

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 10 Nr. 14 2015

P-gjødsling til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat

Nye anbefalinger

Erling Stubhaug, Hugh Riley og Annbjørg Ø. Kristoffersen
Norwegian Institute for Agricultural & Environmental Research (Bioforsk)

www.bioforsk.no





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Landvik
Reddalsveien 215
4886 Grimstad
Tel.: (+47) 40 60 41 00
landvik@bioforsk.no

Tittel/Title:

P-gjødsling til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. Nye anbefalinger
P-fertilization of broccoli, cauliflower, swedes, iceberg lettuce: New recommendations

Forfatter(e)/Author(s):

E. Stubhaug, H. Riley, og A.Ø. Kristoffersen

<i>Dato/Date:</i> Februar 2015	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen/open	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 120011.19	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 2013/1015
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 14/2015	<i>ISBN-13 nr./ISBN-13 no:</i> 978-82-17-01397-6	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 14	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> ingen

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Landbruksdirektoratet/ Norwegian Agricultural Authority	<i>Kontaktperson/Contact person:</i>
--	--------------------------------------

<i>Stikkord/Keywords:</i> Jordanalyse Miljø P-gjødsling Environment Soil analysis P-fertilizer	<i>Fagområde/Field of work:</i> Kvalitetssikring: Gjødsling av grønnsaker Quality assurance: Fertilization of vegetables
--	--

Sammendrag:

I 2012 ble fosfornormene til hodekål, gulrot og løk nedjustert, og publisert i Gjødslingshåndboka og i en Bioforsk-rapport (7(68)2012). Nå reduseres fosfornormene til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat, etter flere forsøk i disse fire kulturene.

Grønnsaker er en vekstgruppe med stor variasjon i rotvekstmønster, noe som gir ulik evne til å utnytte tilført fosfor. Jordsmønn, fuktighet og temperatur er viktig for mobilitet og opptak. Balansetilførsel av fosfor vil si at en tilfører like mye fosfor med gjødsel som det avlingen tar bort fra åkeren. For grønnsaker med kraftig og djuptgående rotsystem som dyrkes på fosforrik jord kan en tilføre mindre enn balansen, noe som vil si at jorda tappes for fosfor. For andre kulturer med lite og svakt rotsystem kan det derimot være rett at det gjødsles over balanse. Mye av grønnsaksjorda er sterkt oppgjødslet med fosfor ($P_{AL} > 24$) og det er ønskelig å redusere fosforinnholdet i denne jorda. Balanseprinsippet bør da i praksis bli gjennomført i sammenheng med et vekstskifte over år. Det blir anbefalt å gjødsle med noe mer fosfor til tidligkulturer på bakgrunn av lågere jordtemperatur og korte vekstsesong, noe som reduserer mulighetene for utnyttelse av fosforreservene i jorda og mindre effektivt fosforopptak.

Summary:

In 2012 the Norwegian phosphorous fertilizer recommendations for white cabbage, carrots and onions were reviewed and reduced on the basis of recent P-fertilizer trials. Results were published on-line on Bioforsk's website (Gjødslingshåndboka) and in a Bioforsk-report (vol. 7(no. 68) 2012). In the present report the phosphorous fertilizer recommendations for broccoli, cauliflower, swedes and iceberg lettuce are similarly adjusted, on the basis of the latest trials in these crops.

Vegetables comprise a group of crops with large variation in root growth patterns, which results in contrasting ability to make use of applied phosphorous fertilizer. Soil conditions, moisture and temperature are also important for phosphorous mobility and uptake by crops. Balanced P fertilization implies that the phosphorous fertilizer supply equals the amount of P removed from the field in the harvested products. When the soil content of available P is high, it is for vegetable crops with extensive, deep root systems sufficient to apply less P fertilizer than that needed for a balanced supply. This will over time reduce the soil's reserves of plant-available P. In the case of crops with less extensive, shallow root systems, it may be necessary to apply more fertilizer than that which gives balance.

Much of the vegetable-growing area in Norway has previously been heavily fertilized with phosphorous, resulting in extremely high levels of available P ($P_{AL} > 240 \text{ mg kg}^{-1}$) in the soil. It is desirable to reduce these levels in order to lower the risk of P runoff to waterways, which leads to serious eutrophication. Under Norwegian conditions we recommend the application of somewhat higher amounts of P fertilizer to early vegetable crops, due to the cooler soil conditions under which they are grown and the short period of nutrient uptake in these crops, both of which restrict their ability to make effective use of soil P reserves. Although the principle of balanced P fertilization is thus not always achieved in individual years, it should in practice be aimed at achieving balanced P application over the whole crop rotation cycle of several years.

<i>Land/Country:</i>	Norge
<i>Fylke/County:</i>	Aust-Agder
<i>Kommune/Municipality:</i>	Grimstad
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Landvik

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Roald Sørheim (sign)

Erling Stubhaug

Innhold

Kapitel		Side
1	Bakgrunn	2
2	Balansetilførsel med fosfor	3
3	'Norm-gjødsling' og justering av denne i forhold til jordas P-status	4
4	Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge	5
5	Oppsummering og reviderte anbefalinger for P-gjødsling til grønnsaker	12
6	Behov for videre undersøkelser	13
7	Takk til	13
8	Litteraturhenvisninger	14

1. Bakgrunn

Nest etter nitrogen, er fosfor (P) det viktigste næringsemne 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. Jordsmonn, fuktighet og temperatur er viktig for mobilitet og opptak av fosfor. God tilgang på fosfor er viktig for rask etablering av et godt rotsystem. Siden fosfor er lite mobilt i jorda er det avgjørende at det kommer i kontakt med planterøttene. Rotdybden varierer mye mellom ulike grønnsakskulturer: Kålvekster 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 vil ha en langt høyere optimal P-status enn jord med god jordstruktur og høy biologisk aktivitet.

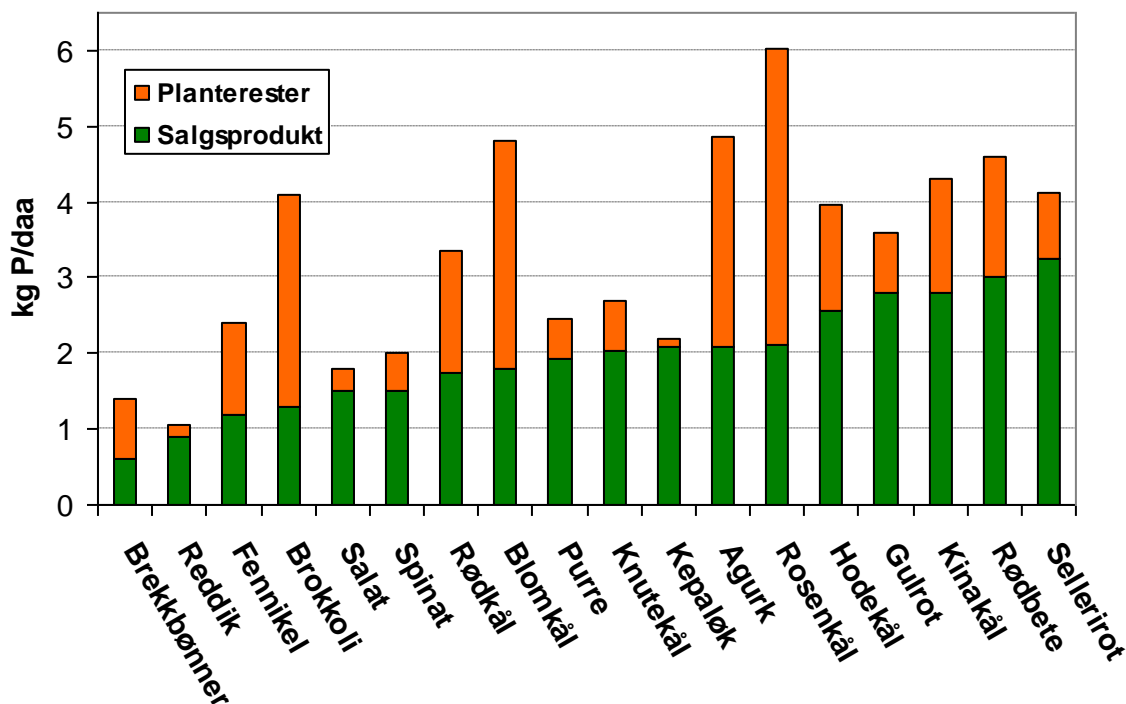
I Norge er det gjerne seie og kjølige vårer, og somrene er som regel kortere enn i andre europeiske land. Dette er en sannsynlig årsak til at det ofte kan være gunstig å gi rikelig med fosfor til grønnsaker i Norge. Over tid gir dette imidlertid et overskudd av fosfor i jorda, og det er i dag stort fokus på faren for P-avrenning til vassdrag som dette fører til. 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 Bioforsk-rapport med nye fosfornormer for hodekål, gulrot og løk. Denne rapporten (Riley, Stubhaug 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 fosfor-gjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge. De nye norske anbefalingene bygger mye på resultater fra 55 forsøksfelt innen de tre nevnte kulturene i perioden 2008-2011. Som en oppfølging til disse forsøksseriene, ble det i perioden 2011-2013 gjennomført 19 forsøk innen kulturene brokkoli/blomkål, kålrot og isbergsalat. Det er resultatene fra disse, sammenholdt med kunnskap presentert i den nevnte Bioforsk-rapporten som gir grunnlag for anbefalinger om nye normtall for P-gjødsling til disse fire kulturene gitt i denne rapporten.

2. Balansetilførsel av fosfor

Det er stor forskjell mellom de ulike grønnsaksslagene 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 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. Knutekål (som kan sammenliknes med kålrot) er også eksempel på en vekst som har mesteparten av sitt P-innhold i spiselig 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 planten 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 i jorda, 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. For andre kulturer, som løk, som har et svært grunt rotsystem, kan tilført anbefalt mengde P (f.eks. 5 kg P pr. dekar) være langt over balansetilførselen på 1,5 kg P/dekar. 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 middels innhold av plantetilgjengelig fosfor (P-AL 5-9 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 høge P-AL verdier uten å risikere å tape avling og/eller forringe produktkvalitet. Hos grønnsaker blir gjødslingsanbefalingene 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 høgt P-AL. For grønnsaker er imidlertid den økonomiske konsekvensen av et evt. avlingstap gjerne så stor at man nøler med å anbefale å sløyfe P-gjødsling helt, selv ved ekstremt høge P-AL verdier. Slike tall er svært vanlige hos grønnsaksdyrkere. Derfor gjorde vi i rapporten som ble nevnt innledningsvis (Riley, Stubhaug mfl., 2012) en utvidelse og omdefinering av P-AL skalaen når det gjelder grønnsaker. Skalaen blir ikke lenger avsluttet ved P-AL 19, og det er innført to nye klasser, dvs. svært høgt og ekstremt høgt P-AL nivå. Hovedregelen er nå at P-tilførselen ved et svært høgt P-AL nivå ikke bør overstige det som fjernes med avlingen og at det ved et ekstremt høgt P-AL nivå bør tilføre mindre P enn det som fjernes med avlingen.

Tabell 3.1 viser de nye anbefalte normene for kulturene hvitkål, kepaløk og gulrot, slik det ble foreslått etter revideringen i 2012. 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 lågere avlingsnivå enn ellers. Tidligkulturer defineres som egne kulturer, som det anbefales å gjødsle noe sterkere med P for å kompensere for låg P-mobilitet i kald jord. Anbefalingene er dermed mer nyansert enn tidligere.

Tabell 3.1. Nye norm-gjødselmengder (kg P/dekar) ved optimal (middels)P_{AL}-status for kål, løk og gulrot og anbefalte P-mengder ved høyere P_{AL}-nivå i jorda (Riley, Stubhaug mfl. 2012)

	Tidligere norm-gjødsling	Optimalt ('norm')	Endring av P-gjødsling ved ulike P-status				
			Moderat	Høyt	Meget høyt	Svært høyt	Ekstremt høyt
P _{AL} -status (mg/100g)	5-9	5-7	7-10	10-14	15-19	20-24	>24
Hvitkål, industri og konsum	4,0	3,0	3,0	2,5	2,2	1,8	1,5
Sommerkål, tidlig mai-juli	-	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0
Kepaløk (breigjødslet)	6,0	5,8	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0
Kepaløk (stripegjødslet)	6,0	4,3	3,9	3,3	2,8	2,3	2,0
Gulrot, industri og konsum	5,0	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0

Ved middels P-AL status i jorda (5-9 mg P/100g) er det hittil anbefalt i Norge å tilføre 3 kg P pr. dekar til blomkål og 4 kg P til brokkoli, kålrot og salat. Dette tilsvarer omtrent P-mengden som fjernes i en svært stor kålrotavling (>8 tonn/dekar), men er betydelig mer enn det som fjernes med avlingene til de andre vekstene. 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 pr. dekar for ulike grønnsakarter. Til asparges, erter, spinat og grønnkål anbefales det relativt låge P-mengder, mens 3-4 kg P pr. dekar 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 brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat (www.bioforsk.no/gjodslingshandbok) og tilsvarende anbefalinger i England, Tyskland og Sveits, ved noenlunde samme avlingsnivå.

Tabell 3.2. Sammenlikning av dagens anbefalt normal P-gjødsling (kg P/dekar) til nylig undersøkte kulturer med verdier som er anbefalt i Tyskland, Sveits og England

	Norge ¹ (N)	Tyskland (T)	Sveits (S)	England (E)	Middel (T,S,E)	Forskjell (jfr. N)
Brokkoli, sommer/høst	4,0	1,7	1,3	2,2	1,7	-2,3
Blomkål, som./høst/fabrikk	3,0	1,7	1,7	2,2	1,9	-1,1
Kålrot, høst/lagring	4,0	2,0	2,2	2,2	2,1	-1,9
Isbergsalat	4,0	1,5	1,7	4,4 ²	2,5	-1,5

¹ Gjødslingshåndboka (2015) ² Inkludert startgjødsling

De nåværende norske anbefalingene for disse kulturene ligger altså mye høyere enn i disse tre europeiske landene, med størst avvik for brokkoli. 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 høgt' P-innhold i jorda, anbefales det å tilføre 1 kg P pr. dekar til alle grønnsaksvekster.

4. Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker

Det henvises til rapporten fra 2012 som ble omtalt innledningsvis for en presentasjon av resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk i Norge med grønnsaksslagene hodekål, gulrot og kepaløk. Det ble gjennomført over 50 forsøk med disse vekstene i perioden 2006-2010. I perioden 2011-2013 er det gjennomført ytterligere 19 forsøk etter samme forsøksplan med kulturene brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. Resultatene for disse forsøkene presenteres her og gir grunnlag for forslaget om nye P-normer for disse kulturene.

4.1 Brokkoli og blomkål

Dagens gjødslingsnormer er 4 kg P pr. dekar for brokkoli og 3 kg P pr. dekar for blomkål (tabell 3.2). Bortføring med avling er ca. 1,5-2,0 kg P pr. dekar, mens fosformengder i restavling er rundt 3 kg P pr. dekar. En normgjødsling til brokkoli/blomkål (3-4 kg P pr. dekar), gir et P-overskudd når planterestene tilbakeføres jorda, som er den aller vanligste praksisen. Vanligvis blir brokkoli og blomkål dyrket på noe av den beste grønnsaksjorda, som ofte har høge verdier for plantetilgjengelig fosfor (P-AL >15). I forsøksserien ble de fleste

forsøkene gjennomført i brokkoli. Av de to forsøkene i blomkål ble det ene forkastet av forskjellige grunner, mens det andre forsøket representerer for lite tallmateriale til å bli presentert spesielt. Vi antar imidlertid, både ut fra forsøket og erfaringer, at fosforbehovet for blomkål er tilnærmet likt som for brokkoli.

4.1.1 Metode

Det ble gjennomført ti forsøk med fem ulike fosformengder, stigende fra null til 6 kg pr. dekar, gitt som superfosfat (OPTI-P™ 0-20-0), i tillegg til et ledd med 3 kg P i Fullgjødning 18-3-15. Alle forsøkene hadde tre gjentak. Det ble tilført lik mengde nitrogen (24 kg N pr. dekar) og kalium (17 kg K pr. dekar) i de førstnevnte leddene, gitt som Opti-KAS og Kalium-sulfat. Gjødningen ble foretatt som vist i tabell 4.1. All gjødning tilført før eller ved planting (grunnngjødsling) ble harvet ned. Det ble plantet på seng (1,5 m) med 30 cm planteavstand i to rader pr. seng. Dette tilsier et planteantall på 4400 planter pr. dekar. Delgjødning ble utført i to omganger.

Høsting ble foretatt etter hvert som hodene var ferdigutviklet i ønsket størrelse (diameter ca. 13 cm), og antall høstinger varierte fra 1 til 6. Høsting ble foretatt normalt to ganger pr. uke for sommerhold og litt sjeldnere for høsthold. Det ble foretatt kvalitetsvurderinger av hodene ved hver høsting, med registrering av gjennomvoksing av blad, fasthet og råteskader. Videre ble det gjort beregninger for prosent antall hoder for hver høsting, ut fra tanken om at sterkere fosforgjødsling kanskje påskynder utviklingen og dermed gir noe tidligere høsteferdige hoder. Det ble tatt ut gjentaksvise jordprøver ved anlegg av forsøket og rutevise prøver like etter avsluttet høsting. Disse ble analysert for innhold av plantetilgjengelig P. Tabell 4.2 viser hvor forsøkene ble gjennomført de tre årene samt kulturdata.

Tabell 4.1. Forsøksplan for P-gjødsling brokkoli

Ledd	Kg		1. delgjødning	2. delgjødning
	P/dekar	Grunngjødsling		
1	0	55 kg Opti-KAS+40 kg Kaliumsulfat	20 kg Opti-KAS	25 kg Opti-KAS
2	1.5	"	"	"
3	3	"	"	"
4	4.5	"	"	"
5	6	"	"	"
6	3	85 kg Fullgj. 18-3-15	30 kg 18-3-15	25 kg KS

Tabell 4.2. Feltopplysninger om 8 forsøk med P-gjødsling til brokkoli

Felt	År	P-AL	K-AL	pH	Planting	Delgj. 1	Delgj. 2	Høstingsperiode
NLR Viken (Lier)	2011	37	22	8,3	3. juli	4. aug.	17. aug.	7/9 - 14/9
Bioforsk Landvik	2011	14	6	6,2	29. juni	20. juli	10. aug.	24/8 - 20/9
NLR SørØst	2011	16	14	7,1	24. juni	10. aug.		16/8 - 5/9
NLR Viken (Lier)	2012	44	15	7,5	22. mai	22. juni	12. juli	30/7-13/8
Bioforsk Landvik	2012	31	6	6,2	8. juni	12. juli		8/8 - 20/8
NLR SørØst	2013	27	18	7,2	21. juli			11/9 - 3/10
NLR Vest-Oppland	2013	6	10	7,5	8. juli	12. aug.	26. aug.	30/9 - 30/9
Bioforsk Landvik	2013	32	5	6,8	7. juni	8. juli	25. juli	7/8 - 19/8

Forsøkene ble gjennomført på jord klassifisert som moldholdig leirjord til moldholdig mellomsand. Alle feltene, unntatt feltet hos NLR Vest-Oppland (Toten), lå på jord med svært høge fosfortall, i gjennomsnitt P-AL = 27. Jordas pH var også høy på de fleste feltene, noe som tyder på at jordene der forsøkene lå vanligvis blir brukt til korsblomstra vekster og er blitt kalket opp med tanke på å redusere problemer med klumprot. Plantetida varierte fra slutten av mai til begynnelsen av juli, noe som tilsier hhv. seint sommerhold og høsthold. I de fleste forsøk var tiden fra planting til høsting rundt to måneder.

4.1.2 Resultat og diskusjon

Forsøkskvaliteten var noe ujevn, men samlet sett karakterisert som fullt ut tilfredsstillende. Avlingsresultatene og jordanalysene er vist i tabell 4.3. Det ble ikke funnet sikre forskjeller mellom ledd i kvalitetsparameterne eller modningshastigheten, og disse er derfor ikke tatt med i tabellen.

Tabell 4.3. Avlinger og jordanalyser i middel av 8 forsøk med P-gjødsling til brokkoli,

Forsøksledd	Salgbar avling kg/dekar	Hodevekt gram/hode	Hodestr. cm	% ant. salgbar	P-AL	
					v/anl	v/høst
0 kg P/dekar	1434	390	13,3	93	27,2	29,1
1,5 kg P/dekar	1482	403	13,5	93	27,2	29,2
3,0 kg P/dekar	1454	397	13,4	92	27,2	30,8
4,5 kg P/dekar	1439	397	13,4	91	27,2	31,8
6,0 kg P/dekar	1400	393	13,3	90	27,2	32,3
3,0 kg P/dekar (Fullgj.)	1462	394	13,6	92	27,2	31,5
<i>P%</i>	>20	>20	>20	>20		0,05
<i>LSD%</i>						1,6

Det var ikke utslag for fosforgjødsling, hverken på salgbar avling eller hodestørrelse. Prosent salgbare hoder var også helt lik for de ulike forsøksleddene. Tabell 4.3 viser heller ikke noe positivt utslag av Fullgjødsel-leddet sett i forhold til tilsvarende fosformengde gitt som superfosfat (ledd 3). Bakgrunnen for å ha med Fullgjødsel-leddet var at fosfor (og kalium) i Fullgjødsel noen ganger regnes for å være mer plantetilgjengelig enn fosforet i superfosfat som ble benyttet i ledd 1-5.

I forsøkene med lågest fosforinnhold i jorda (SørØst 2011 og VestOppland 2013), kunne en kanskje forventet noe utslag for fosfortilførsel. I SørØst 2011 (P-AL=14) var det ikke utslag, hverken i salgbar avling eller i hodevekt. I VestOppland 2013 (P-AL= 6) registrerte vi en liten økning i hodestørrelse og salgbar avling, men den var høyst usikker. I et forsøk med brokkoli på lettleire i 2008, fant vi heller ikke utslag for ulik P-gjødsling mellom 0 og 6 kg P, selv om P-AL tallet var moderat (7-8). I dette forsøket var avlingen av salgbare hoder omkring 2000 kg/dekar, som er uvanlig mye for brokkoli, og omtrent på nivå med blomkål. Selv om forsøks-materialet som nevnt er noe spinkelt for blomkål, tror vi det er rimelig å gi samme anbefaling for disse to vekstene.

Analyser av de rutevise jordprøvene som ble tatt like etter høsting viser statistisk sikre forskjeller mellom forsøksleddene i fosforinnhold (P-AL-verdiene). Her finner vi en økning fra P-AL=29,1 på null-leddet til P-AL=32,3 på leddet med sterkest fosforgjødsling. Dette er i samsvar med det en har funnet i tidligere forsøk med andre grønnsakskulturer.

Balansetilførsel for en brokkoliavling (hoder) vil være 1-2 kg P pr. dekar. Analysene av jorda etter høsting viser at vi stort sett har funnet høyere P-AL-verdier i alle forsøksledd ved høstuttak, sammenliknet med uttak før gjødsling/planting. Det gjelder også på leddene med lite eller ingen tilførsel av fosfor, der P-AL økte med 2 enheter. På ledd med tilførsel av 3 kg P pr. dekar eller mer, har P-AL økt med 3-5 enheter. Dette tyder på disse mengdene representerer overskuddsgjødsling. Det kan også ha skjedd frigjøring av bundet fosfor i jorda gjennom vekstsesongen. Det er trolig dette som har skjedd på ledd 1 og 2, hvor P-AL tallene har økt med to enheter. Dette tyder på at reservene av fosfor i jorda er svært store og kan 'tæres på' i mange år framover.

4.1.3 Konklusjon

Den tidligere fosfornormen til brokkoli på 4 kg P pr. dekar justeres til ca. 3 kg P pr. dekar, og reduseres enda mer på grønnsaksjord der P-AL verdiene ofte er fra 15 og oppover. Her kan tilførselen reduseres til ca. 2 kg P, og ytterligere til 1,0-1,5 kg på ekstremt fosforrik jord (P-AL>24). Det foregår en betydelig frigjøring av fosfor i jorda gjennom vekstsesongen som plantene kan benytte, spesielt hos brokkoli som har et så kraftig rotsystem. Det er blitt gjennomført bare ett forsøk i blomkål, men resultatene viste det samme. Vi anbefaler derfor å bruke samme anbefaling til blomkål som til sommer- og høsthold av brokkoli, og noe mer (0,5 kg P) til tidlige hold.

4.2 P-gjødsling til kålrot

Dagens gjødslingsnorm til kålrot er 4 kg P pr. dekar (tabell 3.2). Bortføring med en middels stor avling er ca. 2-3 kg P pr. dekar mens fosformengden i bladverket er sjelden mer enn 1 kg. En norm-gjødsling gir også her et visst overskudd når planterestene tilbakeføres jorda. Kålrot blir vanligvis dyrket i omløp med åpenåkervekster som korn og potet, på jord som ofte har noe lågere P-AL verdier enn i de mest intensive grønnsaksområdene.

4.2.1 Metode

Forsøkene ble gjennomført med de samme fosformengder som i brokkoli. Det vil si fra null til 6 kg P pr. dekar i superfosfat (Opti-P), samt et ledd med Fullgjødsel 18-3-15. I Fullgjødsleddet ble det i disse forsøkene tilført bare 1,7 kg P og 9,5 kg K pr. dekar. Det ble tilført lik mengde nitrogen (12 kg N pr. dekar) og kalium (16 kg K pr. dekar) i alle andre ledd, gitt som Opti-KAS og Kaliumsulfat. Gjødslingen ble foretatt som vist i tabell 4.4. All gjødsel gjort før planting (grunnngjødsling) ble harvet ned. Det ble plantet ut med henholdsvis tre (Rogaland) og to (Landvik) rader pr. seng med planteavstand 30 cm (plantetall hhv. 66.000/44.000). Det ble delgjødset en gang med Bor-kalksalpeter. Hele forsøket ble høstet samtidig og sortert etter størrelse og kvalitet. Det ble tatt ut gjentaksvise jordprøver ved anlegg av forsøket og rutevise prøver like etter avsluttet høsting. Disse ble analysert for innhold av tilgjengelig fosfor. Til sammen ble det gjennomført 4 forsøk i denne serien, alle med tre gjentak (tabell 4.5). De ble gjennomført på ulike jordarter, og hadde noe varierende, men generelt svært høy fosforstatus.

Tabell 4.4. Forsøksplan for P-gjødsling til kålrot

Ledd	Kg P/dekar	Grunngjødsling	Delgjødsling
1	0	40 kg Opti-KAS + 40 kg Kaliumsultat	20 kg Bor-KS
2	1.5	«	«
3	3	«	«
4	4.5	«	«
5	6	« «	
6	1,7	65 kg Fullgj. 18-3-15	20 kg Bor-KS

Tabell 4.5. Feltopplysninger om 4 forsøk med P-gjødsling til kålrot 2012-2013

År	Sted	Jordart	P-AL	Planting	Delgj.	Høsting
2012	NLR Rogaland	Moreneletteire	11	13.juni	11.juli	25.sept
2013	NLR Rogaland	Myrjord	16	9.juli	10.sept.	1.okt.
2012	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	30	8.juni	12.juli	10.aug.
2013	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	34	7.juni	11.juli	20.aug.

4.2.2 Resultat og diskusjon

Forsøkskvaliteten var gjennomgående god. Avlingsresultatene og jordanalysene er vist i tabell 4.6. Det ble utført registreringer av rotfarge og totalinntrykk på hver enkelt forsøksrute, men det ble ikke funnet forskjeller i disse parameterne. De er derfor ikke tatt med i tabellen.

Tabell 4.6. Avlinger og jordanalyser i middel av 4 forsøk med P-gjødsling til kålrot

Forsøksledd	Planter pr. dekar	Avling, kg/dekar		%	Rotvekt g/salgb.rot	P-AL	
		Totalt	Salgbar			v/anlegg	v/høst
0 kg P/dekar	5700	4870	3956	77	951	24	24,1
1,5 kg P/dekar	5640	5017	3695	72	991	24	25,0
3,0 kg P/dekar	5560	4874	3599	71	992	24	24,2
4,5 kg P/dekar	5660	5147	3617	70	994	24	25,0
6,0 kg P/dekar	5590	5106	3816	73	1017	24	26,6
1,7 kg P i Fullgj 18-3-15	5610	4994	3871	75	1024	24	24,9
P%	>20	>20	>20	>20	>20		>20

Det ble ikke funnet statistiske sikre utslag for fosforgjødsling, og leddet uten fosfortilførsel hadde faktisk gitt den høyeste salgbar avlingen. Rotvekta økte noe med stigende fosfortilførsel, selv om utslagene var små og ikke sikre. At salgbar avling er størst på 0-leddet kommer av at det her var færre røtter som ble frasortert som for store. I enkelte felt var den salgbar avlingen opp til 10 prosent høyere på 0-leddet enn på leddene med fosforgjødsling. Dette gjaldt spesielt feltet på myrjord i Rogaland 2013.

Fosforinnholdet i jordprøvene som ble tatt like etter høsting viste ingen statistisk sikre forskjeller mellom forsøksleddene. Det var også liten endring i P-AL fra våren til høsten. P-AL-nivået var i snitt for feltene høyt, og gjenspeiler store P-reserver som kan «tæres på» i mange år framover.

4.2.3 Konklusjon

Dagens fosfornormer til kålrot på 4 kg P pr. dekar ved P-AL 5-9 justeres ned til 2,5 kg. Fosfortilførselen kan reduseres trinnvis ytterligere til 1 kg P pr. dekar på jord som er ekstremt

fosforrik (P-AL>24). Dette gjelder sommer- og høstdyrking. Ved tidligdyrking under plast anbefales å øke fosfortilførselen med 0,5 kg P pr. dekar, uavhengig av P-AL status.

4.3 P-gjødsling til isbergsalat

Bioforsks nåværende gjødslingsnorm for isbergsalat er 4 kg P pr. dekar. Bortføring med avlingen er vanligvis rundt ett kilo pr. dekar. Dette innebærer at det tilføres mye mer fosfor enn det som tas bort. Salat dyrkes gjerne på den beste grønnsaksjorda, oftest med høge verdier for plantetilgjengelig fosfor. I tillegg blir det vanligvis brukt Fullgjødsel 12-4-18, noe som betyr det at i praksis blir tilført 5-6 kg P pr. dekar ved sterk N-gjødsling. Omtrent all isbergsalat blir i dag dyrket på svart plast. Varm jord under plasten vil trolig føre til god plantetilgjengelighet av fosforet dersom fuktighetsforholdene er gode.

4.3.1 Metode

Forsøkene til isbergsalat ble gjennomført med de samme fosformengder som i brokkoli og kålrot, fra null til 6 kg P pr. dekar i superfosfat (Opti-P). Det ble gitt like mengder nitrogen og kalium i alle disse ledd, 13,5 kg N og 16 kg K, ved bruk av henholdsvis Opti-KAS og Kaliumsulfat. I tillegg var det et ledd med 120 kg Fullgjødsel 12-4-18, noe som tilsvarer 14,1 kg N, 4,8 kg P og 21,1 kg K pr. dekar. Gjødsla ble blandet inn i jorda før plastlegging. Det ble benyttet sort plast med 4 (5) rader på senga i alle forsøk.

Det ble gjennomført til sammen sju forsøk i denne serien. Feltverter, jordart på feltet samt tidspunkt for planting/høsting framgår av tabell 4.7. Som det framgår av tabellen var det både sommerhold og høsthold. Forsøkene ble utført på jord med høg fosforstatus. I gjennomsnitt for feltene var pH 6,0 og K-AL 8. Høstingen ble foretatt på de to midterste radene på senga da ca. 80 prosent av hodene var høstferdige. Det ble foretatt 1-2 høstinger. Jordprøver ble tatt som i forsøkene med de andre vekstene.

Tabell 4.7. Feltopplysninger om 7 forsøk med P-gjødsling til isbergsalat 2011-2013

År	Sted	Jordart	Plantedato	Høsting
2011	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	9. aug.	4. okt.
2011	NLR Viken (Lier)	Moldholdig lettleire	2. aug.	7. okt.
2012	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	27. mai	11. juli
2012	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	26. juli	19. sep.
2013	NLR Agder	Moldrik siltig finsand	1. juli	20.- 28. aug.
2013	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	6. juni	24. juli
2013	Bioforsk Landvik	Moldholdig mellomsand	23. juli	6.+12. sept.

4.3.2 Resultat og diskusjon

Kvaliteten av forsøkene var noe varierende, men gjennomgående god. På sommerholdene var det noen flere problem med bladrandskader (tip-burn). Generelt viser tallmaterialet få og ikke statistiske sikre forskjeller mellom forsøksleddene for de ulike parameterne. Tabell 4.8 viser resultatene i middel av de sju forsøkene.

Tabell 4.8. Avlinger og jordanalyser i middel av 7 forsøk med P-gjødsling til isbergsalat

Forsøksledd	Avling, kg/dekar		Gram/hode	% ant. Salgbar	Kvalitet 1-9		% høsta ved		P-AL	
	Total	Salgbar			Fasth.	Jevnh.	1. høst.	2. høst.	v/anl.	v/høst
0 kg P/dekar	3421	3032	549	88	7,2	7,8	82	18	27	28,0
1,5 kg P/dekar	3486	3017	561	87	7,4	7,1	75	25	27	29,2
3,0 kg P/dekar	3595	2968	585	83	7,7	7,9	85	15	27	28,9
4,5 kg P/dekar	3660	3140	580	87	7,6	7,8	82	18	27	29,9
6,0 kg P/dekar	3636	2985	592	81	7,9	7,9	86	14	27	29,9
4,8 kg P (Fullgj.)	3698	2954	583	80	7,8	7,8	89	11	27	29,8
<i>P%</i>	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20

Det var en liten økning i totalavling opp til 4,5 kg P, men utslaget er ikke statistisk sikkert. Det var minimale utslag i salgbar avling, sjøl om både fastheten og hodestørrelsen økte noe med fosfortilførselen. På samme måte som med kålrot, kommer dette av at prosent salgbare hoder har gått ned ved sterkere fosforgjødsling som følge av at en større andel ble for store. På enkelte felt ble det registrert en større mengde av både bladrand- og soppskader ved stigende fosfortilførsel. Dette var spesielt framtreddende på sommerholdene. En mulig forklaring kan være at hodene her var noe større og mer velutviklede og således burde vært høstet litt tidligere. I andre grønnsaksvekster har en registrert at fosfortilførsel framskynder utviklingen/modningen. Dette kan ha slått negativt ut for sommerholdene, der en dag utsatt høsting kan føre til store utslag i produktfriskhet.

Fosforgjødsling har ført til noe høyere fosforinnhold i jorda etter høsting, med en økning på to P-AL enheter fra null-leddet til største mengde tilført fosfor. Dette samsvarer godt med tidligere forsøk for andre grønnsaksvekster. Sett i forhold til nivået ved start hadde verdiene økt med 1 til 3 enheter. Med så høge P-AL tall i jorda kan det trolig dyrkes issalat uten fosfortilførsel i flere år før P-AL status vil vise stor nedgang.

4.3.3 Konklusjon

På grønnsaksjord som er sterkt oppgjødslet med fosfor tidligere, og der en dyrker isbergsalat på sort plast, ser det ut til at en har lite igjen for å tilføre fosfor. Det kan muligens gi en viss økning i hodestørrelse, noe som tilsier at det kan høstes litt tidligere. Dette gjelder først og fremst for sommerhold og høsthold. Den anbefalte norm-mengden til isbergsalat dyrket på sort plast reduseres derfor til 2 kg P pr. dekar ved sommer- og høstdyrking og til 2,5 kg P pr. dekar ved dyrking av tidlighold. På jord med ekstremt høge P-AL verdier (>24) anbefales det å redusere tilførselen trinnvis ned til hhv. 0,5 kg P pr. dekar ved sommer og høstdyrking og til 1 kg P pr. dekar ved dyrking av tidlig hold.

5. Oppsummering og reviderte anbefalinger for P-gjødsling til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat

- Dess større verdi en avling har dess mindre tåler en av avlingstap før det får stor økonomisk betydning. Grønnsaker er generelt slike kulturer, og tilstrekkelig P-tilførsel kan være avgjørende for å oppnå riktig produktkvalitet.
- Generelt er innhold av plantetilgjengelig fosfor langt høyere i områder med grønnsaksdyrking enn i andre distrikt, fordi det gjødsles sterkt med både mineralgjødsel og t.d. hønsegjødsel. Det er behov for å redusere jordas P-innhold for å unngå tap til vassdrag.
- Noen grønnsaker har mindre rotsystem enn andre og har derfor vanskeligere å få tak i fosforet som finnes i jorda, og disse trenger av den grunn sterkere P-gjødsling.
- Balansetilførsel vil si at det ved gjødsling tilføres like mye P som innholdet i den del av avlingen som tas bort fra åkeren. På jord med ekstremt høy P-AL status er gjødsling under balanse-tilførsel derfor aktuelt. Balanse-prinsippet bør etterstrebes gjennom et helt vekstskifte, f. eks. ved at enkelte kulturer med grunt rotsystem (som løk) gjerne kan gjødsles over balanse, mens andre med stort rotsystem (som kålvekster) gjødsles under balanse-tilførsel og utnytter tidligere opparbeidet P-reserver i jorda.
- Fosfor-tilgjengeligheten er lågere ved låge jordtemperaturer, og dette tilsier at en må tilføre mer P til tidligkulturer enn til senere hold. Dette vil gi en mest mulig optimal vekststart med videre god vekstutvikling og tidlig modning.
- Jordstrukturen har stor betydning for plantenes rotutvikling og dermed for hvor lett de får tak i fosforet. Det er derfor viktig å unngå jordpakking. Bruk av husdyrgjødsel er generelt gunstig for å opprettholde god jordstruktur.
- Det kan være fare for overestimering av P-tilgjengeligheten ut fra P-AL metoden på jord med svært høy pH (>7). Ved P-AL nivåer 5-10 kan det være aktuelt å gi noe mer fosfor enn jordanalysen tilsier på slik kalkrik jord.
- Fra moldrik jord og der det brukes mye organisk gjødsel kan en forvente mer frigjøring av fosfor i veksttida og generelt bedre utnyttelse av fosforreservene som følge av bedre jordstruktur. Her kan trolig P-tilførselen reduseres noe.

På bakgrunn av forsøkene presentert i denne rapporten, er det utarbeidet nye anbefalinger for norm-gjødsling med fosfor til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. 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/dekar) til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat

P _{AL} -status (mg/100g)	Tidligere norm-gjødsling	Optimalt ('norm')	Endring av P-gjødsling ved ulik P-status				
			Moderat	Høgt	Meget høgt	Svært høgt	Ekstremt høgt
	5-9	5-7	7-10	10-14	15-19	20-24	>24
Brokkoli og blomkål:							
- sommer-/høst	4	2,8	2,5	2,3	2,0	1,5	1,0
- tidlig	4	3,3	3,0	2,8	2,5	2,0	1,5
Kålrot							
- høst/lagring	4	2,5	2,0	1,8	1,5	1,3	1,0
- tidlig	4	3,0	2,5	2,3	2,0	1,8	1,5
Isbergsalat							
- sommer/høst	4	2,0	1,8	1,5	1,3	1,0	0,5
- tidlig	4	2,5	2,3	2,0	1,8	1,5	1,0

6. Behov for videre undersøkelser

Fosfornormene er nå revidert for de arealmessig viktigste kulturene, hodekål, løk, gulrot, brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. Trolig vil enkelte av de andre kulturene som dyrkes i Norge ha noenlunde samme behov som de som allerede er undersøkt. For eksempel antar vi at purre har det samme behov som løk, og rosenkål det samme behov som hodekål. Det kan på sikt være aktuelt å undersøke disse kulturene nærmere, i tillegg til for eksempel erter, bønner, stilk- og knollselleri, frilandsagurk, kinakål og rødbeter.

I tillegg trengs undersøkelser av metoder for tilførsel av P-gjødsel slik at utnyttelsen blir optimal. Stikkord her kan være startgjødsling og stripegjødsling. Bruk av andre gjødseltyper er også emne som fortsatt ikke er fullstendig belyst. Videre er samspillet mellom behovet for P-gjødsling og jordas moldinnhold og/eller bruk av husdyrgjødsel forhold som er hittil lite undersøkt i Norge.

7. Takk til

Gjennomføring av forsøk og arbeidet med både denne og forrige rapport om fosforgjødsling til grønnsaker er gjort mulig med økonomisk støtte fra Statens Landbruksforvaltning (SLF, nå: Landbruksdirektoratet), vår eier LMD og Yara. Vi takker også for et nært og godt samarbeid med Norsk Landbruksrådgiving som har gjennomført mange av feltforsøkene som ligger bak resultatene.

Vi henviser til forrige rapport (Riley, Stubhaug mfl. 2012) som var et resultat av samarbeid med Tore Krogstad (NMBU), Gerd Guren (NLR) og Torgeir Tajet (NLR) og takker også for dette samarbeidet.

8. Litteratur

- 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.
- 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.
- 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 nr. 768*, 44 s. ISBN: 978-82-17-00929-0.