



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

P-gjødsling til purre, stilkselleri og knollselleri

Nye anbefalinger

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 3 | 2020



Erling Stubhaug, Hugh Riley og Annbjørg Øverli Kristoffersen
Divisjon for matproduksjon og samfunn

TITTEL/TITLE

P-gjødsling til purre, stilkselleri og knollselleri. Nye anbefalinger
P-fertilization of leeks, celery and celeriac: New recommendations

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Erling Stubhaug, Hugh Riley og Annbjørg Øverli Kristoffersen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
14.02.2020	6/3/2020	Åpen	120012	18/00786
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02491-0	2464-1162	17		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet/
Norwegian Agricultural Authority

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Nanna Bergan

STIKKORD/KEYWORDS:

Grønnsaker, P-gjødsling, avling, miljø
Vegetables, P-fertilizer, yield, environment

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Kvalitetssikring: Gjødsling av grønnsaker
Quality assurance: Fertilization of vegetables

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I perioden 2015-2017 er det gjennomført fosforgjødslingsforsøk i grønnsakskulturene purre, stilkselleri og stangselleri. Resultatene har gitt grunnlag for en nedjustering av fosfornormene til disse vekstene. Med bakgrunn i resultatene, er normene i gjennomsnitt justert ned med 1,5 kg P/daa ved optimalt P-AL-nivå i jorda. Ved høyere P-AL-nivå anbefales en ytterligere nedjustering av P-gjødselmengden.

Dette er den tredje gjennomgangen av fosfornormene til grønnsaker. I 2012 ble fosfornormene til hodekål, gulrot og løk nedjustert. I 2015 ble arbeidet videreført, med nedjustering av fosfornormene til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat.

De tidligere normendringene er publisert i to Bioforsk-rapporter (Riley, mfl. 2012, Stubhaug, mfl. 2015), og de nye gjødslingsnivåene er publisert i Gjødslingshåndboka.

Summary

Field trials were performed in the years 2015-2017 to assess the P-fertilizer requirements of leeks, celery and celeriac. The results of these trials have provided the basis for reducing the previously recommended P-fertilizer levels for these crops. The previous recommendations have thus been reduced by 15 kg P per ha at the optimum level of plant-available phosphorus (P-AL) in the soil. Further reductions in P-fertilizer are recommended when higher soil P-AL levels are present.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

This report is the third in a series that has reviewed and reassessed the P-fertilizer requirements of field-grown vegetables in Norway. The P-fertilizer recommendations for white cabbage, carrots and onions were reduced in 2012. This was followed up in 2015, when the recommended P-fertilizer rates for broccoli, cauliflower, swedes and iceberg lettuce were also reduced.

The latter changes were presented in two Bioforsk reports (Riley, et al. 2012, Stubhaug, et al. 2015), and the new recommendations may also be found on NIBIOs website.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Aust-Agder
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Grimstad
STED/LOKALITET:	Landvik

GODKJENT /APPROVED

Inger Martinussen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Erling Stubhaug

NAVN/NAME



Forord

I 2012 ble fosfornormene til hodekål, gulrot og løk nedjustert, som vist i Gjødslingshåndboka og i Bioforsk Rapport (7) nr. 68 (Riley, mfl. 2012). I 2015 ble slike nedjusteringer gjort også til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat, som vist i Bioforsk Rapport (10) nr. 14 (Stubhaug, mfl. 2015). I gjennomsnitt ble de nye fosfornormene redusert med cirka 40 prosent, sett i forhold til tidligere. I denne rapporten, etter flere år med gjødslingsforsøk i kulturene purre, stilkselleri og knollselleri, reduseres nå fosfornormene også til disse tre kulturene.

Grønnsaker er en vekstgruppe med stor variasjon i rotvekstmønster, noe som gir ulik evne til å utnytte tilført fosfor. Jordsmonn, fuktighet og temperatur er viktige faktorer for P-mobilitet og opptak. Mye av grønnsaksjorda i Norge er sterkt oppgjødset med fosfor ($PAL > 24$) og det er ønskelig å redusere fosforinnholdet i denne jorda for å redusere faren for tap til miljø og for å forvalte best mulig den knappe ressursen som fosfor er. Balansetilførsel av fosfor vil si at en tilfører like mye fosfor med gjødsel som det avlingen tar bort fra åkeren. Balanseprinsippet bør i praksis bli gjennomført i sammenheng med et vekstskifte over år, for å ta hensyn til ulike kulturers evne til utnytte reservene i jorda.

Når grønnsaker med kraftige og djuptgående rotsystem dyrkes på fosforrik jord kan en tilføre mindre P enn balansen, noe som vil føre til at jorda tappes for fosfor over tid. For andre kulturer med lite og svake rotsystem kan det derimot være rett at det gjødsles med mer P enn det som gir balanse. Det blir anbefalt å gjødsle med noe mer fosfor til tidligkulturer på bakgrunn av lavere jordtemperatur ved etablering og kortere vekstsesong, noe som reduserer mulighetene for utnyttelse av fosforreservene i jorda og mindre effektivt fosforopptak.

Landvik, 14.02.20

Erling Stubhaug

Innhold

1	Bakgrunn.....	6
2	Balansetilførsel av fosfor	7
3	‘Norm-gjødsling’ og justeringer i forhold til jordas P-status	8
4	Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker	10
4.1	Purre	10
4.1.1	Metode.....	10
4.1.2	Resultat og diskusjon	11
4.1.3	Konklusjon.....	12
4.2	Stilkselleri	12
4.2.1	Metode.....	12
4.2.2	Resultat og diskusjon	13
4.2.3	Konklusjon.....	14
4.3	Knollselleri	14
4.3.1	Metode.....	14
4.3.2	Resultat og diskusjon	14
4.3.3	Konklusjon.....	15
5	Reviderte anbefalinger for P-gjødsling til purre, stilkselleri og knollselleri	16
	Referanser	17

1 Bakgrunn

Fosfor (P) er et viktig næringsstoff for plantevekst, og uten tilstrekkelig P utnyttes heller ikke andre næringsstoff effektivt. Fosfor er spesielt viktig for modningsprosesser, noe som er avgjørende for produktkvalitet, ikke minst i grønnsaker. Jordsmønn, fuktighet og temperatur er viktige faktorer for mobilitet og opptak av fosfor. Fosfor er lite mobilt i jorda, og det avgjørende at planterøttene kommer i kontakt med fosforet i jorda. Rotdybden varierer mye mellom ulike grønnsakskulturer. Kålvvekster er kjent for å ha dype røtter, mens det motsatte gjelder for løk- og salatvekster. Forhold i jorda som fremmer god rotutvikling er viktig for fosforopptak og dermed for hvilket fosforinnhold som er optimalt. Det vil si at jord som er sterkt pakket kan ha en høyere optimal P-status enn jord med god jordstruktur og høy biologisk aktivitet.

I Norge er det gjerne seine og kjølige vårer, og somrene er ofte kortere enn i andre europeiske land. Dette er en årsak til at det her til lands ofte er blitt betraktet som gunstig å gi 'rikelig' med fosfor til grønnsaker i Norge. Over tid gir dette imidlertid et overskudd av fosfor i jorda, og det har de siste 10-15 årene vært stort fokus på faren for P-avrenning til vassdrag som dette kan føre til (Fystro, mfl. 2012, Øgaard, mfl. 2012). Dessuten er det ønskelig med en ansvarlig forvaltning av verdens begrensede P-ressurser. Derfor er det de senere årene utført en rekke nye forsøk i ulike grønnsakskulturer for å undersøke om det kan foretas endringer i de tidligere anbefalte P-gjødselmengdene.

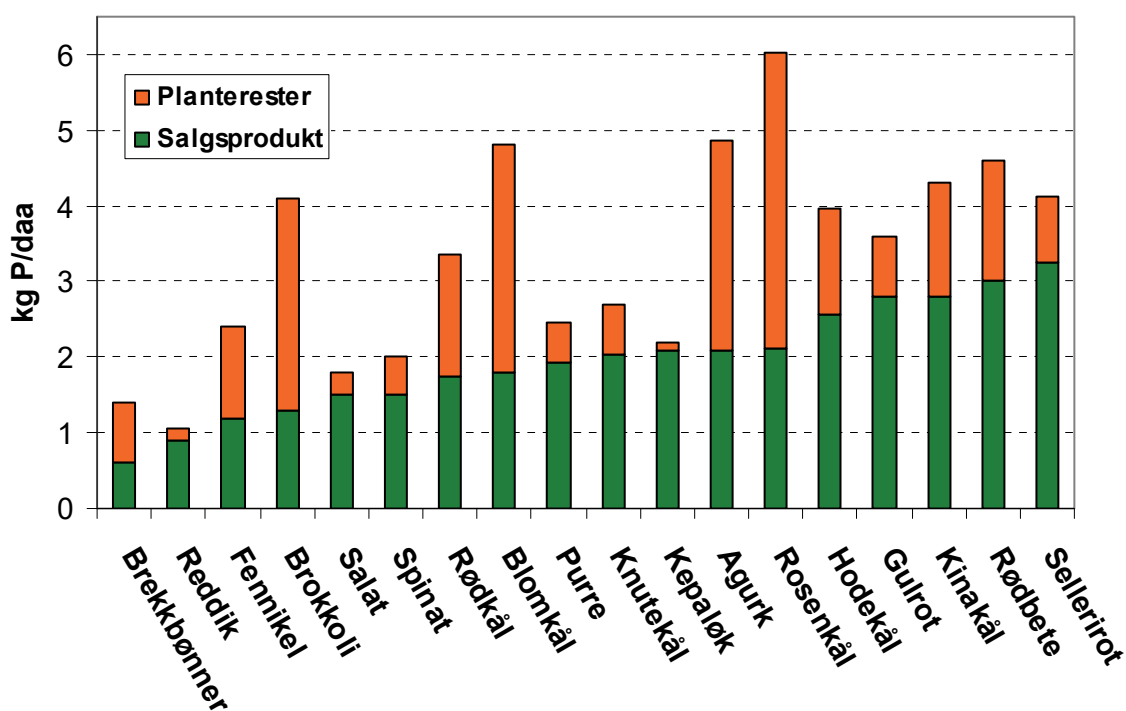
I 2012 ble det publisert en rapport med nye fosfornormer for hodekål, gulrot og løk. Denne rapporten (Riley, mfl. 2012) inneholdt en grundig gjennomgang av fosfor i jord, opptak og rester i plantene, diskusjon om P-balanser og norm-gjødsling. Disse ble sammenholdt med utenlandske normtall, samt gjennomgang av resultater fra både gamle og nyere P-gjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge, blant annet 60 norske forsøksfelt i perioden 2006-2011. Som en oppfølging av dette arbeidet ble det i perioden 2011-2013 gjennomført 19 forsøk innen kulturene brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. Resultatene fra disse ble publisert av Stubhaug, mfl. (2015). En videre oppfølging og slutføring av disse forsøksseriene ble gjennomført i perioden 2015-2017 innen kulturene purre, stिल्selleri og knollselleri. Det er resultatene fra disse, sammenholdt med kunnskap presentert i de nevnte Bioforsk-rapportene, som gir grunnlag for anbefalingene om nye normtall for P-gjødsling til disse tre kulturene som er gitt i denne rapporten.

Gjennomføring av forsøk og arbeidet med både denne og forrige rapporter om fosforgjødsling til grønnsaker er gjort mulig med økonomisk støtte fra Landbruksdirektoratet og Yara, ved siden av NIBIO sine egne midler. Vi takker også for et nært og godt samarbeid med Norsk Landbruksrådgiving som har gjennomført mange av feltforsøkene som ligger bak resultatene.

2 Balansetilførsel av fosfor

Det er stor forskjell mellom de ulike grønnsakslagene når det gjelder andel fosfor som bortføres med avling i forhold til mengdene i total plantemasse. Figur 1 viser typiske verdier fra Tyskland. Vekstene er sortert i stigende rekkefølge etter P-mengden som blir fjernet med produktene. En regner med at disse tallene i stor grad kan overføres til norske forhold.

Ytterlighetene er nok på den ene siden Brassica-artene brokkoli/blomkål/rosenkål, der bare ca. 30 prosent av fosforet tas bort med avlingen, og gulrot/salat/kepaløk på den andre siden, der 80-95 prosent av fosforet finnes i avlinga. Purre og selleri er også eksempel på vekster som har mesteparten av sitt P-innhold i spiselige produkt.



Figur 1. Innholdet av fosfor i planterester og salgbare produkt hos ulike grønnsakarter, basert på data fra fire forskningsstasjoner i Tyskland (kilde: Fink, mfl. 1999).

Balansetilførsel med P vil si at vi tilfører like mye fosfor med gjødsel som det avlingen fører bort fra åkeren. Hos mange grønnsaker representerer balanse gjødsling en mindre tilførsel av fosfor enn det plantene tar opp i overjordiske plantedeler. Hvorvidt dette er berettiget varierer mellom de ulike kulturene.

For kålvekster, som har et stort rotsystem som lett får tak i fosforet fra hele jordprofilen, kan en i praksis tilføre mindre P enn balansen, noe som vil si at jorda gradvis tappes for fosfor. Dette er gjerne ønskelig på svært fosforrik jord for å redusere faren for tap til vassdrag (Øgaard, mfl. 2012). For andre kulturer med et svært grunt rotsystem, som løk, kan imidlertid anbefalt P-mengde (f.eks. 5 kg P/daa) være langt over balansetilførselen som er på ca. 1,5 kg P/daa. Dette vil føre til opphoping av fosfor i jorda. Av slike grunner er det mest aktuelt å etterstrebe balansetilførsel over en årrekke, f.eks. gjennom en hel vekstskiftesyklus.

3 'Norm-gjødsling' og justeringer i forhold til jordas P-status

Når vi snakker om 'norm-gjødsling' tas det utgangspunkt i en jord med optimalt innhold av plantetilgjengelig fosfor (P-AL 5-7 mg P/100 g). I de gjødslingsprogrammene som benyttes i dag (f.eks. Skifteplan), blir det så foretatt en justering opp eller ned i forhold til jordas P-status. Hos mange grønnsaksdyrkere blir imidlertid denne korrigeringen ikke brukt fullt ut, fordi det har vært usikkerhet om en kan redusere P-gjødslingen ved høye P-AL-verdier uten å risikere å tape avling og/eller forringe produktkvalitet. Hos grønnsaker blir gjødslingsanbefalingene vanligvis heller ikke korrigert for ulik avlingsstørrelse.

De anbefalte norm-gjødslingsmengdene er de senere årene redusert for gras, korn og potet (Fystro, 2007, Kristoffersen, mfl. 2008, Kristoffersen, 2010, Haug, 2010), og for noen av disse vekstene anbefales det nå å sløyfe gjødsling helt ved svært høye P-AL-verdier. For grønnsaker er imidlertid den økonomiske konsekvensen av et eventuelt avlingstap gjerne så stor at man nøler med å anbefale å sløyfe P-gjødsling helt, selv ved ekstremt høye P-AL-verdier. Slike tall er svært vanlige hos grønnsaksdyrkere. Derfor gjorde vi i rapportene som ble nevnt innledningsvis (Riley, mfl 2012; Stubhaug, mfl. 2015) en utvidelse og omdefinering av P-AL-skalaen når det gjelder grønnsaker. Det ble innført to nye P-AL-klasser, 'Svært høyt' og 'Ekstremt høyt'. Hovedregelen er nå at P-tilførselen ved et svært høyt P-AL-nivå ikke bør overstige det som fjernes med avlingen og at ved et ekstremt høyt P-AL-nivå bør det tilføres mindre P enn det som fjernes med avlingen.

Tabell 3.1 viser de nye anbefalte fosfornormene for kulturene hvitkål, kepaløk og gulrot, brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat, slik de ble etter revideringen i 2012 og 2015. Det er tatt hensyn til avlingsnivået som er vanlig ved dyrking til ulike formål, slik at det innenfor samme kultur anbefales noe mindre P ved kortere veksttid og lavere avlingsnivå enn ellers. Tidligkulturer defineres som egne kulturer, som det anbefales å gjødsle noe sterkere med P for å kompensere for lav P-mobilitet i kald jord. Anbefalingene er dermed mer nyansert enn tidligere. *Generelt er fosfornormene redusert med cirka 40 prosent for disse vekstene.*

Ved optimal P-AL-status i jorda (5-7 mg P/100g) er det tidligere blitt anbefalt å tilføre 5-6 kg P/daa til både purre og selleri i Norge. Dette tilsvarer nesten tre ganger så mye som blir tatt bort i avling for purre og dobbelt så mye som blir tatt bort med en selleriavling.

Det er av interesse å sammenlikne disse anbefalingene med tilsvarende tall fra våre naboland og andre europeiske land. I Sverige ligger anbefalingene på omtrent samme nivå som i Norge. I Danmark varierer retningslinjene mellom 2 og 4 kg P/daa for ulike grønnsakarter. Til asparges, erter, spinat og grønnkål anbefales det relativt lave P-mengder, mens 3-4 kg P/daa anbefales til de fleste andre arter (kilde: Ministeriet for fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2010). I andre europeiske land blir anbefalt norm-gjødsling ofte relatert til P-mengden som fjernes med avlingen.

En sammenlikning er gitt i tabell 3.2 mellom dagens norske P-anbefalinger til purre, knollselleri og stilselleri og tilsvarende anbefalinger i Sverige, Tyskland og England ved noenlunde samme avlingsnivå. Siste kolonne i tabellen viser avviket mellom de norske tallene og snittet av de andre land.

Hittil har de norske anbefalingene for disse kulturene ligget mye høyere enn i flere andre land i Europa. Hvorvidt det anbefales reduksjoner ved høy P-status i jorda varierer. I f.eks. England anbefales det å sløyfe P-gjødsling helt allerede ved et innhold av tilgjengelig-P som tilsvarer P-AL 10. Det gjøres der et unntak for salat, som det anbefales å bruke startgjødsling til. I Finland, der klimaforholdene kan sammenliknes med Norge, reduseres anbefalingene trinnvis, men selv ved det som beskrives som et 'betenkelig høyt' P-innhold i jorda, anbefales det å tilføre 1 kg P/daa til alle grønnsaksvekster.

Tabell 3.1. Fosforgjødselmengde, kg P/daa, ved gitt P-AL-nivå for vekstene kål, løk, gulrot, brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat

	Tidligere norm-gjødsling	Optimalt ('norm')	Endring av P-gjødsling ved ulik P-status				
			Moderat	Høyt	Meget høyt	Svært høyt	Ekstremt høyt
P-AL-verdi (mg P/100g)	5-9	5-7	8-10	11-14	15-19	20-24	>24
	kg P/daa						
Hvitkål, industri og konsum	4	3	3	2,5	2,2	1,8	1,5
Sommerkål, tidlig mai-juli	-	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	1
Kepaløk (breigjødslet)	6	5,8	5,4	4,8	4,2	3,6	3
Kepaløk (stripegjødslet)	6	4,3	3,9	3,3	2,8	2,3	2
Gulrot, industri og konsum	5	4	3,6	3,2	2,8	2,4	2
Brokkoli/blomkål (sommer/høst)	4	2,8	2,5	2,3	2	1,5	1
Brokkoli/blomkål (tidlig)	4	3,3	3	2,8	2,5	2	1,5
Kålrot (høst/lagring)	4	2,5	2	1,8	1,5	1,3	1
Kålrot (tidlig)	4	3	2,5	2,3	2	1,8	1,5
Isbergsalat (sommer/høst)	4	2	1,8	1,5	1,3	1	0,5
Isbergsalat (tidlig)	4	2,5	2,3	2	1,8	1,5	1

(Kilder: Riley, mfl. 2012 og Stubhaug, mfl. 2015)

Tabell 3.2. Sammenlikning av dagens anbefalt normal P-gjødsling (kg P/daa) med verdier som er anbefalt i Sverige, Tyskland og England

	Norge ¹ (N)	Sverige (S)	Tyskland (T)	England (E)	Middel (T,S,E)	Forskjell (jfr. N)
Purre	6	6,0	2,0	2,2	3,4	-2,6
Knollselleri	6	5,5	3,3	2,2	3,7	-3,3
Stilkselleri	5	4,5	2,4	4,4	3,8	-1,2

¹ Gjødslingshåndboka (2015)

4 Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker

Som nevnt innledningsvis er denne rapporten en slutføring av arbeidet med «Nye fosfornormer til grønnsaker», et arbeid som startet med kulturene hodekål, gulrot og kepaløk (60 forsøk i perioden 2006-2010) og som fortsatte med kulturene brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat (19 forsøk i perioden 2011-2013). Så ble det foretatt en slutføring av denne forsøksserien i perioden 2015-2017 for kulturen purre, knoll- og stilkselleri. Resultatene for disse forsøkene presenteres her og gir grunnlag for forslaget om nye normer for disse tre kulturene. *Det må nevnes at de nye normene ble delvis implementert i praktisk gjødslingsplanlegging allerede i 2018, gjennom NLR.*

4.1 Purre

Tidligere gjødslingsnorm til purre (2017) har vært 6 kg P/daa (tabell 3.2). Bortføring med avling er ca. 2 kg P/daa, mens fosformengden i restavling bare er 0,5 kg P/daa. Sjøl om det gjøres justeringer i forhold til jordas fosforinnhold, vil en i praksis gjerne være forsiktig med å justere ned til mindre enn 4 kg P/daa. Dette betyr at det nesten alltid vil bli tilført mer fosfor enn bortført med avling. Vanligvis blir purre dyrket på noe av den beste grønnsaksjorda, som ofte har høye verdier for plantetilgjengelig fosfor (P-AL>15). Dyrking av purre vil derfor opprettholde og til dels øke jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor.

4.1.1 Metode

Det ble gjennomført fire forsøk med fem ulike fosformengder, stigende fra null til 6 kg P/daa. Dette ble gitt som OPTI-P (OPTI-P™ 0-20-0). Det ble tilført like mengder nitrogen (22 kg N/daa) og kalium (20 kg K/daa) i alle ledd, gitt som henholdsvis OPTI-KAS/Kalksalpeter og Kaliumsulfat (tabell 4.1). I tillegg var det med et ledd med Fullgjødsel med en mengde som gav 22 kg N, 4,3 kg P og 19,4 kg K/daa. All gjødsel tilført før planting (grunnjødsling) ble harvet ned. Det ble plantet ut med tre rader på seng med planteavstand 12-13 cm, som tilsier et plantetall på cirka 16000 planter per dekar. Delgjødsel ble tilført i to omganger slik det framgår av tabell 4.2, som også viser hvor forsøkene ble gjennomført de tre årene samt kulturdata. Det ble tatt ut gjentaksvise jordprøver ved anlegg av forsøket og rutevise prøver like etter avsluttet høsting til analyse av P-AL.

Tabell 4.1. Forsøksplan P-gjødsling til purre

Ledd	Kg P/daa	Grunngjødsling	1.delgjødsling	2.delgjødsling
1	0	33 kg OPTI-KAS + 50 kg Kaliumsulfat	25 kg OPTI-KAS	40 kg Kalksalpeter
2	1.5			
3	3			
4	4.5			
5	6			
6	4,3	80 kg Fullgj. 12-4-18	35 kg 18-3-15	40 kg Kalksalpeter

Tabell 4.2. Feltopplysninger for 4 forsøk med P-gjødsling til purre

År	Sted	Jordart	P-AL v/anlegg	Datoer for			
				Planting	1.delgj.	2.delgj.	Høsting
2015	Rogaland	Siltjord	14	04.mai	30.juni	21.juli	2.nov.
2015	Agder	Siltjord	27	18.mai	22.juni	6.juli	17.sept.
2016	Rogaland	Sandjord	40	28.april	13.juni	06.juli	18.okt.
2017	Rogaland	Sandjord	40	02.mai	27.juni	01.aug.	18.okt.

Forsøkene ble gjennomført på moldholdig silt- og moldholdig mellomsand. Feltene i Rogaland 2016 og 2017 hadde 'ekstremt høyt' fosforinnhold i jorda, mens ett av feltene i 2015 lå på jord klassifisert som 'høyt'. Alle forsøkene ble gjennomført på godt oppkalket jord (pH 6,5-7,0). Plantetida var først i mai, der feltet i Agder hadde cirka en måned kortere veksttid enn feltene i Rogaland. Dette kan tilskrives både ulikt sommerklima og ulike sorter (fabrikkpurre i Agder).

4.1.2 Resultat og diskusjon

Avlingstall, analysetall og beregninger for de fire forsøkene framgår av tabell 4.3. Det ble foretatt vurdering av jevnhet, farge, vekst og totalinntrykk for hver forsøksrute, men det ble ikke registrert sikre forskjeller. Disse parameterne er derfor ikke tatt med i tabellen. Purre er normalt en vekst som responderer godt for høy fosfortilgang. Purrerøttene er uten rothår og har således mindre opptaksflate, men purre har en lang vekstsesong for opptak og vekst (i forsøkene i Rogaland nesten 5,5 måneder). Det har generelt vært en svært lang periode fra siste delgjødsling til høsting (3 måneder), og det har derfor trolig vært noe knapt med nitrogen på slutten av sesongen. I enkelte regnfulle sesonger skulle en gjerne foretatt en ekstra delgjødsling i slutten av august.

Tabell 4.3. Avlinger og P-AL analyser i middel av 4 forsøk med P-gjødsling til purre

Forsøksledd	Planter pr. daa	Avling, kg/daa		Rel. avl.	% ant. Salgbar	Gram pr. plante	P-AL	
		Totalt	Salgbar				v/anlegg	v/høst
0 kg P/daa	15200	4941	4742	100	95	338	30	31,3
1,5 kg P/daa	16100	5268	5050	106	95	335	30	31,2
3,0 kg P/daa	15800	5035	4747	100	93	328	30	31,0
4,5 kg P/daa	15900	5696	5478	115	96	364	30	31,0
6,0 kg P/daa	16900	5744	5404	114	93	357	30	34,7
4,3 kg P/daa (Fullgj.)	15700	5259	4854	102	92	343	30	31,2
P%	>20	>20	>20		8	14,3		>20

Det ble ikke funnet statistisk sikre forskjeller mellom forsøksleddene for noen av parameterne her. Det var ikke noe positivt utslag av Fullgjødsel-leddet sett i forhold til tilsvarende P-mengde gitt som superfosfat (ledd 4). Bakgrunnen for å ha med Fullgjødsel-leddet var at fosfor (og kalium) i Fullgjødsel regnes noen ganger for å være mer plantetilgjengelig enn fosforet i superfosfat.

Som det framgår av tabell 4.2 var fosforinnholdet i jorda i de fire feltene noe forskjellig, med et gjennomsnitt på P-AL 30, noe som karakteriseres som 'ekstremt høyt'. I dag er et P-AL-nivå på 25-30 ganske vanlig på mye av grønnsaksjorda i Norge, men dette er ikke ønskelig på grunn av faren for utvasking/avrenning av fosfor til vassdrag.

Plantetallet ved høsting er ganske jevnt for de ulike leddene. Salgbar avling er definert som friske planter over 250 gram. I gjennomsnitt for de fire forsøkene er cirka 95 prosent av plantene salgbare. Vekten per plante var i snitt 350 gram, og dette er en grei konsumstørrelse.

Utslagene for P-gjødsling varierte noe mellom de ulike forsøkene, og derfor var ikke middeltallene statistisk sikre. Samlet sett oppnådde en størst salgbar avling med tilførsel av $\geq 4,5$ kg P/daa. På disse leddene var også gjennomsnittlig vekt per plante noe større, samtidig som det var til dels høyere antall salgbare planter.

Feltet som i utgangspunktet hadde lavest fosforinnhold (Jæren 2015) viste at lav P-tilførsel førte til noe tapping av plantetilgjengelig fosfor fra jorda (dvs. P-AL-tallene gikk ned). Gjennomsnittet for de fire forsøkene viste liten endring i P-AL etter en vekstsesong. Dette betyr at en oppgjødslet jord er svært stabil med hensyn til tilgjengelig fosfor. Balansetilførsel av fosfor til purre vil si cirka 2 kg P/daa. All tilførsel utover dette skulle normalt føre til høyere fosforinnhold, men når innholdet er allerede så

høyt som P-AL 30-40, skal det mye til for å øke det ytterligere. I gjennomsnitt for de fire feltene er det kun den sterkeste P-gjødslinga som har ført til en slik økning. En godt oppgjødslet grønnsaksjord har reserver for flere ti-års drift, sjøl med tilførsel av svært moderate mengder fosfor. At målte P-AL-verdier er høyere etter høsting enn før gjødsling om våren, sjøl på leddene uten og minst mengde fosfor, kommer av at mye av fosforet er svært løst bundet ved så høye P-AL-verdier, og mye gjøres plantetilgjengelig i løpet av sommeren.

Gjødslingstilrådingen for purre har vært 6 kg P/daa ved P-AL 5-9, men med nedjustering ved høyere P-AL-tallene i jorda. Denne forsøksserien viser at det ikke var store utslag for fosfortilførsel ut over 1,5 kg/daa på jord som var svært godt oppgjødslet med fosfor fra før. I gjennomsnitt for alle fire forsøkene har en fått størst salgbar avling og størst planter ved tilførsel av 4,5 kg P/daa, selv om utslagene ikke var statistisk sikre. På en 'typisk grønnsaksjord' kan en trygt redusere fosforgjødslingen.

4.1.3 Konklusjon

Vi konkluderer med at en ny generell fosfornormgjødsling til purre bør være 4,5 kg P/daa ved optimalt P-AL innhold (5-7 mg/100g). På jord med P-AL-verdier over 15 reduseres normen til ca. 4 kg og ytterligere til 3 kg på ekstremt fosforrik jord (P-AL>24). Selv om disse mengdene er større enn 'balansetilførsel', begrunnes anbefalingen med at purre har et begrenset rotsystem for næringsopptak.

4.2 Stilkselleri

Tidligere gjødslingsnorm til stilkselleri (2017) har vært 5 kg P/daa. Dette er cirka det dobbelte av det som bortføres med avling. Balansetilførsel vil derfor tilsi ca. 2,5 kg P/daa.

4.2.1 Metode

Forsøkene ble gjennomført med fem ulike fosformengder, stigende fra null til 6 kg P/daa. Dette ble gitt som OPTI-P (tabell 4.4). Det ble tilført lik mengde nitrogen (15 kg N/daa) og kalium (18 kg K/daa) i alle ledd, gitt som henholdsvis OPTI-KAS/Kalksalpeter og kaliumsulfat. I tillegg var det med et ledd med Fullgjødsel (Fullgjødsel 12-4-18), der tilførte mengder per dekar var 15,2 kg N, 3,6 kg P og 15,8 kg K. All gjødsel tilført før planting (grunnngjødsling) ble harvet ned. Det ble plantet ut med to/tre rader på seng med planteavstand 30/35 cm, som tilsier et plantetall på cirka 5000 per dekar. Delgjødsel ble tilført i to omganger slik det framgår av tabell 4.5. Det ble tatt gjentaksvise jordprøver ved anlegg og rutevise prøver like etter avsluttet høsting, til analyse av P-AL.

Tabell 4.4. Forsøksplan P-gjødsling til stilkselleri

Ledd	Kg P/daa	Grunngjødsling	1.delgjødsling	2.delgjødsling
1	0	20 kg OPTI-KAS + 45 kg Kaliumsulfat	20 kg OPTI-KAS	30 kg Kalksalpeter
2	1.5			
3	3			
4	4.5			
5	6			
6	3,6	50 kg Fullgj. 12-4-18	40 kg 12-4-18	30 kg Kalksalpeter

Tabell 4.5. Feltopplysninger for 6 forsøk med P-gjødsling til stिल्selleri

År	Sted	Jordart	P-AL v/anlegg	Datoer for			
				Planting	1.delgj.	2.delgj.	Høsting
2015	Oppland	Lettleire	4,5	16.mai	19.juni	3.juli	13.okt.
2016	Oppland	Lettleire	8,5	21.mai	23.juni	8.juli	21.sept.
2017	Oppland	Lettleire	12,7	1.juni	7.juli	20.juli	4.okt.
2015	Landvik	Sandjord	27,0	18.mai	15.juni	3.aug.*	30.sept.
2016	Landvik	Lettleire	12,0	27.mai	28.juni	27.juli	4.okt.
2017	Landvik	Sandjord	27,0	29.mai	29.juni	16.aug.*	18.okt

*Tilført 20 kg Kalksalpeter ekstra ifht plan på ettersommeren pga stor utvasking

4.2.2 Resultat og diskusjon

Avlingstall, analysetall og beregninger for de seks feltene framgår av tabell 4.6. Det ble foretatt vurdering av jevnhet, farge, vekst og totalinntrykk for hver forsøksrute, men det ble ikke funnet sikre forskjeller, og disse parameterne ble derfor ikke tatt med i tabellen.

Tabell 4.6 Avlinger og P-AL analyser i middel av 6 forsøk med P-gjødsling til stिल्selleri

Forsøksledd	Planter pr. daa	Avling, kg/daa		% ant. salgbar	Gram pr. plante	P-AL		% P av ts.
		Totalt	Salgbar			v/anlegg	v/høst	
0 kg P/daa	4600	3399	3167	87	799	15	16,6	0,27
1,5 kg P/daa	4700	3511	3034	83	810	15	16,5	0,26
3,0 kg P/daa	4600	3398	3121	90	787	15	16,9	0,27
4,5 kg P/daa	4600	3435	3076	84	814	15	17,2	0,28
6,0 kg P/daa	4700	3673	3309	89	841	15	17,9	0,28
3,6 kg P/daa (fullgj.)	4700	3424	3357	94	794	15	17,1	0,27
P%	>20	>20	>20	>20	>20		2,0	
LSD 5 %							1,2	

Feltkvaliteten var god i alle tre forsøksårene, med jevnt plantetall. Forsøkene i Oppland (Toten) ble gjennomført med to planterader per seng og planteavstand 30 cm, mens feltene på Landvik ble plantet med tre rader og 35 cm avstand, noe som ga antall planter per dekar på henholdsvis 3900 og 5500. Fosfornivået i jorda ligger generelt mye lavere på Toten enn i Aust-Agder (Landvik). En regner med at et fosfornivå på P-AL 8-9 er representativt for «Toten-jord». På denne jorda er pH høy (6,5 i middel), og fosfortilgjengeligheten vil da gjerne være god. Landvik-jorda er noe for lett til å bli betegnet som 'god sellerijord'. Sandjorda her ga mye utvasking så en måtte supplere med litt ekstra N-gjødsling på høsten.

Det var små forskjeller mellom forsøksleddene i de enkelte forsøkene. Dette gjelder avling, vekt per plante og prosent klasse 1, og betyr at det ikke var sikre utslag for fosforgjødsling. Det gjelder både i år med toppavling og i år med mindre avling. Feltet på Toten i 2015 hadde lavere pH og lavere P-AL i jorda, og her fikk en noe større utslag for P-gjødsling når det gjaldt avling, men ikke på prosent kl.1.

Det ble foretatt analyse av fosforinnholdet i plantematerialet og vises i tabell 4.6 som % P av tørrstoffinnholdet. Heller ikke her ble det funnet utslag for økende fosfortilførsel. Dette var som forventet, da fosfortilgangen tydeligvis har vært høy, sjøl på null-rutene.

Analysen av jordprøvene som ble tatt like etter høsting viser at P-AL-nivået i jorda hadde økt med 1,3 enheter fra null-leddet til de leddene som fikk tilført mest fosfor, med statistisk sikre forskjeller. Årsaken er trolig det høye fosfornivået i jorda på Landvik og at 'Toten-jorda' bidrar med mer fosfor enn P-AL-tallene viser fordi bindingene av fosfor i jorda er svakere, noe som igjen gjør mer fosfor plantetilgjengelig.

For stिल्kselleri regner en med at balansetilførsel er cirka 1,5 kg P/daa ved en bruttoavling på 3 tonn, og 3,0 kg P når avlingen blir det dobbelte. Det betyr at sterkere gjødsling enn dette normalt vil føre til økning av P-AL-nivået i jorda. Dette samsvarer godt med det vi fant både i enkeltfeltene og i gjennomsnittstallene.

4.2.3 Konklusjon

Vi konkluderer med at en ny generell fosfornormgjødsling til stिल्kselleri bør være 3,5 kg P/daa ved optimalt P-AL innhold (5-7 mg/100g). På jord med P-AL-verdier over 15 reduseres normen til ca. 2,5 kg P/daa og ytterligere til 1,7 kg P/daa på ekstremt fosforrik jord (P-AL>24).

4.3 Knollselleri

Tidligere gjødslingsnorm til knollselleri (2017) har vært 6 kg P/daa. Dette er cirka det dobbelte av det som bortføres med avling. Balansetilførsel vil derfor tilsi ca. 3 kg P/daa.

4.3.1 Metode

Det ble gjennomført 5 forsøk denne serien, tre i NLR Øst og to på NIBIO Landvik. Forsøkene ble gjennomført etter samme plan som for stिल्kselleri, men med noe forskjellige mengder av OPTI-KAS, kalksalpeter, kaliumsulfat og Fullgjødsele enn hos stिल्kselleri (tabell 4.7). Delgjødsele ble tilført i to omganger slik det framgår av tabell 4.8. Det ble tatt ut gjentaksvise jordprøver ved anlegg av forsøket og rutevise prøver like etter avsluttet høsting til analyse av P-AL.

Tabell 4.7. Forsøksplan P-gjødsling til knollselleri

Ledd	Kg P/daa	Grunngjødsling	1.delgjødsele	2.delgjødsele
1	0	50 kg OPTI-KAS + 50 kg Kaliumsulfat	20 kg OPTI-KAS	25 kg Kalksalpeter
2	1.5			
3	3			
4	4.5			
5	6			
6	4,0	100 kg Fullgj. 12-4-18	20 kg OPTI-KAS	20 kg Kalksalpeter

Tabell 4.8. Feltopplysninger for 5 forsøk med P-gjødsling til knollselleri

År	Sted	Jordart	P-AL v/anlegg	Datoer for			
				Planting	1.delgj.	2.delgj.	Høsting
2015	NLR Øst	Siltig m.sand	27	29.mai	3.juli	24.juli	2.okt.
2016	NLR Øst	Mellomsand	25	28.mai	1.juli	15.juli	13.okt.
2017	NLR Øst	Siltig m.sand	13	26.mai	29.juni	14.juli	10.okt.
2015	Landvik	Mellomsand	27	18.mai	15.juni	10.aug.	2.okt.
2017	Landvik	Mellomsand	24	29.mai	29.juni	16.aug.	26.okt.

4.3.2 Resultat og diskusjon

Avlingstall, analysetall og beregninger framgår av tabell 4.9. Det ble foretatt vurdering av jevnhet, farge, vekst og totalinntrykk for hver forsøksrute, men det ble ikke registrert sikre forskjeller og parameterne er derfor ikke tatt med i tabellen.

Tabell 4.9. Avlinger og P-AL analyser i middel av 5 forsøk med P-gjødsling til knollselleri

Forsøksledd	Planter pr. daa	Avling, kg/daa		% ant. salgbar	Gram		P-AL v/høst
		Totalt	Salgbar		pr. knoll	v/anlegg	
0 kg P/daa	4500	1993	1914	97	468	23,5	22,7
1,5 kg P/daa	4600	1992	1835	91	469	23,5	23,2
3,0 kg P/daa	4600	2120	2048	93	495	23,5	23,4
4,5 kg P/daa	4500	2114	2017	92	504	23,5	25,6
6,0 kg P/daa	4500	2131	1945	96	503	23,5	24,9
4,0 kg P/daa (Fullgj.)	4600	2101	2057	92	467	23,5	24,8
P%	>20	>20	7,6	>20	15,0		0,6
LSD 5%							1,6

Feltkvaliteten var tilfredsstillende, men i 2017 opplevde en noe dårlig vekst. Avlingene har derfor variert en del mellom forsøkene, fra 1600 til 3200 kg salgbar avling/daa. Dette kan i enkelte tilfelle relateres til noe lav pH (pH 5,8). Ellers lå alle feltene på jord med høyt fosforinnhold (P-AL rundt 25). Dette blir klassifisert til 'ekstremt høyt innhold'.

Det er små statistisk sikre forskjeller mellom forsøksleddene både i enkeltfeltene og i gjennomsnittstallene. Dette forteller ikke noe om samlet forsøkskvalitet, men at det ikke er blitt påvist store utslag for fosforgjødsling. Dette har også vært gjennomgående for alle forsøk gjennomført i disse seriene. Siden mye av grønnsaksjorda i utgangspunktet har høyt fosforinnhold, gjerne P-AL mellom 20 og 30, er det så store reserverer av plantetilgjengelig fosfor i jorda at planter med et godt utviklet rotsystem vil ha tilstrekkelig tilgang på fosfor hele vekstsesongen.

Balansetilførsel av fosfor vil for knollselleri være cirka 3 kg/daa ved en avling på 3-4 tonn, men bare 2,5 kg ved gjennomsnittsavlingene i forsøkene her. All tilførsel over dette skulle normalt ført til økning av fosforinnholdet i jorda. Tallene i tabell 4.9 viser at dette stemmer bra. Tilførsel av 3 kg P/daa har gitt uforandret P-AL etter høsting, mens tilførsel utover dette har ført til økt innhold i jorda. Det var en signifikant stigning i P-AL ved tilførsel av 4-6 kg P/daa.

I middel for disse forsøkene har en ikke fått utslag for fosforgjødsling, hverken på totalavling, salgbar avling eller prosent salgbare røtter. Vekt per knoll var også ganske lik. Det var ikke noe positivt utslag av Fullgjødsel-leddet sett i forhold til tilsvarende fosformengde gitt som superfosfat (ledd 4). Derimot viser middeltallene for vekst, farge og jevnhet noe bedre verdier ved bruk av Fullgjødsel, sjøl om forskjellene er statistisk usikre.

4.3.3 Konklusjon

Siden rotsystemet til knollselleri ikke er spesielt stort og kraftig, kan noe mer enn balansetilførsel være riktig å praktisere. Vi konkluderer derfor med at en ny generell fosfornormgjødsling til knollselleri bør være 4,0 kg P/daa ved optimalt P-AL innhold (5-7 mg/100g). På jord med P-AL-verdier over 15 reduseres normen til ca. 2,8 kg og ytterligere til 2,1 kg på ekstremt fosforrik jord (P-AL>24).

5 Reviderte anbefalinger for P-gjødsling til purre, stilkselleri og knollselleri

På bakgrunn av forsøkene presentert i denne rapporten, er det utarbeidet nye anbefalinger for norm-gjødsling med fosfor til purre, stilkselleri og knollselleri. Normene gjelder ved et optimalt P-AL-nivå i jorda og er basert på prinsippet om balanse-gjødsling og ut fra hensyn til miljøet. Normene reduseres ved økende P-AL-status utover det optimale P-AL-nivået (tabell 5.1).

Tabell 5.1. Ny norm-gjødsling med P (kg/daa) til purre, stilkselleri og knollselleri

P _{AL} -verdi (mg/100g)	Tidligere norm-gjødsling	Optimalt ('norm')	Endring av P-gjødsling ved ulike P-status				
			Moderat	Høyt	Meget høyt	Svært høyt	Ekstremt høyt
	5-9	5-7	8-10	11-14	15-19	20-24	>24
			kg P/daa				
Purre							
- høst/fabrikk	6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,0
- tidlig	6	5,0	4,8	4,5	4,2	4,0	3,5
Stilkselleri							
- sommer/høst	5	3,5	3,0	2,8	2,4	2,0	1,7
Knollselleri							
- sommer/høst	6	4,0	3,5	3,1	2,8	2,5	2,1

Referanser

- Fink, M., C. Feller, H.-C. Scharpf, U. Weier, A. Maync, J. Ziegler, P.-J- Paschold & K. Straumeyer (1999) Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables – Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 71-73.
- Fystro, G. (2007). Fosforgjødsling til eng - behov for endring. *Bioforsk FOKUS 2 (7)*: 40-42.
- Fystro, G., Kristoffersen, A.Ø., Krogstad, T., Løes, A-K. & Lunnan, T. 2015. Differensiert fosforgjødsling – betydning for avling og miljø. *Bioforsk Rapport vol 7 nr. 165*, 63 s. ISBN: 978-82-17-01017-3.
- Bioforsks Gjødslingshåndboka (2015). Kapittel 5. Grønnsaker.
www.bioforsk.no/gjodslingshandbok, nettbaserte tjenester.
- Haug, K. (2010). Gjødslingsnormer og fosforgjødsling til poteter. *Bioforsk FOKUS 5 (1)*, s. 302-306.
- Johnston, A.E., P.R. Poulton, and K. Coleman. 2009. Soil organic matter: Its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy* 101:1–57.
- Kristoffersen, A. Ø., Hoel, B.O., Krogstad, T. & Øgaard, A. (2008). Reduserte fosfornormer til korn. *Bioforsk FOKUS 3 (1)*: 50-51.
- Kristoffersen, A.Ø. (2010). Innføring av ny fosfornorm til korn og ny korreksjonslinje for P-AL. Hvilken betydning har det for fosforforbruket? *Bioforsk FOKUS 5 (1)*:136-138.
- Kristoffersen, A.Ø. & Øgaard, A.F. (2019). Fosforgjødsling bestemt av P-AL. *NIBIO BOK 5(1)*: 131-135.
- Ministeriet for Fødevarer, Landbruk og Fiskeri (2010). Veiledning om gødsknings- og harmoniregler. Plantedirektoratet, s. 77.
- Riley, H., Stubhaug, E., Kristoffersen, A.Ø., Krogstad, T., Guren, G. og Tajet, T. 2012. P-gjødsling til grønnsaker: Evaluering og nye anbefalinger. *Bioforsk Rapport vol. 7 nr. 68*, 44 s. ISBN: 978-82-17-00929-0.
- Stubhaug, E., Riley, H., Kristoffersen, A.Ø. 2015. P-gjødsling til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat: Nye anbefalinger. *Bioforsk Rapport vol. 10 nr. 14*, 14s. ISBN:978-82-17-01397-6.
- Øgaard, A.F., Kristoffersen, A.Ø. & Pedersen, R. 2012. Fosforgjødsling – betydning for fosforkonsentrasjonen i jord og tap til vann. *Bioforsk Rapport vol. 7 nr. 147*, 47 s. ISBN: 978-82-17-01002-9.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.