kalium i juli til august. I led 5 er der tildelt 50 kg kalium pr. ha i juli i kaliumsulfat, og den ekstra tilførsel



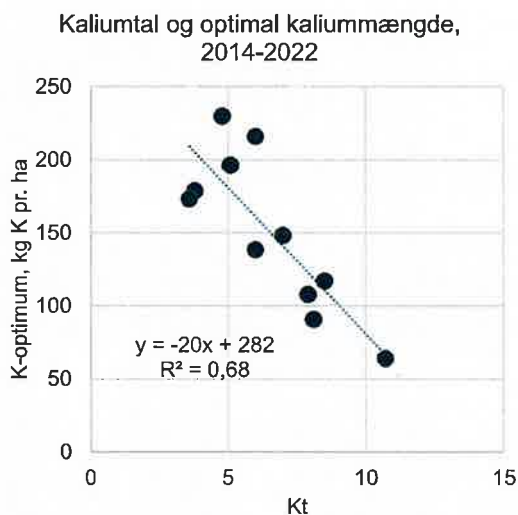
FOTO: LARS BØDKER, SEGES INNOVATION
Kraftige mangelsymptomer på kalium i stivelseskartofler.

TABEL 10. Kalium i protamylasse til stivelseskartofler. (Q14)

Stivelses- kartofler	Udbringnings- metode	Bladanalyse, beg. juli, % i tørstof			Stivelse, pct.	Udb. og merudb. pr. ha		
		K	Mg	Ca		hkg knolde	hkg stivelse	netto ¹⁾ , kr.
2022. 2 forsøg, Kt 3,6-6,0								
1. 0 kg K	-	1,8	0,5	1,4	22,8	405	92	32.354
2. 100 kg K i Protamylasse	Slangeudlagt	2,4	0,4	1,2	23,2	129	30	10.072
3. 150 kg K i Protamylasse	Slangeudlagt	2,7	0,4	1,1	22,8	129	28	8.939
4. 225 kg K i Protamylasse	Slangeudlagt	3,0	0,5	1,1	22,6	161	34	10.596
5. 100 kg K i Protamylasse + 50 kg K i kaliumsulfat	Slangeudlagt Bredspredt, beg. juli	-	-	-	23,3	166	40	12.715
6. 100 kg K i Protamylasse + 3 x 5 kg K i Flex Foliar NK 2-10	Slangeudlagt Blådgødsning ²⁾	-	-	-	23,1	109	25	7.930
LSD					ns	32	10	

¹⁾ Nettoudbyttet er baseret på en stivelsespris på 3,50 kr. pr. kg, 6 kr. pr. kg kalium i Protamylasse udbragt på marken, 10 kr. pr. kg kalium i kaliumsulfat, 22 kr. pr. kg kalium i Flex Foliar Blådkali NK 2-10 og 80 kr. pr. hektar for udbringning af fast gødning i led 5.

²⁾ Blådgødsning 13. juli til 10. august



FIGUR 8. Beregnet kaliumoptimum som funktion af kaliumtallet for 11 forsøg gennemført i 2014-2022.

har i begge forsøg resulteret i et betydeligt merudbytte, som dog lige nøjagtig ikke er signifikant. Et tilsvarende merudbytte blev ikke set i to forsøg med delt kaliumtilførsel i 2014. I led 6 er der tilført i alt 15 kg kalium som blådgødsning, men det har ikke påvirket udbyttet signifikant.

Skadevirkning af klor i stivelseskartofler

I mange biogasanlæg anvendes jernklorid (FeCl₃) til at fælde svovl og dermed begrænse svovlkoncentrationen. Forbruget af jernklorid varierer mellem forskellige biogasanlæg og afhænger af mængden af svovlholdige produkter inklusiv almindelig gylle, som køres i biogasanlæggene. Der er eksempler på, at afgasset gylle kan

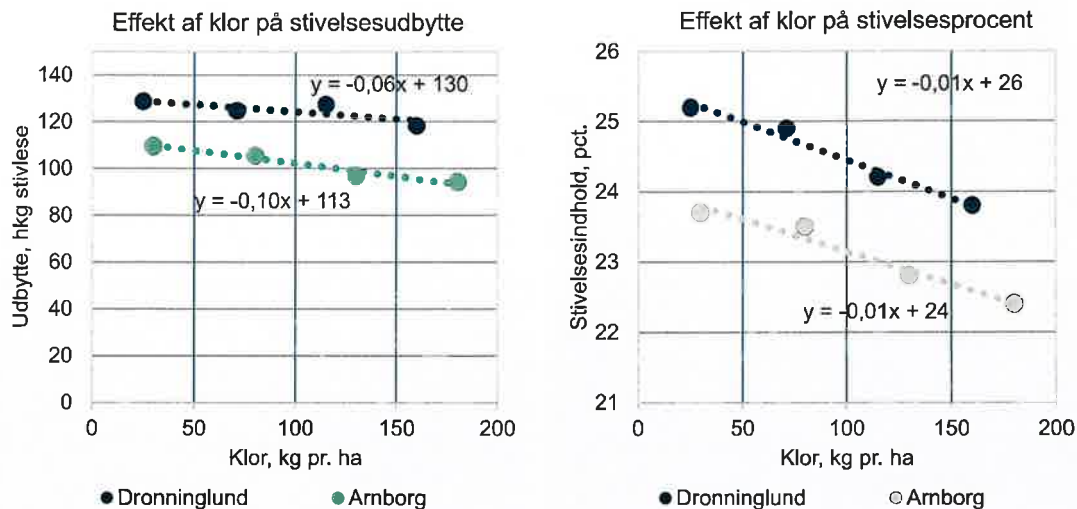
TABEL 11. Effekten af klor på indhold af stivelse (procent) og stivelsesudbyttet i kartofler. (Q15, Q16)

Stivelses- kartofler	Klor, kg. pr. ha	Stivelse, pct.	Udb. og merudb. pr. ha		
			hkg knolde	hkg stivelse	rel.
2022. 1 forsøg Dronninglund					
1.	25	25,2	510	129	100
2.	71	24,9	-9	-4	97
3.	115	24,2	16	-1	99
4.	160	23,8	-12	-10	92
LSD		0,6	ns	5	
2022. 1 forsøg Arnborg					
1.	30	23,7	463	110	100
2.	80	23,5	-13	-4	96
3.	130	22,8	-38	-12	89
4.	180	22,4	-41	-15	86
LSD		0,6	ns	9	

indeholde 4-5 kg klorid pr. ton, hvilket indebærer, at der tilsættes 120-150 kg klor pr. ha ved brug af 30 tons afgasset gylle pr. ha.

Det er kendt fra ældre undersøgelser, at der er en lineær sammenhæng mellem tilførslen af klor og tørstofindholdet i kartofler, men disse undersøgelser er primært udført ved brug af handelsgødning i gamle og udgåede sorter samt ved lave udbytteneauer. Emnet er derfor igen blevet aktuelt med indførelse af nye og mere højt-tydende sorter samt ved brug af sammensatte organiske gødninger (specielt biogasgylle).

Der er anlagt forsøg for at kvantificere skadevirkningen af klor, for derved at kunne vurdere, hvilke typer af organiske gødninger og husdyrgødning, der er egnet til kartoffelavl. Forsøgene har været udført på to lokaliteter. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 11.



FIGUR 9. Effekten af klor på henholdsvis stivelsesindhold og -udbytte ved Arnborg og Dronninglund.

Alle led er grundgødsket med ens mængde N, P, K og Mg. Gødningen er givet i form af protamylasse/K2, triplesuperfosfat, magnesiumsulfat og magnesiumklorid, NS 27-4 og Kali 50/Kali 49. Kaliumtilførslen er tilpasset Kt på de to forsøgssteder. Led 1 er gødet til kalinorm med protamylasse/K2, hvilket indebærer, at der er tilsat henholdsvis 25 og 30 kg klor i Dronninglund og Arnborg. De øvrige led er reduceret i mængden af protamylasse/K2 og suppleret med magnesiumklorid og kaliumklorid 50, så det er muligt i led 2-4 at tildele en stigende mængde klor.

Resultaterne i tabel 11 og figur 9 viser en lineær negativ sammenhæng mellem mængden af klor og stivelsesudbyttet på begge lokaliteter. Stivelsesudbyttet reduceres primært som følge af en reduktion i indholdet af stivelse i knoldene (stivelsesprocenten). Selvom der også sker et mindre fald i knoldudbyttet, er der ingen sikker sammenhæng mellem tildeling af klor og knoldudbyttet. De to forsøg giver meget ensartede resultater og bekræfter den gamle tommelfingerregel, som siger, "at tilsætning af 100 kg klor pr. ha resulterer i et fald i stivelsesprocent på én procent". Ved et udbyttensniveau på 500 hkg knolde vil et faldt fra f.eks. 20 til 19 procent stivelse koste 1.750 kr. pr. ha ved en stivelsespris på kr. 3,50 pr. kg stivelse. Både afgasset gylle og almindelig gylle er et meget varierende produkt, og der kan være andre faktorer som f.eks. årstidsvariationer, kvælstofsammensætning og tidspunkt for omdannelse af kvælstof, som kan have indflydelse, så forsøgene understreger vigtigheden af

at foretage næringsstofanalyser af alle typer organiske gødninger inklusive klor, inden de anvendes til kartofler.

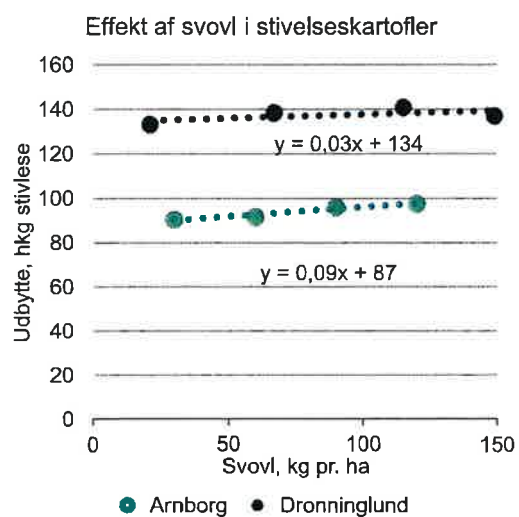
Effekt af svovl til stivelseskartofler

Svovl er et makronæringsstof, som primært indgår i proteinsyntesen. Svovltilførslen til kartofler er kraftigt reduceret som følge af effektiv rensning af røggassen fra kraftværker, reduceret brug af svovlholdigt patentkali samt udbredt anvendelse af svovlfattig protamylasse. Der er derfor i 2022 anlagt to forsøg, for at klarlægge, om der er behov for ekstra tilførsel af svovl til svovlfattige basisgødninger til brug i stivelseskartofler. Det ene forsøg er anlagt ved Arnborg (JB 1) og det andet ved Dronninglund (JB 2). I forsøgene udbringes stigende mængder svovl. Der anvendes protamylasse som grundgødskning, idet protamylasse er den eneste kartoffelgødning med lavt svovlindhold. Øvrige makronæringsstoffer afstemmes, så der tilføres ens mængde i alle behandlinger. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 12 og figur 10.

I forsøgene er der som gennemsnit af de to forsøg ingen sikker effekt på stivelsesudbyttet ved øget tildeling af svovl (tabel 12). I enkeltforsøgene ses en tendens til stigende udbytte med stigende mængde svovl (figur 10). Der er et sikkert større knoldudbytte i Dronninglund ved tilførsel af 67-115 kg svovl pr. ha. I forsøget i Arnborg er der ingen sikker påvirkning af udbyttet, men en sikker stigning i stivelsesprocenten ved tilførsel af 90 kg svovl pr. ha. Det er ikke muligt på baggrund af forsøgene i 2022 at konkludere på behovet for ekstra svovl, men for-

TABEL 12. Effekt af svovl til stivelseskartofler. (Q17)

Stivelses- kartofler	Svovl, kg. pr. ha		Stivelse, pct.		Udb. og merudb. hkg knolde pr. ha		Udb. og merudb. hkg stivelse pr. ha	
	Arnborg	Dronninglund	Arnborg	Dronninglund	Arnborg	Dronninglund	Arnborg	Dronninglund
2022. 2 forsøg								
1.	30	21	23,3	25,4	388	524	90	133
2.	60	67	23,2	24,9	8	34	1	5
3.	90	115	23,8	24,9	15	44	6	8
4.	120	149	23,8	25,5	21	14	7	4
LSD			0,2	ns	ns	23	ns	ns



FIGUR 10. Effekten af svovl stivelsesudbyttet ved henholdsvis Arnborg og Dronninglund.

søgene bekræfter formodningen om, at der skal tilsættes ekstra svovl, når der anvendes grundgødninger med lavt svovlindhold. Forsøgene fortsætter i 2023.