

LANDSFORSØGENE 2022

Forsøg og undersøgelser i
Dansk Landbrugsrådgivning

Samlet og udarbejdet af
SEGES Innovation P/S, Planter & Miljø
ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen

Aktiviteterne er blandt andet støttet af:

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Fonden for **økologisk landbrug**

Kartoffelafgiftsfonden

Frøafgiftsfonden



LANDSFORSØGENE 2022

Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning

LANDSFORSØGENE 2022 er samlet og udarbejdet af SEGES Innovation P/S, Planter & Miljø ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen.

Udgivet

December 2022

Trykkeri

Stibo Complete

Udgiver

SEGES Innovation P/S

Planter & Miljø

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

T +45 8740 5000

E info@seges.dk

Omslag

Foto: Torkild Birkmose, SEGES Innovation. Billedet viser måling af emission af ammoniak i forbindelse med udbringning af gylle til græs.

Køb

Bogen kan købes i SEGES Netbutik: www.netbutikken.seges.dk.

Pdf-udgaven af bogen samt tabeller og figurer i bogen kan hentes på www.landbrugsinfo.dk/oversigten.

Resultaterne i bogen kan frit gengives med tydelig kildeangivelse inkl. side-tal. F.eks. „Kilde: Landsforsøgene 2022, tabel xx, side yy.“

ISBN 978-87-93051-11-9

ISSN 0900-5293

Fosfor

> CAMILLA LEMMING, SEGES INNOVATION

Fosfor til vårbyg på særlige arealer

Tidligere års forsøgsresultater i både vårbyg og vinterhvede har vist, at nogle arealer giver kraftig udbytterespons for tildeling af fosfor på trods af høje fosfortal i pløjelaget. På disse arealer vil der være en risiko for overset fosformangel, da man ikke ud fra fosfortallet alene vil opdage behovet for fosfor. Fra 2020 til 2022 er gennemført i alt 32 forsøg, heraf 12 i 2022, med fosfor til vårbyg. Formålet med forsøgene er at undersøge, hvilke forhold, der gør sig gældende på disse arealer, så det fremadrettet vil være nemmere at identificere arealer med risiko for overset fosformangel. Forsøgene er udført i samarbejde med Aarhus Universitet, som har lavet en række mere detaljerede jordundersøgelser og -analyser. Resultaterne heraf afrapporteres i en særskilt rapport.

Alle 32 forsøg har været anlagt på særligt udvalgte arealer og mange af dem tæt på marker, hvor tidligere forsøg har vist stort respons for fosfor på trods af høje fosfortal. Således har størstedelen af forsøgene, i alt 26, ligget i georegion Nordjylland, som dækker et område nord for Limfjorden svarende til egnsdelene Vendsyssel og Han Herred. Et enkelt forsøg har ligget i georegion Himmerland og seks forsøg i georegion Vestjylland, som dækker hele det sydvestlige Jylland. Alle forsøg i georegion Nordjylland og Himmerland har været placeret på finsandede

jorde, med undtagelse af to forsøg, som har været placeret på lerjord. I georegion Vestjylland har fem forsøg været placeret på grovsand og et på finsand.

Forsøgene har været gennemført med fem forskellige doseringer af fosfor tilført i form af placeret tripelsuperfosfat (TSP). Forsøgsbehandlinger fremgår af tabel 27. Som gennemsnit af de 12 forsøg i 2022 er der opnået et merudbytte på 3,1 hkg pr. ha for placering af 60 kg fosfor pr. ha. Det gennemsnitlige merudbytte dækker over en meget stor variation fra et stort merudbytte på 15 hkg pr. ha til et signifikant udbyttetab på 6 hkg pr. ha for placering af 60 kg fosfor pr. ha. Der er i tre forsøg i 2022 opnået signifikant udbyttenedgang ved at øge fosfortildelingen fra 30 kg fosfor pr. ha til 60 kg fosfor pr. ha. I ét af de tre forsøg er observeret hæmmet fremspiring i leddet med 60 kg fosfor pr. ha. Årsagen til udbyttenedgangen kunne således være en saltskade, selvom dette normalt ikke forventes ved almindelig placering af tripelsuperfosfat.

I gennemsnit af alle 32 forsøg fra 2020 til 2022 er opnået et merudbytte på 4,6 hkg pr. ha for placering af 60 kg fosfor pr. ha. Se tabel 27. Merudbyttet er stigende med stigende fosfortildeling og er signifikant allerede ved 7,5 kg fosfor pr. ha. I figur 19 er vist merudbyttet for 60 kg fosfor pr. ha for alle enkeltforsøgene, og i tabel 28 er resultaterne opdelt på henholdsvis år, jordart og georegion. Opdelingen på år viser, at det gennemsnitlige merudbytte var størst i 2020 og mindst i 2022. Forskellene

TABEL 27. Fosfor til vårbyg på særlige arealer. (N34, N35)

Vårbyg	Pct. P i blad, st. 11-21	Antal sideskud pr. plante, st. 30-31 ²⁾	P i kerne i pct. af tørstof	Pct. vand i kerne	Pct. råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte og merubb., hkg kerne pr. ha	Nettomerubb., hkg kerne pr. ha ³⁾
<i>2022. 12 forsøg</i>								
1. Ingen P	0,36	2,7	0,32	15,4	10,8	92	62,9 c	-
2. 7,5 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,33	15,3	10,9	94	1,1 bc	0,7
3. 15 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,32	15,3	10,7	95	2,4 ab	1,6
4. 30 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,32	15,2	10,7	96	3,5 a	1,9
5. 60 kg P i TSP ¹⁾	0,39	3,2	0,33	15,2	10,7	96	3,1 a	-0,1
LSD						2	1,3	
<i>2020-2022. 32 forsøg</i>								
1. Ingen P	0,34	2,5	0,31	16,1	11,0	90	60,5 d	-
2. 7,5 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,32	16,0	11,0	92	1,3 c	0,9
3. 15 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,32	15,9	10,9	93	2,6 b	1,8
4. 30 kg P i TSP ¹⁾	-	-	0,31	15,8	10,9	95	3,8 a	2,2
5. 60 kg P i TSP ¹⁾	0,41	3,1	0,32	15,7	10,8	96	4,6 a	1,4
LSD						1	0,8	

¹⁾ Tripelsuperfosfat, placeret ved såning.

²⁾ Optalt som gennemsnit af 20 planter i en parcel.

³⁾ Omkostningen til fosfor er sat til 16 kr. pr. kg fosfor, og prisen på vårbyg er sat til 300 kr. pr. hkg. Omkostning til udbringning er ikke medtaget, da fosfor er placeret ved såning.

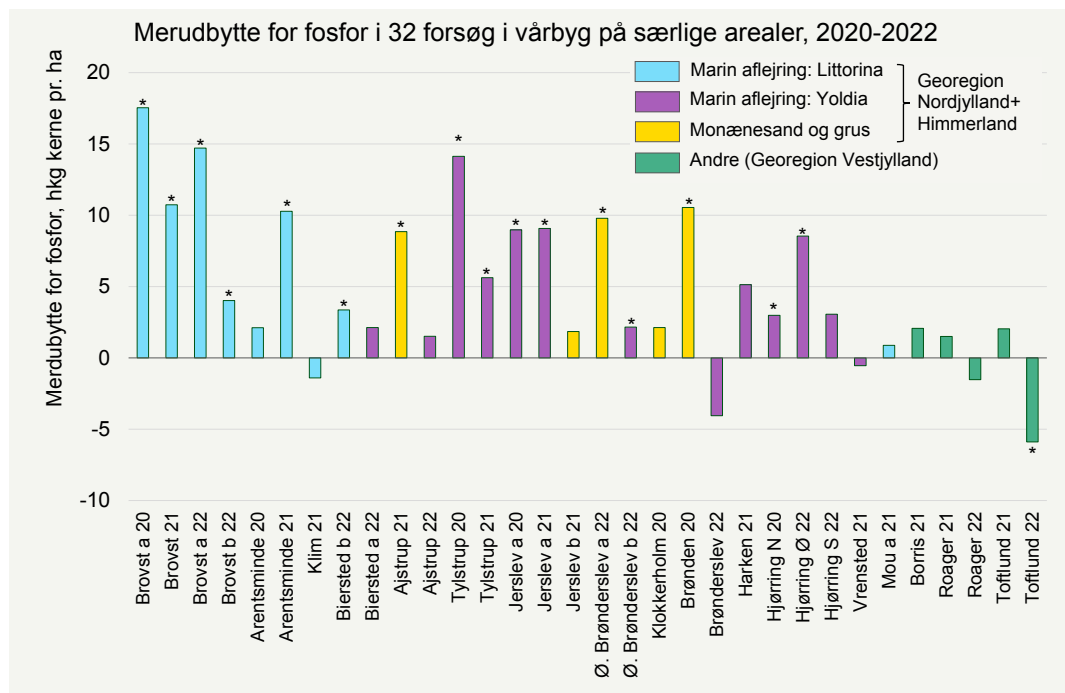
mellem årene er sandsynligvis primært et resultat af, at arealerne er udvalgt mest målrettet mod forventet fosforrespons i 2020, mens der i 2021 og 2022 har været en højere grad af arealer uden nærhed til tidligere forsøgsarealer med respons. På to lokaliteter er der lavet forsøg i samme mark i henholdsvis 2020 og 2021 og i 2020 og 2022. Det drejer sig om Jerslev a og Brovst a (se figur 19). I begge tilfælde ligger merudbytte i samme størrelsesorden i begge år, hvilket også tyder på, at det ikke er sæsonforskelle, der giver forskellene mellem år. Opdelingen på jordart er lavet, fordi resultater fra tidligere forsøg i vinterhvede har vist større merudbytter for fosfor på arealer på marine aflejringer (se Oversigt over Landsforsøgene 2020). Vårbygforsøgene bekræfter dog ikke dette, da forsøg på morænesand og -grus giver lige så stort, eller lidt større, merudbytte som forsøg på marine aflejringer. Både marine aflejringer og morænesand og -grus er jordarter, som er karakteristiske for georegion Nordjylland. Opdelingen på georegion viser, at georegion Nordjylland skiller sig ud med tydeligt højere merudbytte end georegion Himmerland og georegion Vest- og Sønderjylland. Det bør dog bemærkes, at der kun er ét forsøg i georegion Himmerland.

TABEL 28. Gennemsnitlige merudbytter ved forskellige opdelinger af forsøg med fosfor til vårbyg på særlige arealer. Ved opdeling på jordart og georegion indgår forsøg i samme mark to forskellige år kun med resultater fra første forsøgsår. (N35)

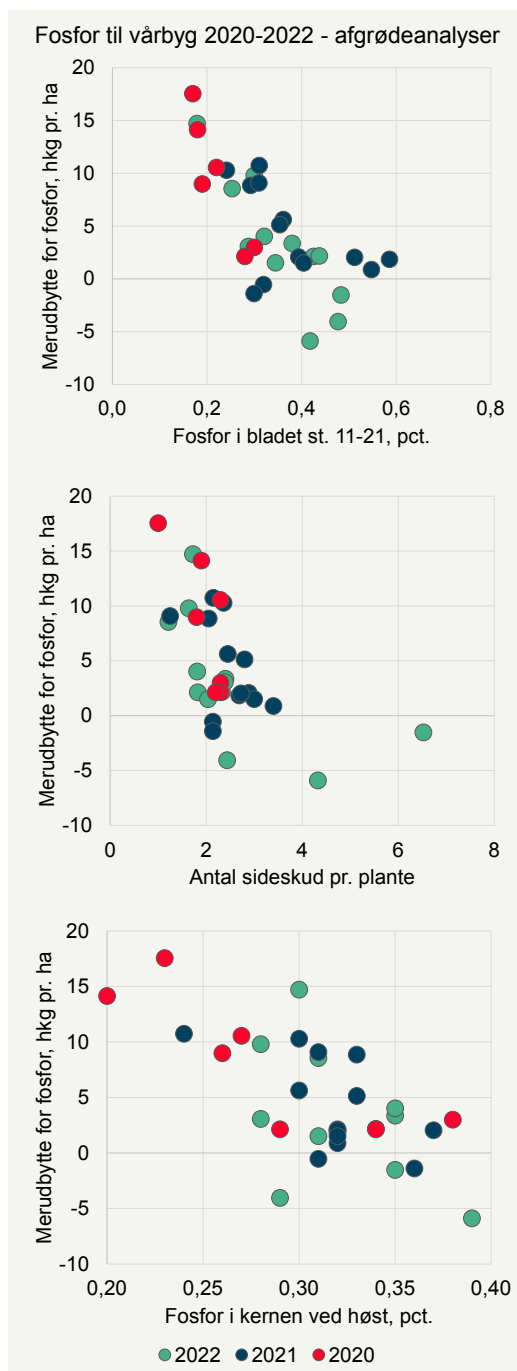
Vårbyg	Antal	Middel Pt	Gns. udb. ingen P, hkg pr. ha	Gns. merudb. 30 P, hkg pr. ha	Gns. merudb. 60 P, hkg pr. ha
Alle forsøg 2020-2022	32	5,4	60,5	3,8	4,6
<i>Opdeling på år</i>					
2020	7	4,3	61,7	5,2	8,3
2021	13	5,3	57,5	3,5	4,3
2022	12	6,3	62,9	3,5	3,1
<i>Opdeling på jordart¹⁾</i>					
Marine aflejringer	20	5,6	61,6	3,8	4,9
Yoldia	11	6,3	64,0	3,6	4,6
Littorina	9	4,8	58,6	4,1	5,2
Morænesand og -grus	4	5,5	67,7	4,5	6,1
Andre sandjorde	6	5,2	53,5	2	1,2
<i>Opdeling på georegion²⁾</i>					
Georegion Nordjylland	24	5,6	63,2	4,2	5,4
Georegion Himmerland	1	4,1	48,4	-0,3	0,9
Georegion Vestjylland	5	5,6	51,8	1,3	-0,4

¹⁾ Ifølge GEUS' jordartskort 1:25.000.

²⁾ Ifølge Aarhus Universitets opdeling i georegioner.



FIGUR 19. Merudbytte for 60 kg fosfor pr. ha i 32 forsøg med fosfor til vårbyg på særlige arealer. En stjerne ved en søjle viser, at merudbyttet er signifikant.



FIGUR 20. Sammenhæng mellem merudbytte for 60 kg fosfor pr. ha og henholdsvis fosforkoncentrationen i bladet i stadium 11-21 (øverst), antal sideskud pr. plante (midt) og fosfor i kernen ved høst (nederst) i behandlingen uden fosfor (led 1) i 32 forsøg i vårbyg.

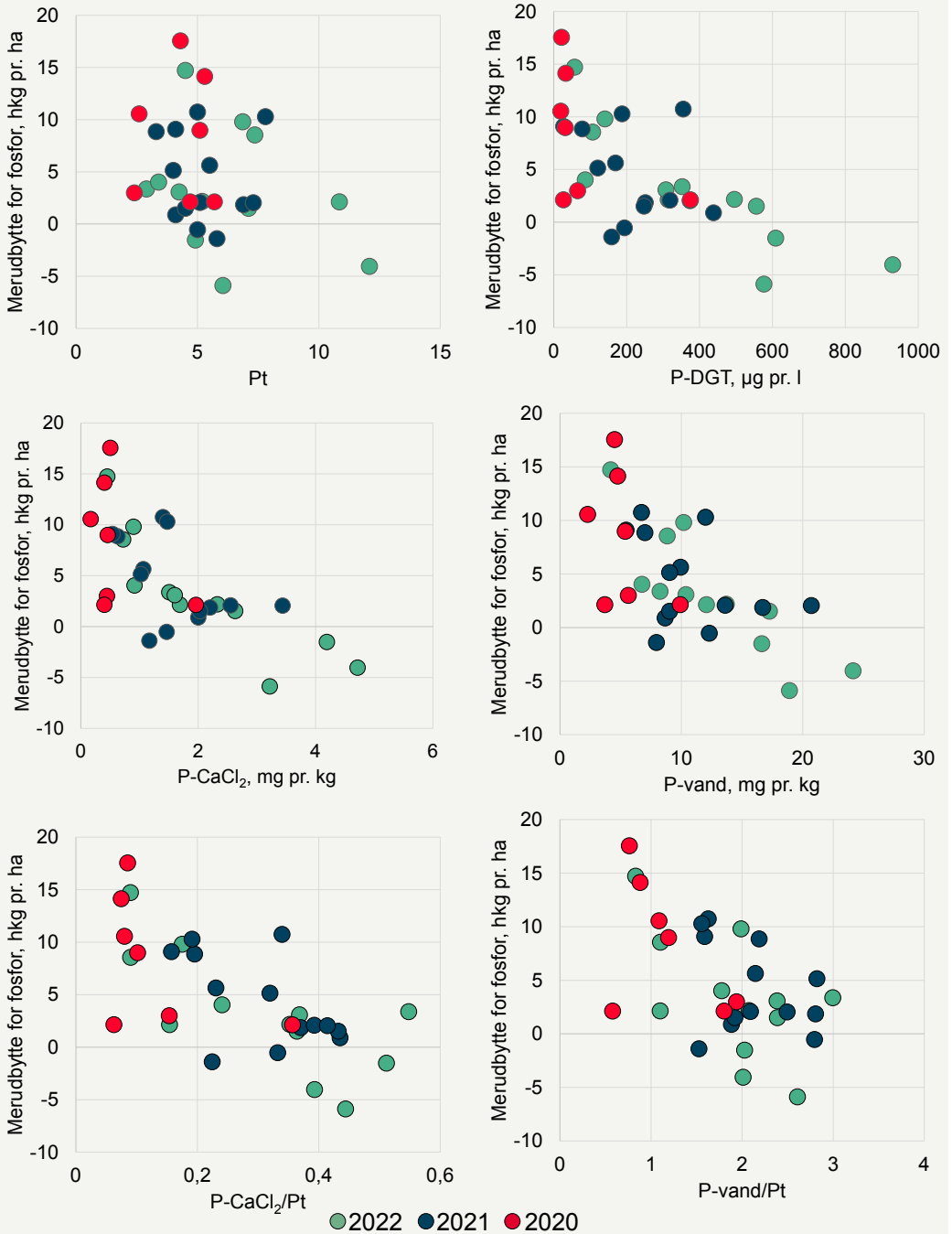
Forsøgene viser en relativt god sammenhæng mellem fosforkoncentrationerne i bladet i stadium 11-21 i behandlingen uden fosfor (led 1) og merudbyttet for 60 kg fosfor pr. ha. Se figur 20, øverst. Der er også god sammenhæng mellem fosfor i kernen ved høst i led 1 og merudbyttet for 60 kg fosfor pr. ha. Se figur 20, nederst. Endelig er der også sammenhæng mellem fosforrespons og antal sideskud pr. plante. Se figur 20, midt.

Et delformål med forsøgene har været at undersøge, om andre typer jordanalyser end fosfortallet, vil kunne bidrage til en forbedret forudsigtelse af fosforrespons på disse særlige arealer. I figur 23 er opstillet sammenhænge mellem merudbytte for 60 kg fosfor pr. ha i forsøgene og resultater af forskellige jordanalyser. Af figuren fremgår det, at fosfortallet ikke giver nogen god sammenhæng til merudbyttet. De øvrige udførte analyser inkluderer P-DGT (se Oversigt over Landsforsøgene 2016, s. 243), P-vand, som er en ekstraktion med rent vand, og P-CaCl₂, som er en ekstraktion med en vandig opløsning af calciumklorid i en koncentration, der efterligner det som typisk måles i jordvæsken. Resultater for P-vand og P-CaCl₂ er både vist direkte og som forholdet til fosfortallet. Alle viste analyser giver en forbedret sammenhæng til merudbyttet sammenlignet med fosfortallet. En mere dybdegående behandling af de forskellige fosforanalyser vil blive lavet i en særskilt rapport med henblik på at kunne anbefale en ny analyse på særlige arealer.

Alternative fosforgødningsstrategier på særlige arealer

To af forsøgene med fosfor til vårbyg i 2022 er anlagt med ekstra led for at undersøge alternative fosforgødningsstrategier. Udover leddene med stigende mængder fosfor i handelsgødning, indgår således også to led med diammoniumfosfat (DAP) og tre led med afgasset gylle nedfældet en uge før såning. Se tabel 29. Flere omstændigheder omkring kvælstoftilførslen gør det vanskeligt at lave direkte sammenligninger mellem de 10 behandlinger. Dels er den samlede tilførsel af kvælstof større i gylleleddene (led 8-10), og dels er kvælstoffet tilført på forskellige tidspunkter. Således er al kvælstof tilført ved såning i gylleleddene, mens der i TSP-leddene og ledet uden fosfor først er tilført kvælstof omkring en måned efter såning.

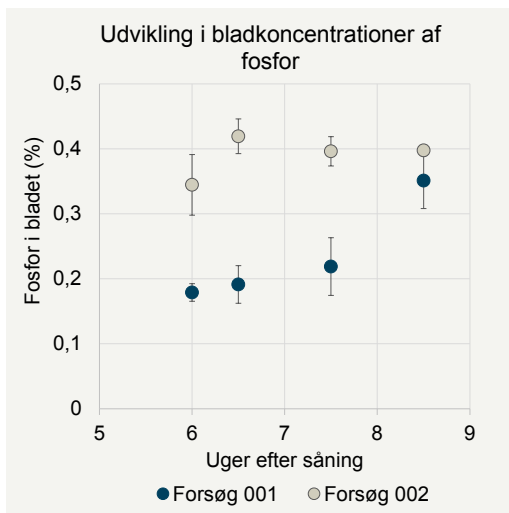
Fosfor til vårbyg 2020-2022 - jordanalyser



FIGUR 21. Sammenhæng mellem merudbytter for fosfor (60 kg fosfor pr. ha) og seks forskellige typer af jordanalyser: Pt (fosfortal), P-DGT, P-vand (fosfor ekstraheret med vand) og P-CaCl₂, samt forholdene P-vand/Pt og P-CaCl₂/Pt.

I det ene af de to forsøg (forsøg 070892222-001), er der opnået et stort signifikant merudbytte for 30 kg fosfor i TSP på omkring 13 hkg. I dette forsøg har de tre gyllebehandlinger, hvor der også er tildelt 30 kg fosfor pr. ha, givet merudbytter på lidt over 16 hkg pr. ha. Forskellen i udbytte mellem 30 kg fosfor pr. ha i TSP og 30 kg fosfor pr. ha i gylle er ikke signifikant. Dette indikerer, at fosforen i den afgassede gylle har haft en gødningseffekt på højde med fosfor i TSP. Det kan ikke afvises at den højere kvælstoftildeling også har medvirket til det højere udbytte i gylleleddene, men de relativt høje proteinprocenter tyder ikke på, at der er været kvælstofbegrænsning i forsøget. Hverken tilsætning af nitrifikationshæmmer til gyllen eller kombineret tildeling af fosfor i gylle og TSP har haft en effekt på udbyttet. I forsøg 070892222-002 er der ikke opnået merudbytte for fosfortildeling, og forsøget er derfor ikke velegnet til at vurdere fosforgødningseffekten af de alternative fosforgødningsstrategier.

I begge forsøg er biomassen målt ved hjælp af biomasseindekset NDVI med drone tre gange i løbet af maj måned. Resultater af første NDVI-måling, foretaget henholdsvis 17. maj (ca. stadie 15) og 9. maj (ca. stadie 13) i forsøg 001 og 002, er vist i tabel 29. I forsøg 001 er der en meget stærk lineær sammenhæng ($R^2 = 0,95$) mellem NDVI-målingen og det endelige udbytte for leddene med fosfor i handelsgødning (led 1 til 5), mens sammenhængen er svagere, når alle led inddrages ($R^2 = 0,80$). Det omvendte gør sig gældende i forsøg 002, hvor



FIGUR 22. Udvikling i koncentrationen af fosfor i det yngste fuldtudviklede blad i behandlingen uden fosfor (led 1). Prøverne er udtaget 5. maj (ca. stadium 12-13), 9. maj (ca. stadium 12-13), 16. maj (ca. stadium 15-21) og 23. maj (ca. stadium 24), svarende til henholdsvis 6, 6½, 7½ og 8½ uger efter såning.

sammenhængen er meget stærk for alle led ($R^2 = 0,99$), men svag for fosforleddene (led 1-5) alene. Forskellen skyldes, at fosforrespons er styrende i forsøg 001, mens kvælstofrespons og den øgede kvælstoftildeling med gyllen er styrende for udbytterne i forsøg 002. Den

TABEL 29. Fosfor til vårbyg på særlige arealer - alternative gødningsstrategier. (N36)

Vårbyg	Tilført N ⁴ ved såning (slutmarts), kg pr. ha	Tilført N i slut-april/start-maj, kg N pr. ha	Forsøg 001 (med fosforrespons)					Forsøg 002 (uden fosforrespons)					
			Pct. P i blad, 5. maj, st. 12-13	NDVI, 17. maj, ca. st. 15	Antal sideskud pr. plante, st. 30-31	Pct. råprotein i kerntørstof	Udbytte og merudb., hkg kerne pr. ha	Pct. P i blad, 5. maj, st. 12-13	NDVI, 9. maj, ca. st. 13	Antal sideskud pr. plante, st. 30-31	Pct. råprotein i kerntørstof	Udbytte og merudb., hkg kerne pr. ha	
1. Ingen P	0	130	0,18	0,41 d	1,7	12,5	60,0 d	0,34	0,40 de	2,0	10,3	65,7 d	
2. 7,5 kg P i TSP ¹⁾	0	130	0,20	0,42 cd	-	12,3	2,3 d	0,35	0,40 e	-	10,5	-0,3 d	
3. 15 kg P i TSP ¹⁾	0	130	0,25	0,47 bc	-	11,7	8,5 bc	0,36	0,41 de	-	10,2	1,5 d	
4. 30 kg P i TSP ¹⁾	0	130	0,28	0,49 b	-	11,5	12,7 ab	0,38	0,40 de	-	10,3	-0,9 d	
5. 60 kg P i TSP ¹⁾	0	130	0,29	0,53 b	2,9	11,6	14,7 a	0,40	0,42 d	2,3	10,2	1,5 d	
6. 30 kg P i DAP ²⁾	27	103	0,40	0,63 a	-	11,4	14,4 a	0,50	0,53 b	-	9,7	8,9 b	
7. 7,5 kg P i DAP ²⁾	7	123	0,28	0,49 b	-	11,5	7,7 c	0,41	0,47 c	-	10,2	5,1 c	
8. 30 kg P i afgasset gylle ³⁾	200	0	0,25	0,64 a	2,6	12,7	16,1 a	0,39	0,64 a	3,1	11,7	15,8 a	
9. 30 kg P i afgasset gylle ³⁾ + nitrifikationshæmmer	200	0	0,22	0,65 a	2,7	12,7	16,4 a	0,41	0,65 a	3,7	11,4	14,8 a	
10. 22,5 kg P i afgasset gylle ³⁾ + 7,5 kg P i TSP ¹⁾	150	0	0,26	0,65 a	2,7	12,2	16,5 a	0,41	0,65 a	2,6	10,3	15,8 a	
LSD				0,06			0,4	4,9		0,02		0,4	3,2

Der er ikke observeret lejesæd i forsøgene.

¹⁾ Triplesuperfosfat, placeret ved såning.

²⁾ Diammoniumfosfat, placeret ved såning.

³⁾ Afgasset gylle er nedfældet en uge før såning.

⁴⁾ For led 8.-10. angiver denne den tilførte NH₄-mængde.

stærke lineære sammenhæng for fosforbehandlingerne i forsøg 001 viser, at den fosforeffekt, der er afgørende for udbytterne, forekommer meget tidligt i væksten allerede før stadie 15.

I forsøgene er desuden udtaget bladprøver i behandlingerne uden fosfortildeling (led 1) på fire forskellige tidspunkter i løbet af maj måned fra stadie 12-13 til ca. stadie 24. Formålet har været at vurdere tidspunktet for udtagning af bladprøver i forhold til forudsigelse af fosforrespons. Resultater af disse bladprøver er vist i figur 22. I forsøg 001 med fosforrespons ligger fosforkoncentrationen på et lavt niveau frem til 7½ uge efter såning, hvorefter der sker en tydelig stigning til sidste prøvetagningsdag en uge senere. Resultaterne bekræfter en tidligere undersøgelse fra Københavns Universitet, der viste, at bladprøver skulle udtages før buskning for at være retvisende i forhold til forudsigelse af fosforrespons.

Overordnet tyder resultaterne på, at fosforeffekten af afgasset gylle nedfældet en uge før såning er på højde med fosfor placeret i TSP ved såning. Forskelle i kvælstoftildeling mellem behandlinger gør det dog svært at konkludere entydigt.

Udvikling i jordens fosforstatus efter store engangstilførsler af fosfor

I efteråret 2019 blev påbegyndt en forsøgsserie med to fastliggende forsøg med tilførsler af store mængder fosfor i form af henholdsvis tripelsuperfosfat (TSP) og BioFiber[®], som er den faste fraktion fra separation af afgasset husdyrgødning (mere end 75 procent af biomassen), energiafgøder og organiske restprodukter. Baggrunden og tidligere resultater fra forsøgene er mere dybdegå-

ende beskrevet i Oversigt over Landsforsøgene 2020, s. 230 og Landsforsøgene 2021, s. 243. Der er udtaget jordprøver forår og efterår i perioden fra efteråret 2019 frem til efteråret 2022.

Målte fosfortal før anlæg i 2019 og efter høst i 2022 er vist i tabel 30 for det ene forsøg (forsøg 070501922-001) for alle behandlinger, mens udviklingen over tid i udvalgte behandling fremgår af figur 23. Resultater af forsøg 002 er ikke vist, da forsøgsarealet er præget af store bonitetsforskelle og stor variation i analysetal. Resultaterne i forsøg 001 viser en stigning i fosfortal over tid, også i led 1, hvor der ikke har været tildelt fosfor. Forklaringen på dette kan være systematiske analyseusikkerheder hos laboratoriet. Stigningen i fosfortal som følge af de forskellige fosforbehandling kan beregnes ved at fratække stigningen i led 1, idet det antages, at der er tale om en systematisk for høj stigning i alle led.

De store engangstilførsler af 120 kg fosfor pr. ha i henholdsvis TSP og BioFiber (led 3 og 5) giver begge en stigning i fosfortallet i forhold til ingen fosfortilførsel frem til marts 2021, hvorefter der sker et fald efter begge behandlinger. Se figur 23. Samlet set giver TSP en lidt større stigning i fosfortallet end BioFiber. Den andel af fosforoverskuddet, som indgår i fosfortallet tre år efter tilførslen kan estimeres til ca. 55 procent for TSP og 21 procent for BioFiber. Dette er højere end i litteraturen, hvor andelen ligger omkring 15 procent, men estimeringen er også behæftet med en væsentlig usikkerhed. Tilførsel af 90 kg fosfor pr. ha i TSP fordelt over tre tilførsler à 30 kg pr. ha har efter tre år resulteret i en stigning, som er næsten lige så stor som engangstilførslen af 120 kg fosfor pr. ha i TSP.

TABEL 30. Udvikling i jordens fosforstatus efter store engangstilførsler af fosfor. (N37)

Tilførsel af fosfor	Tilført fosfor, kg pr. ha				Total, 2019 til 2022	Målt Pt		Stigning i Pt fra anlæg 2019 til høst 2022
	Efterår 2019, for vinterhvede		Forår 2021, for vårbyg			Før anlæg 2019	Efter høst 2022	
	I TSP ¹⁾	I Biofiber ²⁾	I TSP ¹⁾	I TSP ¹⁾				
1. Ingen P	0	0	0	0	0	2,9	3,8	0,9
2. 30 kg P i TSP + 2 x 30 kg P i TSP ¹⁾	30	0	30	30	90	2,8	4,5	1,7
3. 120 kg P i TSP ¹⁾	120	0	0	0	120	2,8	4,7	1,9
4. 120 kg P i TSP + 2 x 30 kg P i TSP ¹⁾	120	0	30	30	180	2,7	5,2	2,5
5. 120 kg P i Biofiber ²⁾	0	120	0	0	120	3,0	4,3	1,3
6. 120 kg P i Biofiber ²⁾ + 2 x 30 kg P i TSP ¹⁾	0	120	30	30	180	2,8	5,4	2,6
7. 120 kg P i Biofiber ²⁾ + 3 x 30 kg P i TSP ¹⁾	30	120	30	30	210	3,0	6,1	3,1

¹⁾ Tripelsuperfosfat.

²⁾ BioFiber[®] fra Combineering, deklareret med 9,5 kg P, 10 kg total-N og 2,1 kg ammonium-N pr. ton.