

2011 / Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 7 Nr. 68 2012

P-gjødsling til grønnsaker

Evaluering og nye anbefalinger

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

Tore Krogstad
Institutt for plante- og miljøvitenskap, University of Life Sciences (UMB)

Gerd Guren og Torgeir Tajet
Norsk Landbruksrådgiving

www.bioforsk.no





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

Bioforsk Øst
Bioforsk Arable Crops
Nylinna 226
N-2849 Kapp
Tel.: (+47) 40 60 41 00
apelsvoll@bioforsk.no

Tittel/Title:

P-gjødsling til grønnsaker: Evaluering og nye anbefalinger /
P-fertilization of vegetables: Evaluation and new recommendations

Forfatter(e)/Author(s):

H. Riley, E. Stubhaug, A.Ø. Kristoffersen T. Krogstad, G. Guren og T. Tajet

| | | | |
|---|---|---|--|
| <i>Dato/Date:</i> Mars 2012 | <i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen/open | <i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 120011.12 | <i>Saksnr./Archive No.:</i> 2011/350 |
| <i>Rapport nr./Report No.:</i> 68/2012 | <i>ISBN-13 nr./ISBN-13 no:</i> ISBN-13 nummer: 978-82-17-00929-0 | <i>Antall sider/Number of pages:</i> 44 | <i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> ingen |

| | |
|--|--|
| <i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Statens landbruksforvaltning / Norwegian Agricultural Authority | <i>Kontaktperson/Contact person:</i> Bjørn Huso |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <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:

Trender og utfordringer ved P-gjødsling til grønnsaker er drøftet og resultater av eldre og nyere norske forsøk med P-gjødsling til grønnsaksarter er presentert. Grønnsaker er en vekstgruppe med varierende rotvekstmønster, noe som gir ulik evne til å utnytte tilført fosfor. Fordi grønnsaker er høyverdivekster, betyr verdien av små avlingstap ofte langt mer enn marginale P-gjødselskostnader. Dette gjør at norske gjødslingsanbefalinger hittil har vært formulert for å være 'på den sikre siden'. En sammenlikning med anbefalingene i en rekke europeiske land, viser at de norske P-normene til grønnsaker er omtrent dobbelt så høye som i flere av disse landene. God tilgang på fosfor er viktig for rask etablering av et godt rotsystem. I Norge er det gjerne seinere og kjøligere vår, og somrene er som regel kortere. Dette er en sannsynlig årsak til at det ofte kan være større effekt av å gi mye fosfor til grønnsaker i Norge. Høy P-gjødsling kan derfor forsvares i noen tilfeller på bakgrunn av kort vekstsesong og lav jordtemperatur, som reduserer mulighetene for effektivt P-opptak og utnyttelsen av fosforreservene i jorda. Dette gjelder først og fremst ved dyrking av tidligkulturer. Sterk P-gjødsling kombinert med den lave høsteindeksen hos mange grønnsaker, fører imidlertid til opphoping av lett-tilgjengelig fosfor i jorda. Dette er funnet å være tilfellet i mange distrikt med intensiv grønnsaksdyrking, og det utgjør en stor risiko for tap av fosfor ved avrenning til vassdrag. Det er derfor et prioritert miljømål å redusere jordas P-status til et mer akseptabelt

nivå. På bakgrunn av disse vurderingene, sammen med resultatene fra forsøkene, er det foreslått nye anbefalte P-gjødselmengder til ulike hodekål, løk og gulrot, både ved et middels (optimalt) innhold av plantetilgjengelig fosfor i jorda (P_{AL} 5-7), og ved høyere P-innhold i jorda. I forhold til tidligere, er det innført to nye klasser av P-status til å dekke situasjonene med svært høyt innhold (P_{AL} 20-24) og ekstremt høyt innhold ($P_{AL} >24$), som nå er vanlige i grønnsaksdistrikt. For disse klassene anbefales det bruk av P-gjødselmengder som er i nærheten av P-mengdene som fjernes med produktene. Det blir ikke anbefalt å sløyfe P-gjødsling fullstendig. De nye P-gjødselnormene ved middels P-innhold i jorda, er nå ca. 40 % lavere enn tidligere.

Summary:

Trends and challenges related to the P-fertilization of field vegetables are discussed and results of previous and more recent Norwegian trials with P-fertilization of vegetable crops are presented. Vegetables crops have widely varying root growth patterns, and this gives them varying abilities to utilize applied phosphorus. Because they are high-value crops, the value of even small yield losses often far outweigh the marginal costs of P-fertilizer. For this reason fertilizer recommendations in Norway have been formulated to be 'on the safe side'. A comparison with recommendations in a number of European countries shows that the P-norms for vegetable crops in Norway are roughly twice as high as those in these countries. Good P-availability is important for rapid establishment of roots. Spring comes late in Norway, soil temperatures are low and the summers short. This is a likely explanation of the high responses to P-fertilizer that have been found in vegetables in Norway. High P-fertilizer rates in Norway may therefore in some cases be defended on grounds of shortness of the growing season and low temperature, both of which reduce the opportunities for effective P-uptake and exploitation of phosphorus reserves in the soil. This applies mainly to crops grown early in the season. High fertilizer rates combined with the low harvest index of many vegetables lead, however, to the accumulation of high levels of available phosphorus within the soil. This has been found to be the case in many districts with intensive vegetable-growing, and it represents a serious risk of P-losses through runoff to waterways. It is therefore an important environmental goal to reduce the P-status of the soil to an acceptable level. Against the background of these considerations, together with the results of the fertilizer trials, new recommendations for P-fertilizer rates are proposed for various cabbage, onions and carrots, both at a medium (optimum) soil content of plant-available phosphorus (P_{AL} 5-7 mg/100g), and at higher P- contents in the soil. In contrast with earlier systems, two new classes of soil P-status are defined, to cover situations with extremely (P_{AL} 20-24) and excessively high ($P_{AL} >24$) contents, such as are common in vegetable-growing districts. In these classes, the recommended P-fertilizer rates are now closer to the amounts of P that are removed in crop products. It is not recommended to withhold P fertilizer completely to any of these crops. The new P-norms at a medium level of available P in the soil are now 40 % lower than the previous norms.

| | |
|-----------------------|-------------|
| Land/Country: | Norge |
| Fylke/County: | Oppland |
| Kommune/Municipality: | Østre Toten |
| Sted/Lokalitet: | Apelsvoll |

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader


Erling Stubhaug


Annbjørg Ø. Kristoffersen

Innhold

| Kapitel | | Side |
|---------|--|------|
| 1 | Bakgrunn | 2 |
| 2 | Utviklingen i plantetilgjengelig fosfor (P_{AL}) i grønnsaksjord | 7 |
| 3 | P-opptak i produkt og planterester og P-balansen ved normgjødsling | 11 |
| 4 | 'Norm-gjødsling' og justering av denne i forhold til jordas P-status | 15 |
| 5 | Resultater fra tidligere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge | 22 |
| 6 | Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge | 27 |
| 7 | Oppsummering og reviderte anbefalinger for P-gjødsling til grønnsaker | 39 |
| 8 | Henvisninger | 43 |

1. Bakgrunn

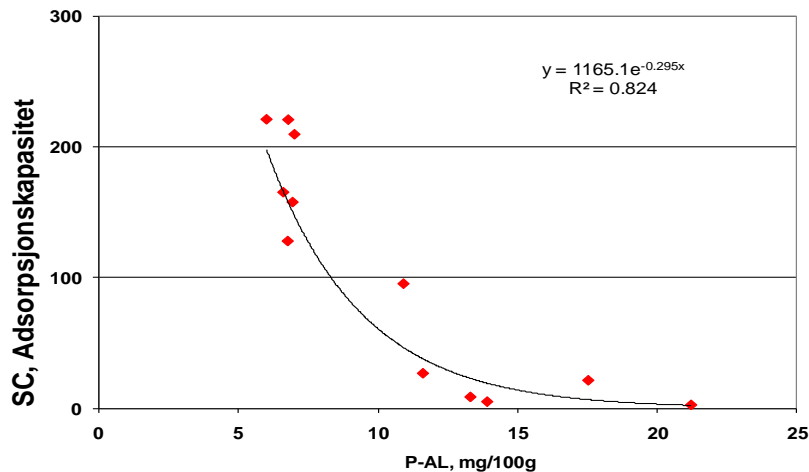
Fosfor (P) er i fokus av flere grunner. Nest etter nitrogen, er P det viktigste næringsemne for plantevekst, og uten tilstrekkelig fosfor utnyttes heller ikke andre næringsstoff effektivt. Dette går tydelig fram av norske forsøk, der avlingsnivået av korn, potet og eng går ned med 20 % når P-gjødsling er utelatt i mange år, og med 35 % når kalium utelates i tillegg (Riley 2007). 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. I Norge er det gjerne seinere og kjøligere vår, og somrene er som regel kortere enn i andre europeiske land. Dette er en sannsynlig årsak til at det ofte kan være større effekt av å gi mye fosfor til grønnsaker i Norge. Fosfor utgjør imidlertid en begrenset ressurs, og det er derfor grunn til å evaluere dets forvaltning på lang sikt.

De senere årene er det miljøaspektene ved forbruket av P-gjødsel som har vært mest i søkelyset, først og fremst i forbindelse med eutrofiering av ferskvann. Dette skyldes at det, spesielt i leirjordsdistrikt, er målt overflateavrenning av P ved erosjon og i økende grad avrenning gjennom grøftesystem ved høye konsentrasjoner av lettløselig fosfor i jorda. Tabell 1.1 viser hvordan gjennomsnittlig P-gjødsling påvirker jordas innhold av lettløselig P (P_{AL} , mg P/100 g jord) og P-tap til bekkevann i et grønnsaksdistrikt på Sørlandet, sammenliknet med middel av tre korndistrikt på Østlandet.

Tabell 1.1. Fosforgjødsling, plantetilgjengelig fosfor (P_{AL}) i jorda, P-konsentrasjon i bekkevann og P-tap i avrenning fra tre korndistrikt og et grønnsaksdistrikt. Gjennomsnitt fra Jordovervåkingsprogrammet over en lang årrekke (kilde: Bechmann og Falk Øgaard 2010)

| Distrikt | P-gjødsling (kg/daa) | P_{AL} i jorda (mg/100g) | P-kons. i bekk (mg/l) | P-tap (kg/daa) |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Korndistrikt (Østlandet) | 2,5 | 9,9 | 0,25 | 0,15 |
| Grønnsaksdistrikt (Agder) | 5,2 | 25,1 | 0,49 | 0,96 |
| <i>Forholdstall (gr.sak/korn)</i> | <i>2,1</i> | <i>2,5</i> | <i>1,9</i> | <i>6,2</i> |

Det er nesten samme forholdstall mellom distriktene når det gjelder P-gjødsling, P_{AL} i jorda og P-konsentrasjon i bekk, dvs. dobbelt så høye verdier i grønnsaksdistriktet som i korn-distriktene. Forholdstallet for tap er enda høyere, noe som skyldes høyere nedbør på Sørlandet enn på Østlandet, noe som gir mer avrenning på Sørlandet. Risikoen for P-tap øker når jordas P_{AL} -status er høy, fordi det bindes mindre sterkt i jorda, spesielt ved P_{AL} -verdier over 12-13 mg/100 g. Dette er illustrert i figur 1.1, som er basert på en simulering der det er benyttet målte verdier for P-binding hos flere norske jordarter.

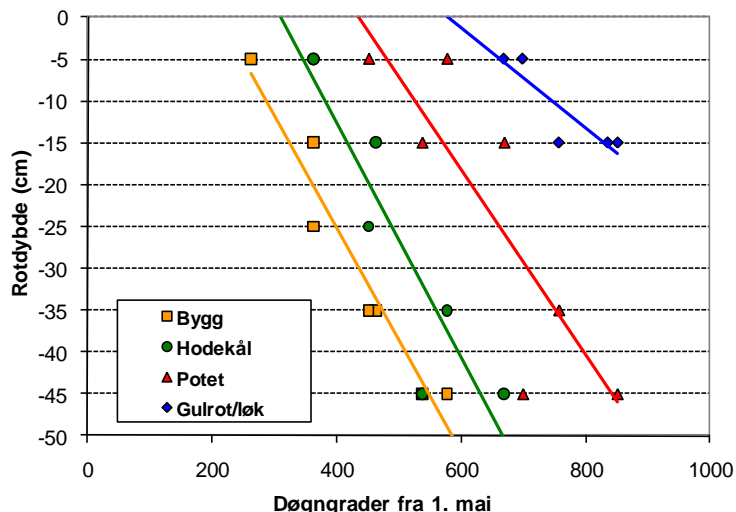


Figur 1.1. Sammenhengen mellom jordas adsorpsjonskoeffisient (SC) for fosfor og jordas P_{AL} -status, målt i norske forsøk på ulike jordarter (kilde: A. Øverli Kristoffersen, upublisert).

Fosfor opptrer i jorda på en måte som gir utfordringer når det gjelder å utnytte P-gjødsel effektivt. Fosfor blir mindre tilgjengelig for plantene både ved for lave og ved for høye pH-verdier. Sterk binding ved lav pH unngås vanligvis ved kalking. Til kålvekster kreves det imidlertid ofte en pH på minst 7 for å unngå klumprot, og dette kan redusere P-tilgjengelighet. Fosfor beveger seg i jord ved diffusjon, en prosess som er svært avhengig av jordas temperatur, vanninnhold og fysiske beskaffenhet. Dette betyr at transporten til planterøttene gjerne går seint ved lave temperaturer om våren. Planteopptaket har nær sammenheng med rotutviklingshastighet og rottybde.

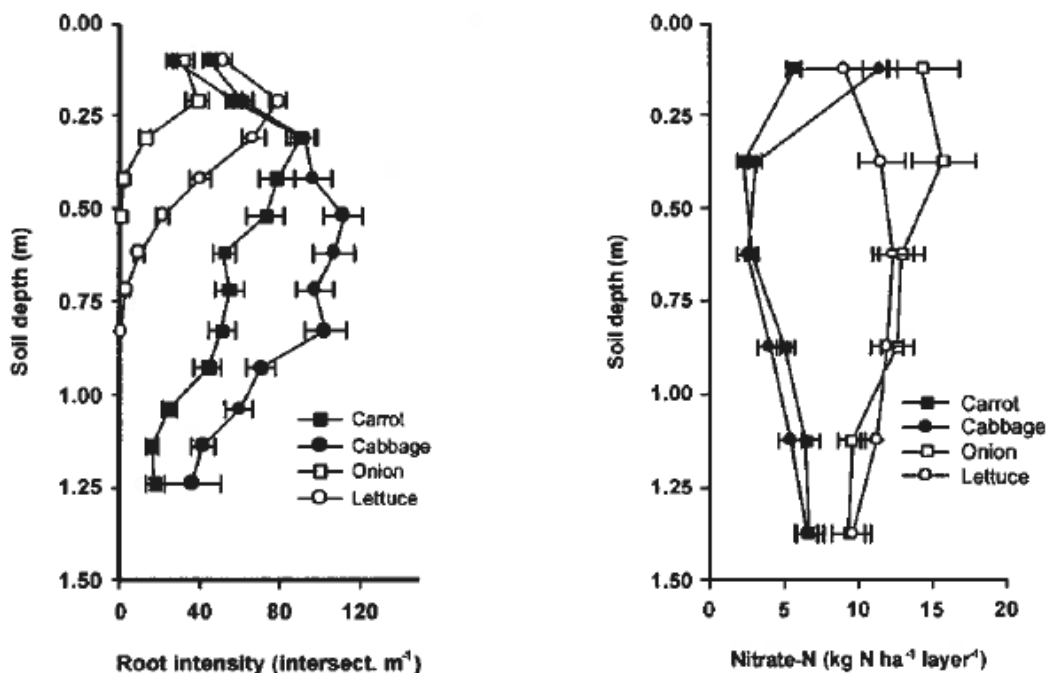
Mange grønnsaker har grunne rotsystem og de vokser sakte om våren. Dette kan begrense P-opptak. En illustrasjon av dette går fram av figur 1.2, som er fra en undersøkelse der en rekke vekster ble sådd eller satt samtidig om våren, og rotutviklingen ble bedømt ved å registrere hvor lang tid det tok for røttene å nå ned til isotopmerket fosfor (^{32}P) plassert i ulike dybder.

Rotutviklingen var raskest hos bygg, tett etterfulgt av hodekål. Det gikk ennå 2-3 uker før potetrøttene nådde ned i samme dybde som korn. Rotutviklingen hos løk og gulrot tok enda lengre tid, og svært få røtter nådde ned til samme dybde som hos de øvrige vekstene i løpet av forsøksperioden. Røttene til løk går aldri dypt, men gulrot kan få dyp rotutvikling ved lang veksttid. Noe av årsaken til at det ofte brukes relativt store P-gjødselmengder til grønnsaker kan være at utnyttelsen av P-reservene i jorda hemmes av begrenset rotutvikling.



Figur 1.2. Rotutvikling hos ulike vekster i forhold til temperatursum, målt ved opptak av ^{32}P plassert i ulike jorddybder på Kise i 1984 og 1985 (kilde: Riley 1989 og upublisert).

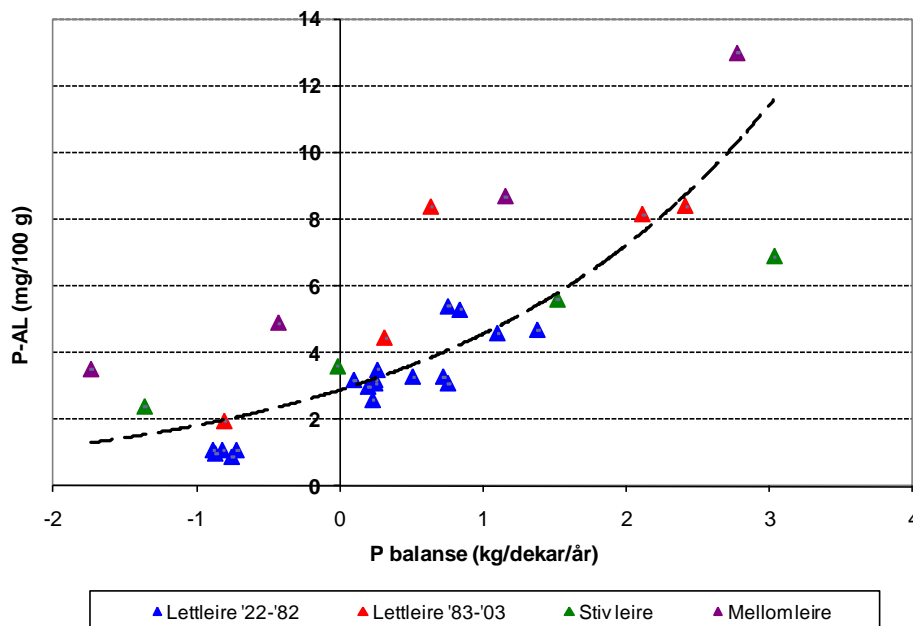
Det er store variasjoner mellom grønnsaksarter når det gjelder røttens dybde og evne til å ta opp plantenæring. Figur 1.3 viser forskjellen mellom gulrot og kål, som har dype røtter, og løk og salat, som har grunne røtter, på bakgrunn av danskeundersøkelser (Thorup-Kristensen 2001). De førstnevnte vekstene tar opp betydelig mer næring fra dype sjikt.



Figur 1.3. Rottetthet i ulike jorddybder (venstre) og nitratinnholdet i jorda ved høsting (høyre) hos fire grønnsaksarter (gulrot, kål, løk og salat) (kilde: Thorup-Kristensen 2001).

Hos flere vekster, som korn og gras, anbefales nå en P-gjødslingspraksis som gir tilnærmet balanse mellom tilførsel og bortførsel av fosfor (Fystro 2007; Kristoffersen et al. 2008). Langvarige gjødslingsforsøk i Norge har vist at en slik praksis over lang tid hever P_{AL} -nivået til mellom 3 og 6 mg/100 g, når nivået i utgangspunkt var lavt. Dette er noe jordartsavhengig,

som vist i figur 1.4. Et P-overskudd på flere kg /år gir kraftig økning i jordas P_{AL} , slik man har opplevd i Norge i distrikt med mye grønnsakdyrking og/eller stor husdyrtetthet.



Figur 1.4. Likevekten i jordas tilgjengelig P-status (P_{AL}) etablert etter ulik balanse mellom tilførsel og bortførsel av fosfor over lang tid. Basert på tall fra langvarige gjødslingsforsøk på ulike jord, lettleire=Møystad, hhv. 60/21 år, stiv leire=Tune, 21 år, mellomleire=Ås, 21 år (kilder: Ekeberg og Riley 1995, Falk Øgaard 1995, Riley 2007).

I norsk jordbruk som helhet ble P-overskuddet redusert betraktelig i løpet av 1980-tallet, og har siden ligget på 1,0-1,5 kg P/daa/år (OECD sitert av Krogstad 2008). I mange grønnsaker utgjør den salgbare avlingen en relativt liten del av plantenes totale P-opptak. Det er usikkert hvorvidt balanse gjødsling vil ivareta plantenes totale P-behov, spesielt hos arter med begrenset rotutvikling.

Det har lenge vært kjent at jordas fysiske tilstand kan ha betydning for plantenes P-behov. Prummel (1975) fant at jordas optimale P-status var mye lavere i jord som ikke var blitt utsatt for pakking enn i sterkt pakket jord. Han forklarte dette med at det var høyt innhold av grove aggregater og hemmet rotutvikling i den pakkede jorda. En nøkkelfaktor for god jordstruktur er et høyt moldinnhold, spesielt innholdet av relativt ferskt organisk materiale.

I et av de langvarige gjødslingsforsøkene på Rothamsted i England, sammenlignet Johnston et al. (2009) responskurvene for P-gjødsling til bygg, potet og sukkerbete på forsøksruter med hhv. 1,5 % og 2,4 % moldinnhold. Disse forskjellene var blitt etablert over mange år med ulik bruk av husdyrgjødsel. Et sammendrag av deres resultater er vist i tabell 1.2.

Tabell 1.2. Virkningen av jordas moldinnhold på det optimale innholdet av plantetilgjengelig fosfor (mg/100g) i jorda i langvarige forsøk på Rothamsted, England (Johnston et al. 2009)

| Metode: | Sukkerbete | | Bygg | | Potet | |
|------------|------------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | P-Olsen | P_{AL}^1 | P-Olsen | P_{AL}^1 | P-Olsen | P_{AL}^1 |
| 2,4 % mold | 1,8 | 5,0 | 1,6 | 4,5 | 1,7 | 4,8 |
| 1,5 % mold | 3,2 | 8,1 | 4,5 | 11,1 | 6,1 | 14,7 |

¹ P_{AL} er her beregnet ut fra en sammenheng med P-Olsen funnet i norske jordprøver, etter Øverli Kristoffersen (upublisert)

Det var tydelig høyere optimalnivå for plantetilgjengelig P i jord med 1,5 % mold enn i jord med 2,4 % mold. Hos alle tre vekstene ble det funnet omtrent samme optimalnivå i jorda med mest mold, men det var betydelig forskjell mellom vekstene i jord med minst mold. Det kan spekuleres om hvorvidt dette har sammenheng med forskjeller i rottybde og veksttid. Lavest optimalnivå var det hos sukkerbete, som har dype røtter og lang veksttid, og høyest optimalnivå var det hos potet, som har grunnere røtter og kortere veksttid. Omregnet til P_{AL} , utgjør forskjellen et skift i optimal P-innhold fra klasse 2 hos sukkerbete til klasse 4 hos potet, etter klassifiseringssystemet som brukes i Norge.

Moldinnholdet i dette forsøket var lavere enn det som generelt finnes i Norge, men forskjellen mellom høyt og lavt innhold var av samme størrelsesorden som det som er funnet her til lands i langvarige forsøk med bruk av husdyrgjødsel (Riley 2007). Hvor stor rolle moldinnhold og jordstruktur betyr i grønnsaksdyrking hos oss er lite undersøkt. Det kan likevel antas at slike faktorer spiller vel så stor rolle som hos andre åkervekster. Dette kan skyldes at grønnsaksjord ofte blir liggende bar relativt lenge, noe som er uheldig for jordstrukturen. Det er heller ikke uvanlig at pakkingskader oppstår ved innhøsting med tungt utstyr under våte forhold.

Et annet særtrekk ved grønnsaksdyrking er den høye avlingsverdien som produktene har, når de ses i forhold til gjødselpris (som ligger i området 35-40 kr/kg P). Dette illustreres i tabell 1.3, som viser verdiene av 1 % avlingsendring. Mens verdien av 1 % avlingstap hos korn er mye mindre enn kostnaden av 1 kg P, er den hos grønnsaker mange ganger større. Dette kan forklare at grønnsaksdyrkere tradisjonelt har ønsket å gardere seg med sterk P-gjødsling.

Tabell 1.3. Eksempler på verdien av 1 % avlingsendring for et utvalg av ulike vekster. Tall er middelverdier hentet fra NILFs Handbok for driftsplanlegging 2011/2012 (Ellevold 2011)

| Vekst | Salgbar avling (kg/daa) | 1% avlingsendring (kg) | Målpris til produsent (kr/kg) | Verdien av 1% avlingsendring (kr) |
|--------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Bygg | 400 | 4 | 2,25 | 9 |
| Hvete | 500 | 5 | 2,64 | 13 |
| Matpotet | 2500 | 25 | 3,25 | 81 |
| Kepaløk | 3250 | 32,5 | 6,00 | 195 |
| Blomkål | 2275 | 22,75 | 9,00 | 205 |
| Knollselleri | 1700 | 17 | 13,0 | 221 |
| Vinterkål | 5000 | 50 | 5,00 | 250 |
| Sein gulrot | 4000 | 40 | 6,50 | 260 |

I Norge er jordbruksarealet ca 10 millioner dekar, eller 3 % av landarealet. Grønnsaksarealet utgjør ca 0,5 % av jordbruksarealet, det vil si 0,15 % av landets totale areal. Dersom verdiskapningen tas i betraktning, utgjør grønnsakene en atskillig større andel av norsk jordbruksproduksjon. Selv om arealet nasjonalt sett er svært lite, er det likevel viktig å ha fokus på fosfor lokalt, der eutrofiering av vann og vassdrag er en utfordring.

2. Utviklingen i plantetilgjengelig fosfor (P_{AL}) i grønnsaksjord

Ut fra jorddata tilgjengelig i Jorddatabanken til Bioforsk er det mulig å studere utviklingen i næringsstatus i jorda over tid. Slike data har imidlertid sine begrensninger. Det er vanskelig å isolere effekten knyttet til vekstgrupper da denne informasjonen siden 1995 ikke lengre rapporteres av gårdbrukerne når jordprøver sendes inn til analysing. I tallmaterialet etter 1995 må man derfor sortere tallene etter driftsform på gården. Det er ofte en del år mellom hver gang en bruker tar jordprøver. For å få et mest mulig sammenlignbart materiale til studier av utvikling over tid bør man i tillegg gruppere resultatene i årsgrupper (3-5 år) innen en kommune eller større regioner.

Det er tidligere publisert noe materiale som gjør det mulig å se hvordan P_{AL} -nivået var i jord med grønnsakproduksjon tilbake til 1960-tallet (Vigerust 1969, Krogstad 1987). Dette er vist i tabeller 2.1 og 2.2.

Tabell 2.1. Prosentfordeling av jordprøver i ulike P_{AL} -klasser på gårder med grønnsaker som hoveddriftsform i fylkene Østfold, Akershus og Vestfold (kilde: Vigerust 1969 og Statens Jordundersøkelser, upublisert)

| | Kl 1 | Kl 2 | Kl 3 | Kl 4 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| (mg P/100g) | 0 – 2 | 3 – 6 | 7 - 15 | >15 |
| 1963-67 | 0 | 13 | 29 | 58 |
| 1985 | 1 | 2 | 22 | 75 |

Tabell 2.2. Utviklingen i P_{AL} (mg P/100g) i områder på Romerike (Ullensaker, Nannestad, Sørumsund) og Jæren (Time, Klepp, Sandes) i grønnsaker og potet (kilder: Krogstad 1987 og Westersjø 1996)

| | 1960 – 64 | 1970 - 74 | 1980 - 82 | 1983 - 85 | 1988 - 93 | 1991 - 95 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Romerike | 7,4 | 10,6 | 14,3 | 17,5 | 17,2 | --- |
| Jæren | 15,7 | 29,7 | 33,7 | 29,0 | --- | 26,8 |

Ut fra tallene i tabell 2.1 ser man at det har vært en økning i andel prøver med høye P_{AL} -tall fra tidlig 1960-tallet til midt på 1980-tallet i grønnsaksregioner på Østlandet. Dette vises i mer detalj i tabell 2.2 hvor det er en klar økning i P_{AL} -tallene i gjennomsnitt på Romerike fra 7,4 tidlig på 60-tallet til tall høyere enn 17, dvs. klassen meget høyt, tidlig på 80-tallet. På Jæren var fosfornivået i jorda ved tilsvarende produksjoner allerede tidlig på 1960-tallet i klassen meget høyt noe som i stor grad skyldes mye bruk av husdyrgjødsel. Nivået fordoblet seg fram til 1970-tallet, og deretter holdt seg på et ekstremt høyt nivå. Man skal være klar over at det er store variasjoner innen dette tallmaterialet, og tallene er en blanding av jordanalyser for potet og grønnsaker ut fra gårdbrukernes egen avmerking når jordanalyser ble sendt til laboratoriet. Totalt antall analyser for Romerike (1960-93) og for Jæren (1960-95) er henholdsvis ca 750 og 1000. Økningen i fosforinnholdet på Romerike og det konstant høye nivået på Jæren kan ikke relateres til andre faktorer enn gjødsling.

Statistikk for hele landet fra midt på 1980-tallet (tabell 2.3) viser at i gjennomsnitt 55 % av alle jordprøver fra gårder med driftsform grønnsaker lå i klasse 4, dvs. de hadde P_{AL} -tall høyere enn 15 mg/100g jord.

Tabell 2.3. Prosentfordeling for hele landet av jordprøver i ulike P_{AL} -klasser på gårder med driftsform grønnsaker (kilde: Statens jordundersøkelse, upublisert)

| (mg P/100 g) | Kl 1 0 – 2 | Kl 2 3 – 6 | Kl 3 7 – 15 | Kl 4 >15 |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1983 | 3 | 9 | 30 | 58 |
| 1984 | 4 | 15 | 35 | 46 |
| 1985 | 2 | 10 | 28 | 60 |
| Snitt 83-85 | 3 | 11 | 31 | 55 |

Tabell 2.4 viser utviklingen innen et intensivt grønnsaksområde som har vært spesielt i fokus de siste år pga. dårlig vannkvalitet. Dette er data fra bruk i søndre Akershus og Østfold fra kommunene Ski, Spydeberg, Hobøl, Våler, Moss, Rygge og Råde, men med en absolutt hovedvekt av data fra Moss, Rygge og Råde. En rekke tiltak har vært satt inn for å redusere avrenningen av fosfor, bl.a. redusert gjødsling. Det tar imidlertid lang tid før effekten av dette kan måles i reduserte P_{AL} -tall. Om man sløyfer P-gjødsling til korn helt, viser en teoretisk beregning at det trolig vil ta mer enn 20 år å redusere P_{AL} fra klasse 4 til klasse 2 (Krogstad 2008).

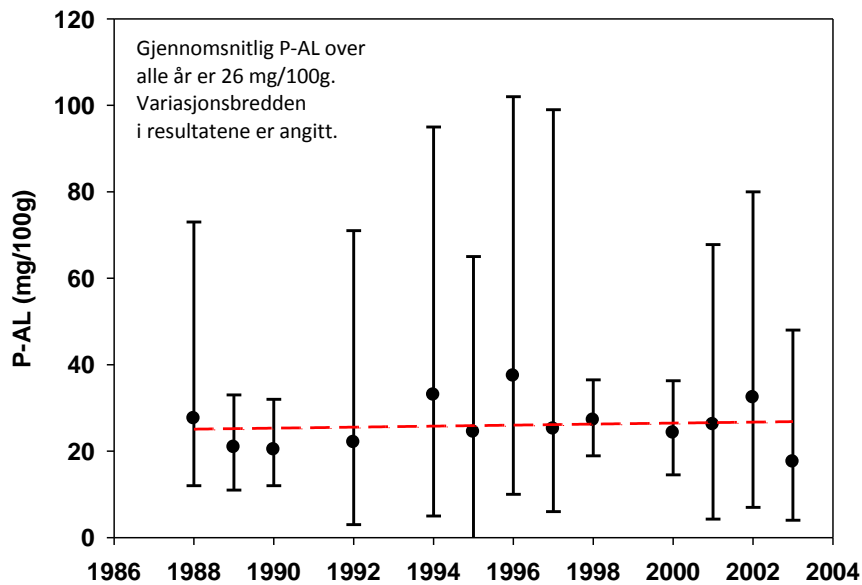
Tabell 2.4. Prosentfordeling av jordprøver i ulike P_{AL} -klasser på gårder med grønnsaker som hoveddriftsform i kommunene Ski, Spydeberg, Hobøl, Våler, Moss, Rygge og Råde (kilde: Jorddatabanken, Bioforsk)

| (mg P/100 g) | Kl 1 0 – 2 | Kl 2 3 – 6 | Kl 3 7 - 15 | Kl 4 >15 |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1988 – 90 | 0 | 0 | 11 | 89 |
| 1991 – 95 | 0 | 3 | 24 | 73 |
| 1996 – 00 | 0 | 1 | 14 | 85 |
| 2001 – 03 | 0 | 7 | 18 | 75 |

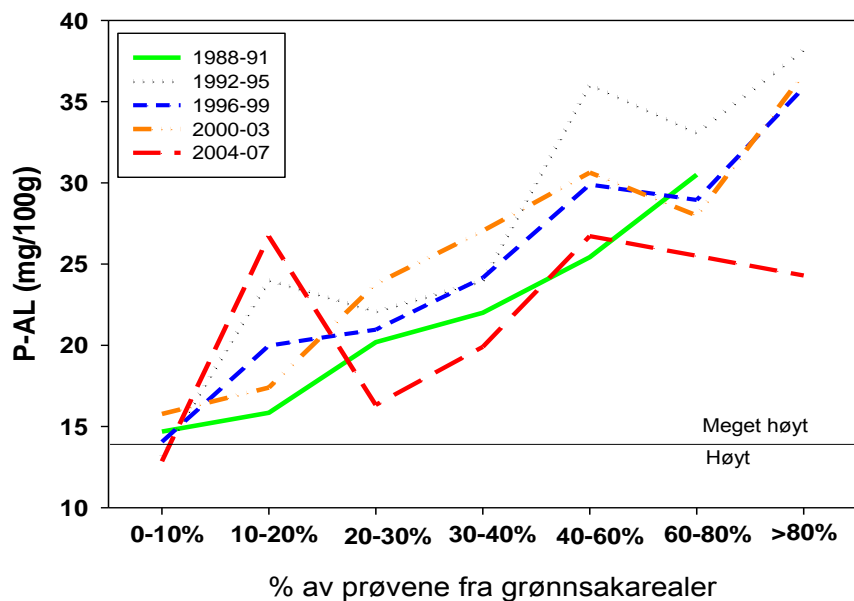
Sammenlignet med fordeling for hele landet er det en større andel jordprøver i klasse IV (meget høyt) i dette området. Dette skyldes selvfølgelig høyt forbruk av P-gjødsel, bl.a. fordi det dyrkes relativt mye grønnsaker med spesielt høyt P-behov som for eksempel løk, gulrot, tidlige grønnsaker og poteter. Figur 2.1 baserer seg på samme tallmaterialet som tabell 2.4 og viser hvordan P_{AL} -tallet har utviklet seg i dette området fra 1988 fram til 2003 på gårder som er klassifisert som grønnsaksbruk. Vi ser her at P_{AL} -nivået har vært stabilt i denne perioden med et gjennomsnitt på 26 mg/100g, men variasjonene innen år har vært store. Det har i flere år vært målt enkelte jordprøver med P_{AL} -tall nært opp mot 100. Det er også noe husdyrproduksjon i området tilknyttet gårder med grønnsaksproduksjon og dette har trolig også hatt innvirkning på P_{AL} .

For å isolere effekten av grønnsaker på jordas P-nivå er gårdene i figur 2.2 gruppert etter hvor stor andel av prøvene på gården som kom fra grønnsaksarealer. Tallmaterialet fra de undersøkte kommunene fra 1988 fram til 2007 er meget stort (ca. 38 000 jordprøver). Et gjennomsnittlig P_{AL} -tall for hver gruppe er vist i figuren, som også viser forskjellene mellom perioder. Selv med lite grønnsaksdyrking er P_{AL} -nivået meget høyt. Når mer enn 80 % av prøvene på gården er fra grønnsaksarealer, ligger P_{AL} -nivået i perioden 2003-07 på 24-25 mg/100g. Dette er noe lavere enn i tidligere perioder og kan være et tegn på at fosfornivået er på vei ned i dette området. Det vil ta lang tid å redusere P_{AL} -nivået i jorda til et nivå som er akseptabelt sett i forhold til avrenningsrisiko. Hver P_{AL} -enhet utgjør i gjennomsnitt ca. 2,4 kg

P/daa (0-20 cm dyp). Selv om man sløyfer P-gjødslingen helt, vil det altså ta mange år før nivået er nede under 10, selv om vekstene kun tærer på P-reservene som finnes i jorda fra før.



Figur 2.1. P_{AL} (mg/100g) på gårder med grønnsaksproduksjon i kommunene Ski, Spydeberg, Hobøl, Våler, Moss, Rygge og Råde.



(Data fra Jorddatabanken, Bioforsk)

Figur 2.2. Gårder i kommunene Ski, Spydeberg, Hobøl, Våler, Moss, Rygge og Råde gruppert etter andelen av jordprøvene som stammer fra grønnsaksarealer.

En god måte å studere utviklingen i fosfortilstand på, er å følge utviklingen på samme skifte over tid. I tilknytning til det tidligere prosjektet "Nitrogenprognoser og nitrogenrådgivning", ble det årlig tatt ut jordprøver på bestemte skifter etter en definert linje på hvert enkelte skiftet for viktige jordbruksområder i Norge. I 1990, 1997 og 2006 ble det utført jordanalyser for innholdet av plantetilgjengelig fosfor (Øverli 2000, Kristoffersen 2007). Tabell 2.5. viser målinger utført på jord tatt ut fra 40 skifter med grønnsaksproduksjon i Aust-Agder. Enkelte skifter har blitt gjødslet med husdyrgjødsel. Prøvedybden er 0-20 cm. Analysene er gjennomført ved ulike laboratorier, i 1990 ved Landbrukets analysesenter, Ås, i 1997 ved Kjemisk analyselaboratorium Holt og i 2006 ved Bioforsk Lab, Ås. I 1990 og 2006 ble fosforinnholdet i jordekstraktet bestemt ved emisjonsspektroskopi, ICP, mens det i 1997 ble målt spektrofotometrisk. Forskjeller mellom målemetodene kan utgjøre mellom 10-20 %, hvor målinger med ICP ligger over spektrofotometriske målinger siden denne metoden også måler noe organiske fosfor (Krogstad et al. 1998).

Generelt ligger P_{AL} -verdiene ekstremt høyt. Tabellen antyder en nedgang fra 1990 til 1997, og en økning igjen til 2006, men mye av den observerte endringen skyldes to ulike målemetoder.

Tabell 2.5. Gjennomsnittsverdier og standard avvik av P_{AL} for jordprøver fra Aust-Agder tatt ut i 1990, 1997 og 2006.

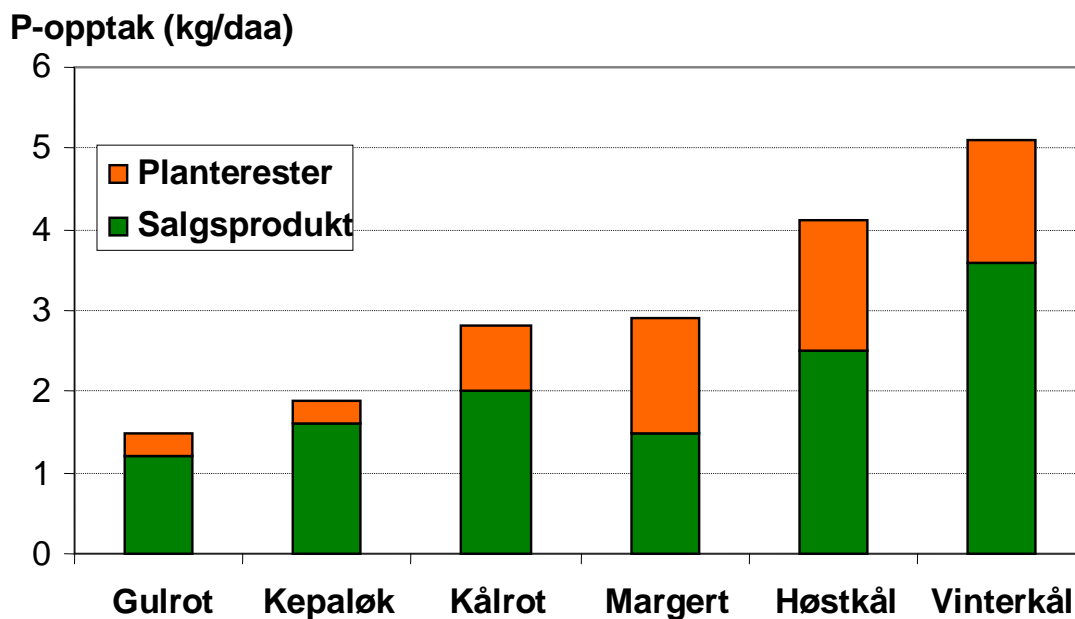
| Jordartsgruppe (antall skifter) | P_{AL} (mg P/100g) | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|----------|------|----------|------|----------|
| | 1990 | St.avvik | 1997 | St.avvik | 2006 | St.avvik |
| Leire (4) | 38 | ± 12 | 25 | ± 22 | 31 | ± 19 |
| Sandjord (13) | 31 | ± 15 | 28 | ± 7 | 32 | ± 8 |
| Siltjord (23) | 35 | ± 14 | 24 | ± 10 | 29 | ± 10 |
| Middel (40) | 34 | ± 14 | 25 | ± 11 | 30 | ± 10 |

Både på Østlandet og i Rogaland er det én gård som har hatt en meget kraftig nedgang i P_{AL} på relativt kort tid. Dette må skyldes at fosforet som var i jorda i de tilfellene i stor grad var meget svakt bundet som kunne løses i jordvæska. Dette fosforet kan tappes fra jorda både ved opptak og ved utvasking. Vanligvis kan slike svingninger sees der det brukes husdyrgjødsel, spesielt i lette jordarter hvor det meste av det som måles som P_{AL} er løst fosfor i jordvæska. Dette viser også hvor vanskelig det kan være å få god oversikt over utviklingen av P_{AL} i jorda, da slike tilfeller vil gi store utslag i statistikken dersom det ikke er et svært stort tallmateriale bak beregningene.

Ut fra gjennomgangen som her er gjort av tilgjengelig statistikk over P_{AL} kan vi ikke trekke noen absolutt konklusjon om at P_{AL} -nivået i grønnsaksjord er i ferd med å avta. Nivået er generelt meget høyt og holder seg rimelig stabilt på dette høye nivået. På sikt kan P_{AL} -tallene trolig bare senkes ved en omlegging av gjødslingspraksis, med redusert gjødsling med fosfor, samt større bytting av dyrkingsareal. Det siste skjer i økende grad i grønnsakproduksjonen og gir lengre tid mellom årene med grønnsaker,

3. P-opptak i produkt og planterester og P-balansen ved normgjødning

P-opptaket varierer betydelig mellom ulike grønnsaker. Mens det er relativt lavt hos for eksempel løk og gulrot, er det betydelig større hos kål. Andelen av fosforet som befinner seg i de salgbare produktene varierer også mye mellom vekstene (figur 3.1). Opptaket av fosforet i produkt og overjordiske planterester av for eksempel løk er ofte under 40 % av mengden som blir tilført med gjødsla, mens det hos kålvekster kan være 70- 100 %. Hos noen vekster (for eksempel løk) blir mesteparten av planterestene fjernet fra jorda med avlingen, mens det for andre (for eksempel kålvekster) ligger en stor del av bladverket igjen på jorda etter høsting.

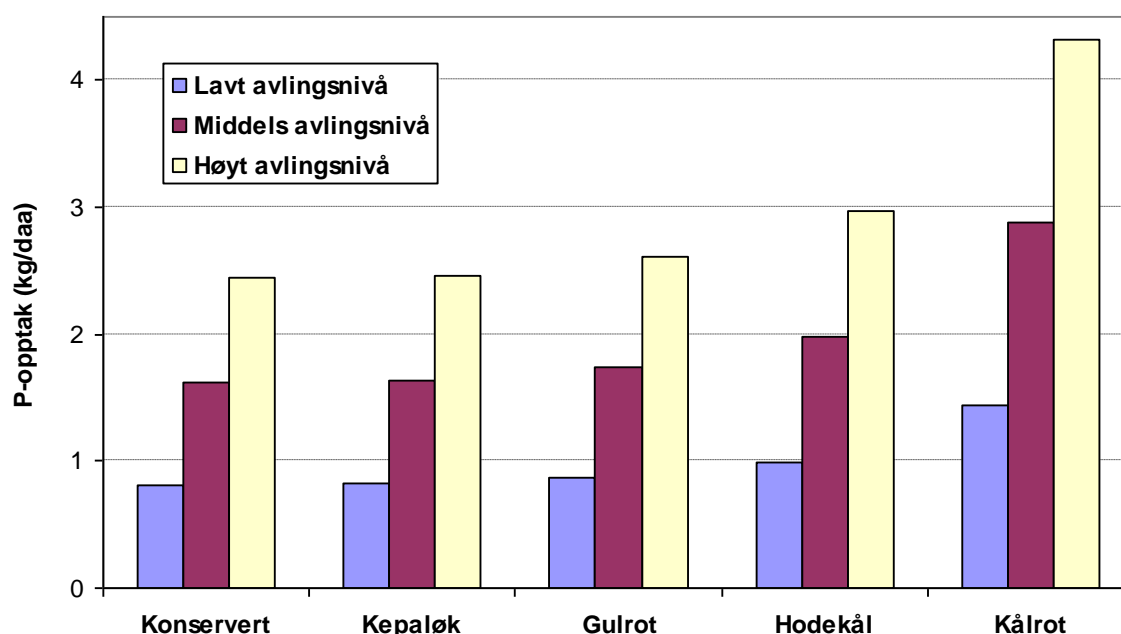


Figur 3.1. Opptak av fosfor i salgsprodukt og planterester i en del grønnsaker (kilde: Tall fra et forsøksfelt i 1989 på Kise, upubliserte data etter Steinar Dragland).

For å kunne ta stilling til P-balansen ved gjødning til grønnsaker, er det ønskelig med gode tall for plantenes P-konsentrasjon, både i salgsprodukt og i planterester. Slike opplysninger er relativt begrenset i Norge. Noen tall for P-innhold i salgbare produkt fra feltforsøk på Kise er vist i tabell 3.1. Tallene viser en del variasjon innenfor samme vekst, og det er vanskelig å se entydige sammenhenger mellom P-konsentrasjon og avlingsnivå. Derfor er middelverdiene av disse tallene brukt for å beregne sannsynlige P-opptak ved ulikt avlingsnivå (figur 3.2). Ut fra dette, ser man at omkring 1,5 til 3,0 kg P/daa fjernes ved et middels til høyt avlingsnivå hos våre vanligste* grønnsaker (*sett i forhold til andelen av dyrkingsarealet som de dekker, som ifølge SSBs landbrukstelling i 199 var: Gulrot 26 %, erter 19 %, løk 12 %, hodekål 11 %, kålrot 7 %, til sammen 75 % av grønnsaksarealet).

Tabell 3.1. Noen opplysninger om fosforinnhold (på ferskvekt- og tørrvektbasis) i grønnsaker ved ulike avlingsnivå. Kilde: Tall hentet fra ulike feltforsøk på Kise på 1970 og '80-tallet (Løk: Dragland 1975; Kål: Dragland 1976; Gulrot: Dragland 1978; Kålrot: Dragland 1983; Ert: Riley 1986)

| | Avling (kg/daa fv.) | Tørrstoff (%) | P-kons. (% av ts.) | P-kons. (% av fv.) | P i avling (kg/daa) |
|-------------------|------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Kepaløk | 3140 | 13,7 | 0,29 | 0,040 | 1,248 |
| | 3740 | 13,4 | 0,32 | 0,043 | 1,604 |
| <i>Middel</i> | <i>3 440</i> | <i>13,6</i> | <i>0,31</i> | <i>0,041</i> | <i>1,43</i> |
| Hodekål | 5700 | 9,6 | 0,34 | 0,033 | 1,860 |
| | 8225 | 8,3 | 0,38 | 0,032 | 2,594 |
| | 8015 | 7,8 | 0,43 | 0,034 | 2,688 |
| <i>Middel</i> | <i>7 313</i> | <i>8,6</i> | <i>0,38</i> | <i>0,033</i> | <i>2,38</i> |
| Gulrot | 4496 | 9,8 | 0,24 | 0,024 | 1,057 |
| | 5915 | 9,6 | 0,27 | 0,026 | 1,533 |
| | 1582 | 10,5 | 0,23 | 0,024 | 0,382 |
| | 5318 | 10,8 | 0,35 | 0,038 | 2,010 |
| | 3056 | 13,5 | 0,30 | 0,041 | 1,238 |
| | 7065 | 9,2 | 0,24 | 0,022 | 1,560 |
| <i>Middel</i> | <i>4 572</i> | <i>10,6</i> | <i>0,27</i> | <i>0,029</i> | <i>1,30</i> |
| Kålrot | 10206 | 12,3 | 0,41 | 0,050 | 5,147 |
| | 8895 | 12,2 | 0,37 | 0,045 | 4,015 |
| <i>Middel</i> | <i>9 551</i> | <i>12,3</i> | <i>0,39</i> | <i>0,048</i> | <i>4,58</i> |
| Konservert | 610 | 58,0 | 0,41 | 0,238 | 1,451 |
| | 385 | 69,0 | 0,44 | 0,304 | 1,169 |
| <i>Middel</i> | <i>498</i> | <i>63,5</i> | <i>0,43</i> | <i>0,271</i> | <i>1,31</i> |



Figur 3.2. Beregnet P-opptak i salgbare produkt ved ulike avlingsnivå (lavt, middels og høyt = 0,3, 0,6 og 0,9 tonn for konservert, 2,4 og 6 tonn for kepaløk og 3,6 og 9 for de øvrige vekstene). (Beregnet på grunnlag av middeltallene i tabell 3.1).

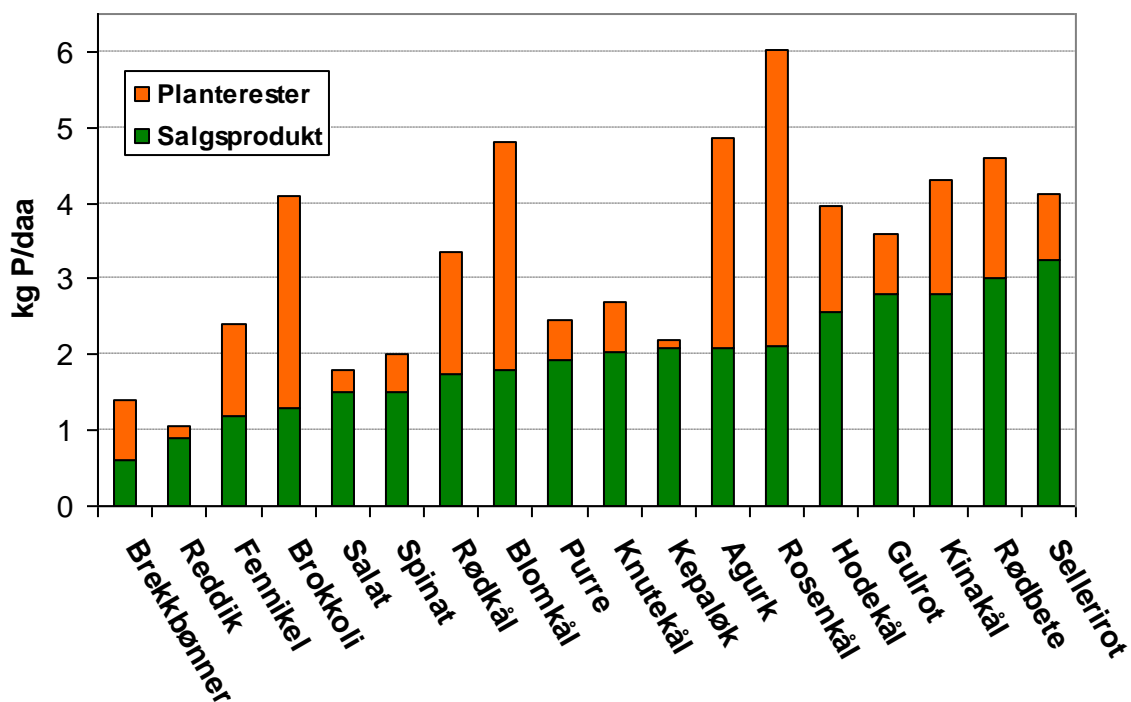
Det finnes også opplysninger fra utlandet vedrørende P-innholdet i grønnsaker. Noen eksempler er vist i tabell 3.2 fra USA og Tyskland. Størst avvik mellom tallene fra USA og Tyskland var det i P-konsentrasjonen i brokkoli, hvor tallet fra USA er ekstremt lavt. For kepaløk, hodekål og gulrot stemmer verdiene rimelig bra med de norske tallene i tabell 3.1, og verdien i for knutekål er nesten det samme som det norske tallet for kålrot.

Tabell 3.2. Publiserte verdier for P-innhold i en rekke grønnsaker ved bestemte avlingsnivå, oppgitt som tonn ferskvekt (fv.) av salgbare produkt og kg P pr. tonn ferskvekt

| Vekst | USA, Warncke et al. (1992) | | Tyskland, Fink et al. 1999 | | Middel kg P/tonn fv. |
|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|-------------------------|
| | Tonn fv./daa | kg P/tonn fv. | Tonn fv./daa | kg P/tonn fv. | |
| Agurk | 2,5 | 0,23 | 7,0 | 0,30 | 0,27 |
| Asparges | 0,4 | 0,78 | - | - | 0,78 |
| Blomkål | 2,0 | 0,51 | 4,0 | 0,45 | 0,48 |
| Brekkebønner | 1,0 | 0,47 | 1,5 | 0,40 | 0,43 |
| Brokkoli | 1,3 | 0,19 | 2,0 | 0,65 | 0,42 |
| Fennikel | - | - | 4,0 | 0,30 | 0,30 |
| Gulrot | 4,4 | 0,35 | 8,0 | 0,35 | 0,35 |
| Hodekål | 5,0 | 0,31 | 8,0 | 0,32 | 0,32 |
| Kepaløk | 5,0 | 0,51 | 6,0 | 0,35 | 0,43 |
| Kinakål | - | - | 7,0 | 0,40 | 0,40 |
| Knutekål | - | - | 4,5 | 0,45 | 0,45 |
| Purre | - | - | 5,5 | 0,35 | 0,35 |
| Reddik | - | - | 3,0 | 0,30 | 0,30 |
| Rosenkål | - | - | 2,5 | 0,85 | 0,85 |
| Rødbete | - | - | 6,0 | 0,50 | 0,50 |
| Rødkål | - | - | 5,0 | 0,35 | 0,35 |
| Salat | 5,0 | 0,39 | 5,0 | 0,30 | 0,34 |
| Selleri, blad | 7,5 | 0,39 | - | - | 0,39 |
| Sellerirot | - | - | 5,0 | 0,65 | 0,65 |
| Spinat | - | - | 3,0 | 0,50 | 0,50 |

I publikasjonen til Fink et al. (1999) oppgis mengden av P som ligger igjen i planterester i tillegg til det som fjernes med produkt. Figur 3.3 viser begge størrelser for en rekke vekster som også dyrkes i Norge. Vekstene er sortert i stigende rekkefølge etter P-mengden som blir fjernet med produktene. Hovedinntrykket stemmer overens med det som er nevnt ovenfor, både når det gjelder hvor mye P som fjernes i avlingen og hvor mye som finnes i planterester. I så måte skiller brassica-artene seg ut, særlig blomkål, brokkoli og rosenkål. Alle disse tre inneholder betydelig mer P i form av planterester enn det som finnes i selve produktene.

I tabell 3.3 er det satt opp eksempler på balansen mellom tilført P-gjødsel og P-opptaket i henholdsvis salgbare produkt og totalt inklusive planterester ved typiske avlingsnivå hos oss. Gjødselmengdene gjelder det som anbefales i dag når jorda har et middels P_{AL} -innhold. Løk og gulrot ser ut til å ha størst overskudd av P, særlig når de dyrkes som tidligkulturer. Disse vekstene har trolig spesielt store P-behov, både på grunn av deres grunne rotsystem og fordi opptaket begrenses av nedsatt P-mobilitet ved lav temperatur. Disse forhold taler altså for at disse vekstene bør gjødsles noe sterkere enn man ellers ville anbefale, til tross for at det gir overskudd. Lite av overskuddet er representert i planterester hos disse vekstene, og skjebnen til dette fosforet er uvisst. Noe av det vil trolig bindes relativt hurtig i jorda, og blir dermed utilgjengelig for påfølgende vekster.



Figur 3.3. Innholdet av fosfor i planterester og salgbare produkt hos ulike grønnsaksarter, basert på data fra fire forskningsstasjoner i Tyskland (kilde: Fink et al. 1999).

Tabell 3.3. P-balansen (tilført P-gjødsel minus P-opptak i salgbare produkt og totalt, dvs. inklusive planterester) for utvalgte grønnsakskulturer, beregnet for vanlige avlingsnivå under norske forhold. Anbefalt gjødsling etter tabell 4.1 og P-konsentrasjoner etter tabell 3.1/3.2

| | Ferskvekt (tonn/daa) | | P-innhold (kg/daa) | | Anbefalt P-gjødsel | P-balanse (kg/daa) | |
|-----------------|----------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------|
| | Produkt | Totalt | Salgbart | Totalt | | Salgbart | Totalt |
| Sein blomkål | 2,5 | 4,0 | 1,2 | 2,0 | 3,0 | 1,8 | 1,0 |
| Matkålrot | 4,5 | 6,0 | 2,2 | 3,0 | 4,0 | 1,8 | 1,0 |
| Konsumkål | 3,0 | 4,0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| Hvitkål (fabr.) | 6,0 | 9,0 | 2,0 | 2,7 | 4,0 | 2,0 | 1,3 |
| Tidlig blomkål | 1,5 | 3,0 | 0,7 | 1,5 | 3,0 | 2,3 | 1,5 |
| Sein gulrot | 6,0 | 7,5 | 1,7 | 3,0 | 5,0 | 3,3 | 2,0 |
| Tidlig gulrot | 4,0 | 5,0 | 1,2 | 2,0 | 5,0 | 3,8 | 3,0 |
| Sein løk | 4,5 | 5,5 | 1,8 | 2,2 | 6,0 | 4,2 | 3,8 |
| Tidlig løk | 3,5 | 4,0 | 1,4 | 1,6 | 6,0 | 4,6 | 4,4 |

4. 'Norm-gjødsling' og justering av denne i forhold til jordas P-status

Anbefalingene for P-gjødsling til grønnsaker i Norge er basert på tabeller utviklet til det tidligere gjødslingsprogrammet GJ-plan. Disse har vært uendret i mange år. Som hos andre vekster, gjelder normmengdene ved et middels P-innhold i jorda (P_{AL} 5-9 mg/100 g). For grønnsaker anbefales ikke noen korrigering for ulik avlingsstørrelse. Derimot anbefales det at de justeres opp eller ned i forhold til jordas P_{AL} -status (tabell 4.1). Denne korrigeringen blir imidlertid ikke alltid brukt, fordi det hittil har vært utilstrekkelig med forsøk som har vist at man kan redusere P-gjødslinga ved høye P_{AL} -verdier uten å risikere å tape avling og/eller forringe produktkvalitet.

Tabell 4.1. Anbefalte normverdier for P-gjødsling (kg/daa) til grønnsaker i Norge ved P_{AL} 5-9 og justering av disse ved ulikt P_{AL} -nivå i jorda (kilde: Gjødslingshåndboka, www.bioforsk.no)

| P-klasse | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|------|------|-----|------|-----|-------|-------|------|
| P_{AL} (mg/100g) | <2 | 2 | 3 | 4 | 5-9 | 10-13 | 14-15 | >15 |
| H.kål (fersk), blomkål, kinakål, erter | 6,0 | 5,3 | 4,5 | 3,8 | 3,0 | 2,3 | 1,5 | 0,8 |
| H.kål (fab.), brokk., rosenkål, rødbete | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| Kålrot, agurk, salat, rotpersille | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| Gulrot, stilksekeri, mais | 10,0 | 8,8 | 7,5 | 6,3 | 5,0 | 3,8 | 2,5 | 1,3 |
| Løk, purre, knollsekeri, bønner | 12,0 | 10,5 | 9,0 | 7,5 | 6,0 | 4,5 | 3,0 | 1,5 |
| Faktor i forhold til 'norm': | 2,0 | 1,75 | 1,5 | 1,25 | 1,0 | 0,75 | 0,5 | 0,25 |

Anbefalingene varierer ganske mye mellom ulike vekster. Best dokumentert i Norge er behovet for sterk P-gjødsling hos løk. Normgjødslingen innebærer at det tilføres betydelig mer fosfor enn det som blir fjernet i produkt. Dersom man praktiserer nedjustering av behovet i forhold til jordas P-status, kommer man likevel på nivå med eller i underkant av det som gir en god balanse. Det er de senere årene utført forsøk i flere grønnsakskulturer for å se hvor langt man kan redusere fosforgjødslinga uten å tape avling og kvalitet når P_{AL} er høy.

Det er av interesse å sammenlikne de norske anbefalingene med tilsvarende tall fra våre naboland og andre europeiske land. I Danmark varierer retningslinjene mellom 2 og 4 kg P pr. dekar for ulike grønnsaksarter. Asperges, erter, spinat og grønnkål utmerker seg med lave P-normer, mens 3-4 kg P anbefales til de fleste andre arter (kilde: Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri, Plantedirektoratet 2010. Vejledning om gødnings- og harmoniregler).

I Sverige finnes det offisielle anbefalinger for normgjødsling til åkervekster men ikke for grønnsaker (Riktlinjer för gödsling och kalkning, Jordbruksverket 2012). P-gjødsling til åkervekstene justeres for P_{AL} på omtrent samme måte som i Norge. I en artikkel i tidsskriftet 'Gårdsmagasinet', ble det i oktober 2009 foreslått passende intervall for P-gjødsling til grønnsaker ved P_{AL} klasse III (4,1-8 mg /100 g), og det antydes at man bør korrigere for P_{AL} . I tabell 4.2 vises de foreslåtte intervallene og middelverdiene av disse. Rangeringen av vekstene i denne tabellen er påfallende lik den i Norge. Til eng- og åkervekster anbefaler man i Sverige å halvere P-gjødsling eller å kutte det helt ut ved P_{AL} -verdier over hhv. 12 og 16, mens det anbefales å gi 1,5 kg P/daa til potet, mais og sukkerbete ved $P_{AL} > 16$ mg /100 g. Det understrekes i nevnte artikkel at grønnsakskulturer også forventes å gi avlingsøkning for P-gjødsling i de høyere P-klassene. Det er ikke kjent i hvilken grad man i Sverige justerer P-gjødsling til grønnsaker etter jordas P_{AL} -status. I Norge anbefales det pr. i dag å gi 25 % av P-normen til grønnsaker selv ved høy P_{AL} -status.

Tabell 4.2. Forslag til 'norm' P-gjødsling (kg/daa) til grønnsaker i Sverige ved middels P_{AL} (Gårdsmagasinet 2009)

| Vekst | Intervall | Middel |
|---|-----------|--------|
| Blomkål, brokkoli, kålrot, reddik, kinakål, salatkål, erter | 2-4 | 3,0 |
| Rødbete, blad-, krus- og rotpersille, grønnkål, dill | 3-4 | 3,5 |
| Agurk, squash, hvit-, rød-, sommer- og vinterkål, rosenkål | 3-5 | 4,0 |
| Isbergsalat, stilkselleri | 2-6 | 4,0 |
| Gulrot, pastinakk | 3-6 | 4,5 |
| Knollselleri, rotselleri, sukkermais | 4-6 | 5,0 |
| Kepaløk, gressløk | 3-8 | 5,5 |
| Bønner | 5-7 | 6,0 |
| Purre | 4-8 | 6,0 |

I Finland anbefales maksimale P-gjødselmengder til ulike vekster på bakgrunn av jordas 'børdighetsklass' (som er et uttrykk for fruktbarhet basert på jordanalyse). Disse er vist i tabell 4.3. Normgjødsling er trolig det som gjelder ved 'tilfredsstillende' jordfruktbarhet. Rangeringene av vekstene er omtrent som i Norge og Sverige, med unntak av at kålvekster vurderes å ha et generelt høyere P-behov i Finland, og at belgvekster grupperes der oppgis å ha relativt lave behov. Klasse 7 karakteriseres som 'betenkelig høy', men heller ikke her blir det anbefalt å sløyfe P-gjødsling til grønnsaker helt.

Tabell 4.3. Anbefalt P-gjødsling (kg/daa) til grønnsaker i Finland i ulike fruktbarhetsklasser (kilde: Gerd Guren og Torgeir Tajet, pers. medd.)

| Jordas fruktbarhetsklasse: 1= dårlig, 4= tilfredsstillende, 7= betenkelig høy | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Kålvekster, løkvekster | 11,0 | 11,0 | 8,0 | 6,0 | 5,0 | 3,0 | 1,0 |
| Rotvekster | 10,0 | 10,0 | 7,5 | 5,5 | 3,5 | 3,0 | 1,0 |
| Gulrot til lagring | 10,0 | 10,0 | 7,5 | 5,5 | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| Belgvekster | 5,0 | 5,0 | 3,5 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| Øvrige grønnsaker | 10,0 | 10,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 1,0 |

I England finnes det offisielle anbefalinger for P-gjødsling til grønnsaker, som også der justeres i forhold til en klassifisering av jordas P-status. Der brukes det en annen ekstrahering for P-analyse (såkalt P-Olsen, som er 0,5 N natriumhydrogenkarbonat bufret ved pH 8,5). Metoden ekstraherer mindre fosfor enn P_{AL} . På bakgrunn av et stort antall norske jordprøver (Semb 1986, A. O. Kristoffersen, pers. medd.), har man funnet et grunnlag for sammenlikning av de to analysene. Tabell 4.4 viser de engelske anbefalingene sett i forhold til begge metoder.

Anbefalingene ved P-klasse 3 er altså generelt lavere i England enn ved tilsvarende klasse i Norge. Anbefalingene ved P-klasse 2, som tilsvarer et lavt P-innhold (P_{AL} 2-5), er mer på linje med de norske anbefalingene ved middels P-innhold i jorda. Anbefalt P-gjødsling trappes relativt raskt ned i det engelske systemet ved økende P-innhold i jorda. For mange vekster er det satt til null allerede ved et nivå på ca. P_{AL} 10. Det kan være at dette har sammenheng med at det generelt høyere jordtemperatur og lengre vekstsesong i England enn i Skandinavia. Det kan også legges merke til at bladselleri også i England regnes å ha et høyt P-behov, mens behovet til løk og purre rangeres lavere der, på samme nivå som brassica- og rotvekster. Likevel anbefales startgjødsling til løkvekster og salat ved to av de høyere klassene av tilgjengelig P, men ikke når jordas P-innhold er ekstremt høyt ($P_{Olsen} > 100$, $P_{AL} > 25$).

Tabell 4.4. Anbefalt 'norm' P-gjødsling (kg/daa) til grønnsaker i England i forhold til jordas P-status definert ved ulike analysemetoder (Kilde: Defra 2010 The Fertilizer Manual RB209)

| P-klasse | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | >5 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| P-Olsen (mg/liter) | <10 | 10-15 | 16-25 | 26-45 | 46-70 | 71-100 | >100 |
| Tilsvarende ca. P _{AL} (mg/100g) | <1 | 1-2 | 2-5 | 5-10 | 10-17 | 18-25 | >25 |
| Bladselleri | 10,9 | 8,7 | 6,5 | 4,4 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| Salat | 10,9 | 8,7 | 6,5 | 4,4 | * | * | 0,0 |
| Kålvekster, bønner, rotvekster | 8,7 | 6,5 | 4,4 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Løk og purre | 8,7 | 6,5 | 4,4 | 2,2 | * | * | 0,0 |
| Erter | 8,1 | 5,9 | 3,7 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Reddik, sukkermais, squash | 7,6 | 5,5 | 3,3 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Asparagus (produksjonsår) | 3,3 | 3,3 | 2,2 | 2,2 | 1,1 | 0,0 | 0,0 |

*Til løk, purre og salat anbefales startgjødsling med inntil 2,6 kg P/daa i disse klassene

I flere tyske delstater foreligger det detaljerte anbefalinger for P-gjødsling til en lang rekke grønnsakskulturer. Det skiller ofte mellom ulike varianter av samme kultur, i forhold til for eksempel tidspunkt for dyrking (tidlig kontra seint), forventet avling og ulike kvalitetsmål. Det tidligere statlige instituttet LUFA-ITL i Kiel (nå en del av AGROLAB-gruppen) har gitt ut anbefalinger for nesten 80 ulike kulturer. Tabell 4.5 inneholder et utvalg av eksempler som er relevante for norsk grønnsaksdyrking, rangert fra høyest til lavest anbefalt normgjødsling.

Normgjødslingen som anbefales av LUFA-ITL er i de aller fleste tilfellene satt lik P-mengden som fjernes i produktene. Det framgår ikke om normgjødslingen justeres i forhold til jordas P-status. I flere tilfeller anbefales det høyere gjødsling til seine kulturer enn til tidlige kulturer når sistnevnte har lavere avlingsnivå (eks. salat, rødkål og Savoy). Et unntak fra dette er tidlig hodekål, hvor det anbefales en sterk P-gjødsling selv om P-mengden som fjernes er relativt liten. I mange tilfeller er det en sammenheng mellom avlingsnivå og anbefalt P-norm. I middel av en rekke kulturer øker anbefalingen med ca. 0,33 kg P pr. tonn totalavling.

I en del tilfeller anbefales det sterkere P-gjødsling for å oppnå spesielle kvaliteter, for eksempel for å få større rot diameter i knutekål. Andre vekster hvor det anbefales høy normgjødsling er pastinakk, kinakål og selleri. Til gulrot og mange kålvekster ligger anbefalingene i området 2,0 – 2,5 kg P/daa, som er betydelig lavere enn i Norge. Til purre, løk og salat er anbefalingene i området 1,5 -2,0 kg P/daa, altså mye lavere enn i Skandinavia.

I Sveits finnes det også relativt detaljerte retningslinjer for grønnsaker utarbeidet av landets føderale myndigheter. Der har man satt opp P-behovene til de ulike vekstene og P-innholdet i planterestene. Gjødselbehovet er satt som differansen mellom disse to, altså den samme form for balanse gjødsling som anbefales i Tyskland. Behovene er rangert i synkende rekkefølge i tabell 4.6, sammen med tilhørende avlingsnivå. Kålvekstene får en relativt høy P-anbefaling på grunn av stor plantemasse. Til mange av de andre vekstene anbefales det lavere P-gjødsling enn normgjødslingen som anbefales hos oss. Totalbehovet til fabrikkgulrot, for eksempel, er satt til 3,1 kg P, mens normgjødsling i Norge er 5,0 kg. Tilsvarende tall for kålrot er 2,2 kg og 1,7 kg for salat, mens begge disse har normgjødsling på 4 kg i Norge. Gjødslingsbehovene som er nevnt i det sveitsiske opplegget er enda lavere, men det er uklart hvordan dette fungerer i praksis, med hensyn til vekstfølge.

Tabell 4.5. Tyske tall for ulike grønnsakers totale P-behov, P-mengdene fjernet i produkt og anbefalte normale P-gjødselmengder (kg/daa) (Kilde: LUFA-ITL, Kiel, tilknyttet AGROLAB)

| Kultur | Egenskaper/kvalitet | Avling | P opptak | P fjernet | P normgj. |
|--------------|---------------------|--------|----------|-----------|-----------|
| Hvitkål | Tidligkultur | 6000 | 3,5 | 1,9 | 4,6 |
| Pastinakk | | 4000 | 6,3 | 4,1 | 4,1 |
| Kinakål | | 10000 | 5,4 | 4,0 | 3,9 |
| Bladselleri | Bunt | 6000 | 3,7 | 3,3 | 3,5 |
| Knollselleri | Rot | 5000 | 4,9 | 3,2 | 3,3 |
| Knutekål | 12 cm diameter | 4500 | 2,6 | 2,0 | 3,1 |
| Agurk | Syltet | 10000 | 5,9 | 3,1 | 3,1 |
| Persille | 3 høstinger | 5600 | 3,2 | 3,0 | 3,1 |
| Gulrot | Konserves | 9000 | 4,3 | 3,1 | 3,1 |
| Kinakål | | 7000 | 4,3 | 2,8 | 2,8 |
| Hvitkål | Seinkultur | 8000 | 4,1 | 2,6 | 2,6 |
| Rødbete | | 5000 | 3,8 | 2,4 | 2,4 |
| Persillerot | | 4000 | 3,5 | 2,4 | 2,4 |
| Gulrot | Vasket | 7000 | 3,2 | 2,4 | 2,4 |
| Bladselleri | Stilk | 5000 | 3,8 | 2,5 | 2,4 |
| Rosenkål | | 2500 | 6,0 | 2,1 | 2,2 |
| Rødkål | Seinkultur | 6000 | 3,8 | 2,1 | 2,2 |
| Sukkermais | | 2000 | 3,7 | 2,2 | 2,2 |
| Kepaløk | sommer/tørket | 6000 | 2,6 | 2,1 | 2,2 |
| Sukkermais | | 2000 | 3,7 | 2,2 | 2,2 |
| Gulrot | Bunt | 6000 | 2,5 | 2,2 | 2,2 |
| Knutekål | 9 cm diameter | 4500 | 2,6 | 2,0 | 2,0 |
| Savoykål | Seinkultur | 4000 | 3,8 | 1,9 | 2,0 |
| Purre | | 5500 | 2,4 | 1,9 | 2,0 |
| Brokkoli | | 9000 | 4,1 | 1,6 | 1,7 |
| Blomkål | | 4000 | 4,8 | 1,7 | 1,7 |
| Rødbete | | 4000 | 2,2 | 1,7 | 1,7 |
| Spinat | Grovkvalitet | 3500 | 2,4 | 1,7 | 1,7 |
| Reddikk | Bunt | 5000 | 2,0 | 1,7 | 1,7 |
| Squash | | 6000 | 4,8 | 1,6 | 1,5 |
| Salat | Tidligkultur | 5000 | 1,7 | 1,5 | 1,5 |
| Kepaløk | vinter/tørket | 4500 | 2,4 | 1,6 | 1,5 |
| Rødkål | Tidligkultur | 4000 | 2,6 | 1,4 | 1,3 |
| Savoykål | Tidligkultur | 3000 | 2,9 | 1,4 | 1,3 |
| Spinat | Finkvalitet | 2500 | 1,9 | 1,2 | 1,3 |
| Fennikel | | 4000 | 2,4 | 1,2 | 1,3 |
| Høgbønne | | 2500 | 2,7 | 1,0 | 1,1 |
| Salat | små hoder (200 g) | 2500 | 1,9 | 1,1 | 1,1 |
| Erter | | 800 | 1,8 | 0,8 | 0,9 |
| Spinat | Småblad | 1500 | 1,0 | 0,7 | 0,7 |
| Dvergbønne | | 1200 | 1,3 | 0,4 | 0,4 |

Tabell 4.6. Sveitsiske tall for ulike grønnsakers totale P-næringsbehov, P-mengdene i planterester, og nettobehovet som må dekket med gjødsling (kg/dekar)
(Kilde: Neuweiler et al. 2008, Swiss Fed. Authority)

| | Avling (kg/daa) | Næringsbehov | Restinnhold | Gjødselbehov |
|--------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|
| Knollselleri | 6000 | 3,9 | 0,9 | 3,1 |
| Stangselleri | 6000 | 3,5 | 0,4 | 3,1 |
| Hodekål fabrikk | 8000 | 5,2 | 2,6 | 2,6 |
| Løk | 6000 | 2,6 | 0,0 | 2,6 |
| Kinakål | 6000 | 3,9 | 1,3 | 2,6 |
| Rosenkål | 2500 | 4,8 | 2,6 | 2,2 |
| Hodekål lager | 5000 | 4,4 | 2,2 | 2,2 |
| Kålrabi fabrikk | 4500 | 3,5 | 1,3 | 2,2 |
| Gulrot fabrikk | 9000 | 3,1 | 0,9 | 2,2 |
| Sikkori rot | 4000 | 2,6 | 0,4 | 2,2 |
| Sukkermais | 1800 | 3,5 | 1,3 | 2,2 |
| Blomkål | 3500 | 4,4 | 2,6 | 1,7 |
| Vårkål u.plast | 3000 | 3,5 | 1,7 | 1,7 |
| Purre | 5000 | 3,1 | 1,3 | 1,7 |
| Kålrabi fersk | 3000 | 2,6 | 0,9 | 1,7 |
| Gulrot lager | 6000 | 2,6 | 0,9 | 1,7 |
| Spinat | 2000 | 2,6 | 0,9 | 1,7 |
| Reddikk store | 4000 | 2,2 | 0,4 | 1,7 |
| Endive | 6000 | 2,2 | 0,4 | 1,7 |
| Salat div. | 6000 | 2,2 | 0,4 | 1,7 |
| Gulrot bunt tidlig | 3500 | 2,2 | 0,4 | 1,7 |
| Kålrot | 4000 | 2,2 | 0,9 | 1,3 |
| Brokkoli | 1800 | 2,2 | 0,9 | 1,3 |
| Rødbete | 4000 | 2,2 | 0,9 | 1,3 |
| Fenikkel | 4000 | 2,2 | 0,9 | 1,3 |
| Erter sukker | 1000 | 2,2 | 0,9 | 1,3 |
| Endivie | 3500 | 1,7 | 0,4 | 1,3 |
| Gulrot små | 2500 | 1,7 | 0,4 | 1,3 |
| Persille | 2500 | 1,7 | 0,4 | 1,3 |
| Bønner fersk | 1500 | 2,6 | 1,7 | 0,9 |
| Erter fabrikk | 700 | 2,4 | 1,5 | 0,9 |
| Salat div. | 3500 | 1,7 | 0,9 | 0,9 |
| Snittsalat | 1500 | 1,3 | 0,4 | 0,9 |
| Squash | 5000 | 1,3 | 0,4 | 0,9 |
| Spinat | 1200 | 1,1 | 0,2 | 0,9 |
| Reddikk små | 3000 | 0,9 | 0,0 | 0,9 |
| Bønner fabrikk | 900 | 1,7 | 1,3 | 0,4 |

I USA brukes det også et system med justering av P-anbefalingene i forhold til jordanalyser. Der har man plassert grønnsaksvekstene i fire grupper i forhold til deres P-behov (tabell 4.7). Rangeringen av vekstene har likhetstrekk med det som er vanlig i andre land, bl.a. ved at løk og selleri regnes å ha meget store P-behov mens asparges har lavt behov. For en del andre vekster er det mindre overensstemmelse: Både gulrot og kålrot rangeres lavere enn kålvekster i USA, mens det motsatte er tilfelle i Norge.

Tabell 4.7. Gruppering av ulike grønnsaksveksters P-behov ved normalt avlingsnivå i USA, her omregnet fra lb/acre, og avrundet til kg/dekar (Michigan State University)

| Gruppe 1: Lavt behov | | Gruppe 2: Middels behov | | Gruppe 3: Stort behov | | Gruppe 4: Meget stort | |
|----------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| Vekst | Avling | Vekst | Avling | Vekst | Avling | Vekst | Avling |
| Asparagus | 500 | Gulrot | 3800 | Brokkoli | 1000 | Selleri | 7500 |
| Margert | 750 | Endivie | 3800 | Rosenkål | 1250 | Kepaløk | 5000 |
| Bønner | 1000 | Salat | 5000 | Hodekål | 5000 | | |
| Kålrot | 3800 | Pastinakk | 3250 | Blomkål | 2000 | | |
| Vårkål | 1500 | Reddik | 1000 | Agurk | 3800 | | |
| | | Knutekål | 4500 | Rabarbra | 3800 | | |
| | | Spinat | 1500 | Rødbete | 3250 | | |
| | | Maiskorn | 2513 | | | | |
| | | Squash | 3769 | | | | |

Det anbefales samme P-gjødselmengde til vekstene innen hver gruppe, og mengdene justeres i forhold til matjordas innhold av plantetilgjengelig P (tabell 4.8). Sistnevnte er oppgitt på arealbasis og er basert på flere ulike P-analysemetoder. Det er vanskelig å sammenlikne disse tallene direkte med P_{AL} , men vi ser at det er omtrent samme spredning i P-tilgjengelighet som vi finner i P_{AL} -systemet vårt.

Tabell 4.8. Anbefalt P-gjødsling (kg/daa) til grønnsaksgrupper med ulike behov, og justering av P-gjødsling ved ulikt innhold av plantetilgjengelig P i jorda (Michigan State University)

| Tilgjengelig P i jorda kg P/daa | Vekstgrupper med ulike P-behov (jfr. tabell 4.7) | | | |
|------------------------------------|--|----------|----------|----------|
| | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 | Gruppe 4 |
| 3,4 | 11,9 | 16,2 | 20,5 | 24,8 |
| 5,6 | 9,7 | 14,0 | 17,2 | 21,5 |
| 7,9 | 6,5 | 10,8 | 15,1 | 19,4 |
| 10,1 | 4,3 | 8,6 | 11,9 | 16,2 |
| 12,3 | 1,1 | 5,4 | 9,7 | 14,0 |
| 14,6 | 0,0 | 3,2 | 6,5 | 10,8 |
| 16,8 | 0,0 | 0,0 | 4,3 | 8,6 |
| 19,1 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 5,4 |
| 21,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 |
| 23,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Gjennomsnittlig anbefalt P-gjødsling ved 12-15 kg/daa tilgjengelig P i jorda (de to midterste linjene i tabellen) er 0-1 kg/daa for gruppe 1, 3-5 kg/daa for gruppe 2, 6-10 kg/daa for gruppe 3 og 11-14 kg/daa for gruppe 4. Det er altså stor spredning i anbefalingene til ulike vekster, og til enkelte av vekstene anbefales det langt sterkere P-gjødsling enn det som er vanlig i Norge. Justeringene i forhold til jordas P-innhold er også store: I grupper 1 og 2 kommer man raskt ned på null når P-innholdet øker, mens gruppe 3 og 4 anbefales det å gi en viss P-mengde (opp til ca. 30 % av normen) til tross for ganske stort innhold i jorda. Av størst aktualitet for norske forhold gjelder dette løk og kål.

En sammenlikning er gitt i tabell 4.9 mellom P-anbefalingene på Bioforsks hjemmeside og tilsvarende anbefalinger i England, Tyskland og Sveits. Der det var mulig, er det brukt verdier ved noenlunde samme avlingsnivå, men i en del tilfeller er det gitt få opplysninger om dette.

Tabell 4.9. Sammenlikning av norske (Bioforsk) anbefalinger for normal P-gjødsling til en rekke grønnsaker med verdier som er anbefalt i Tyskland, Sveits og England (kg P/daa)

| | Norge (N) | Tyskland (T) | Sveits (S) | England (E) | Middel (T,S,E) | Forskjell (jfr. N) |
|-------------------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| Løk | 6,0 | 1,5 | 2,6 | 2,2 | 2,1 | -3,9 |
| Purre, fabrikk | 6,0 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 2,0 | -4,0 |
| Knollselleri | 6,0 | 3,3 | 3,1 | - | 3,2 | -2,8 |
| Bønner | 6,0 | 0,4 | 0,4 | 2,2 | 1,0 | -5,0 |
| Gulrot, konsum/lagring | 5,0 | 2,4 | 1,7 | 2,2 | 2,1 | -2,9 |
| Gulrot, fabrikk | 5,0 | 3,1 | 1,7 | 2,2 | 2,3 | -2,7 |
| Stilkselleri | 5,0 | 3,5 | 3,1 | 4,4 | 3,7 | -1,3 |
| Mais | 5,0 | 2,2 | 2,2 | 1,1 | 1,8 | -3,2 |
| Hodekål, fabrikk | 4,0 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 2,4 | -1,6 |
| Rosenkål | 4,0 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | -1,8 |
| Broccoli, sommer | 4,0 | 1,7 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | -2,3 |
| Broccoli, høst | 4,0 | 1,7 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | -2,3 |
| Kålrot, høst/lagring | 4,0 | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | -1,9 |
| Rødbeter | 4,0 | 1,7 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | -2,3 |
| Rotpersille | 4,0 | 2,4 | - | 2,2 | 2,3 | -1,7 |
| Frilandsagurk | 4,0 | 3,1 | 0,9 | 1,1 | 1,7 | -2,3 |
| Isbergsalat | 4,0 | 1,5 | 1,7 | 4,4 | 2,5 | -1,5 |
| Hodekål, konsum | 3,0 | 2,6 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | -0,5 |
| Hodekål, sommer/høst | 3,0 | 4,6 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | -0,2 |
| Blomkål, sommer/høst | 3,0 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 1,9 | -1,1 |
| Blomkål, fabrikk | 3,0 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 1,9 | -1,1 |
| Kinakål, sommer/lagring | 3,0 | 3,9 | 2,6 | 2,2 | 2,9 | -0,1 |
| Erter | 3,0 | 0,8 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | -1,8 |
| Middel | 4,3 | 2,4 | 2,0 | 2,3 | 2,2 | -2,1 |

Som allerede nevnt, ligger de norske anbefalingene ofte høyere enn i flere europeiske land. Det er ikke alltid overensstemmelse mellom de andre landene heller. Det anbefales, for eksempel, langt høyere P-gjødsling til bønner og salat i England enn i Tyskland og Sveits. Derimot, når det gjelder agurk og visse typer kål ligger Tyskland på et høyere nivå enn andre land. I gjennomsnitt er de norske anbefalingene omtrent dobbelt så høye som de europeiske.

De siste kolonnene i tabellen viser middelverdiene for disse tre europeiske land og forskjellen mellom disse verdiene og de norske anbefalingene. En slik sammenlikning har bare begrenset vitenskaplig verdi, men den gir et bilde av hvilke vekster som det er størst grunn til å stille spørsmål ved om hvorvidt de norske anbefalingene er fornuftige. Løk, purre, bønner og mais peker seg ut som vekster der de norske P-normene er spesielt høye. Anbefalingene til knollselleri, gulrot, brokkoli, rødbeter og agurk er også relativt høye i Norge. Derimot avviker de norske anbefalingene til hodekål, blomkål, kinakål og stilkselleri i mindre grad fra de som gjelder i andre land.

5. Resultater fra tidligere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge

Feltforsøk med grønnsaker er tidkrevende og kostbare, sammenliknet med vekster som korn. Derfor har antall norske gjødslingsforsøk med fosfor vært begrenset. Tidligere forsøk gir likevel informasjon som er relevant i dag, spesielt i relasjon til behovet for P-gjødsel på jord som allerede har et stort forråd av fosfor.

Mangeårige forsøk med 'forrådgjødsling' til gulrot og hodekål ble utført av Roll-Hansen (1973) på en meget moldrik leirjord på Kvithamar (Trøndelag) i tidsrommet 1958-1967. Han skrev at "av spesiell interesse var det å se om opparbeidede P_{AL} , ved siden av forholdsvis svak P-gjødsling, ville gi utslag i avlingene". I perioden 1958-1961 ble det dyrket gulrot med hhv. 2,6, 5,2 og 7,8 kg P/daa/år, for å etablere ulike P-forråd. Avlingene i disse årene ble ikke oppgitt. De neste to årene ble først gulrot og deretter hodekål dyrket med moderat P-gjødsling til alle ledd (tabell 5.1), etterfulgt av en ny periode med forrådgjødsling i 1964-66. Deretter ble ettervirkningen målt i hodekål i 1967.

Tabell 5.1. Forsøk med P-gjødsling til gulrot og kål på Kvithamar (kilde: Roll-Hansen 1973)

| | <u>Ledd 1</u> | <u>Ledd 2</u> | <u>Ledd 3</u> |
|---|---------------|---------------|---------------|
| P-gjødsling 1958-'61 (kg/daa/år) ¹ | 2,6 | 5,2 | 7,8 |
| Gulrotavling i 1962 (kg/daa) ² | 4519 | 4742 | 4833 |
| P_{AL} i 1962 (mg/100 g) | 12,5 | 16,0 | 18,0 |
| Hodekålavling i 1963 (kg/daa) ³ | 4612 | 4639 | 4704 |
| P_{AL} i 1963 (mg/100 g) | 11,5 | 14,5 | 16,5 |
| P-gjødsling 1964-'66 (kg/daa/år) | 3,9 | 7,8 | 11,7 |
| Hodekålavling 1964-'66 (kg/daa/år) | 4843 | 5045 | 4996 |
| Hodekålavling i 1967 (kg/daa) ³ | 4292 | 4495 | 4832 |
| P_{AL} i 1967 (mg/100 g) | 13,0 | 18,5 | 23,0 |

¹Gulrot hvert år, avling ikke oppgitt ²Ettervirkning med 2,6 kg P ³Ettervirkning med 3,9 kg P

Avlingsøkningene i gulrot i 1962 var hhv. 5 % og 7 % der P_{AL} hadde økt fra 12 til hhv. 16 og 18. Året etter var ettervirkningene i kål hhv. <1 % og 2 %, mens P_{AL} -verdiene var nesten på samme nivå som året før. I perioden 1964-66 gav en dobling eller tredobling av P-mengden avlingsøkninger på bare 3-4 %, mens jordas P_{AL} -verdier økte til hhv. 19 og 24. I 1967 ble det ved disse nivå funnet hhv. 5 % og 13 % avlingsøkning i hodekål som fikk 3,9 kg P/daa, sett i forhold til leddet med en P_{AL} 13. Roll-Hansen konkluderte "det ser ut til å lønne seg å opparbeide så høye P_{AL} -verdier som 20 og fremdeles gi 3,9 kg P/daa/år til hodekål". Med tanke på situasjonen i dag, bekrefter resultatene at gulrot og hodekål benytter seg av P-forråd i jord, men de forteller ikke hva som vil skje om man reduserer P-mengdene til mindre enn hhv. 2,6 og 3,9 kg/daa.

Roll-Hansen (1977) beskrev senere undersøkelser i rødbete på samme forsøksfelt (tabell 5.2). Først ble det målt ettervirkningen av forrige forsøksperiode i 1968, med lik P-mengde på alle ledd. Da ble det målt 6-7 % høyere rødbeteavling ved P_{AL} -verdier >19 enn ved P_{AL} 14. Så fulgte nye perioder, med stigende P-mengder i til sammen 7 år. De første 4 av disse årene var det ingen avlingsøkning ved å øke P-gjødslingen fra 2,6 og 7,8 kg P/daa. De neste tre årene ble det funnet 4 % økning i avling ved å doble P-mengden fra 4,4 kg til 8,8 kg. P_{AL} -verdiene endret seg lite i perioden. I 1975 ble det målt ettervirkninger på 3-4 %, selv om alle ledd ble gjødslet likt med 6 kg P/daa. Roll-Hansen var overrasket over å få slike utslag ved så høye

P_{AL} -verdier, men konkluderte at ” for rødbete er det likevel neppe lønnsomt å sikte mot høyere P_{AL} -verdier enn 15-20”.

Tabell 5.2. Forsøk med P-gjødsling til rødbete på Kvithamar (kilde: Roll-Hansen 1977)

| | <u>Ledd 1</u> | <u>Ledd 2</u> | <u>Ledd 3</u> |
|---|---------------|---------------|---------------|
| P_{AL} i 1968 (mg/100 g) | 14,0 | 19,5 | 24,0 |
| Rødbeteavling i 1968 (kg/daa/år) ¹ | 2702 | 2899 | 2851 |
| P-gjødsling 1969-'72 (kg/daa/år) | 2,6 | 5,2 | 7,8 |
| Rødbeteavling 1964-'66 (kg/daa/år) | 3361 | 3431 | 3311 |
| P-gjødsling 1973-'74 (kg/daa/år) | 4,4 | 6,6 | 8,8 |
| Rødbeteavling 1973-'74 (kg/daa/år) | 3406 | 3480 | 3539 |
| Rødbeteavling i 1975 (kg/daa/år) ² | 3643 | 3739 | 3774 |
| P_{AL} i 1975 (mg/100 g) | 14,0 | 19,5 | 24,0 |

¹Ettervirkning med 2,6 kg P

²Ettervirkning med 6,0 kg P

I et 8-årig forsøk med gulrot på godt omdannet myrjord i Nord Trøndelag fant Roll-Hansen (1974) svært beskjeden avlingsøkning mellom 2,6 og 7,8 kg P/daa. P-binding i myrjord er vanligvis liten og P_{AL} var rundt 30 på alle ledd allerede ved forsøkets start i 1961. Ved bruk av 2,6 kg P/daa/år i fem år ble verdien halvert, mens ved bruk av 7,8 kg P holdt verdien seg på omtrent samme nivå. Det er ikke usannsynlig at det skjedde utvaskingstap i denne perioden.

Roll-Hansen (1976) redegjorde for P-gjødslingsforsøk til gulrot på moldholdig sandjord i Levanger og Bodø (tabell 5.3). I Levanger ble det over tre år målt avlingsøkninger på 0,2 % og 6 % ved å gi hhv. 7,8 og 11,7 kg P/daa/år, sett i forhold til 3,9 kg P. Lagringsevnen ble også forbedret ved sterk gjødsling. P_{AL} -nivået ved svakest gjødsling var ca. 20, og dette økte til 28 ved sterk gjødsling. I Bodø ble det over fire år målt noe mindre utslag (1-4 %) mellom P-leddene, som varierte fra 2,6-7,8 kg P/daa/år. På dette feltet var P_{AL} -verdiene godt over 20 på alle ledd. Også i disse forsøkene uttrykte forfatteren overraskelse over å få sikre utslag for P-gjødsling ved så høye P_{AL} -verdier. Han gav anbefalinger på 4,5 til 8 kg P/daa til gulrot.

Tabell 5.3. Forsøk med P-gjødsling til gulrot på sandjord (kilde: Roll-Hansen 1976)

| <u>Levanger 1964-'67:</u> | <u>Ledd 1</u> | <u>Ledd 2</u> | <u>Ledd 3</u> |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| P-gjødsling (kg/daa/år) | 3,9 | 7,8 | 11,7 |
| Gulrotavling (kg/daa/år) | 7932 | 7950 | 8403 |
| P_{AL} i 1964 (mg/100 g) | 20,0 | 23,0 | 26,0 |
| P_{AL} i 1967 (mg/100 g) | 21,0 | 24,0 | 28,0 |
| <u>Bodø 1960-'63:</u> | | | |
| P-gjødsling (kg/daa/år) | 2,6 | 5,2 | 7,8 |
| Gulrotavling (kg/daa/år) | 5707 | 5784 | 5966 |
| P_{AL} i 1960 (mg/100 g) | 26,0 | 25,0 | 23,0 |
| P_{AL} i 1963 (mg/100 g) | 27,0 | 29,0 | 29,0 |

Det har lenge vært hevdet at løkvekster har spesielt store krav til god næringstilstand i jorda pga. svakt utviklet rotsystem. I et rammeforsøk med 'moldrik, sandholdig, skjør leire' på Kvithamar ble det etablert ulike P-nivå i jorda ved ulike gjødslinger til gulrot i perioden 1963-'70 (Flønes 1977). Deretter ble det utført P-gjødslingsforsøk til løk i fem år (tabell 5.4). I 1971 var P_{AL} -nivået svært høyt på alle ledd. Likevel ble det funnet avlingsøkninger på 9-10 % ved å tilføre 5,5- 8,8 kg P/daa/år sett i forhold til et kontroll-ledd med lite eller ingen P-gjødsel.

Økningene i løk med klasse I var enda litt høyere, hhv. 10 % og 13 % ved midlere og største P-mengde.

P_{AL} -verdiene ble redusert i perioden med ca. 25 % på alle leddene. Etervirkningene i 1976 var beskjedne. Flønes anbefalte til løk en P_{AL} -verdi på ca. 30, og årlig gjødsling med 5,5 kg P.

Tabell 5.4. Forsøk med P-gjødsling til kepaløk på Kvithamar (kilde: Flønes 1977)

| | Ledd 1 | Ledd 2 | Ledd 3 |
|-----------------------------------|------------------|--------|--------|
| P-gjødsling 1963-'70 (kg/daa/år) | 2,9 | 7,2 | 10,4 |
| P_{AL} i 1971 (mg/100 g) | 28,0 | 42,0 | 50,0 |
| P-gjødsling 1971-'75(kg/daa/år) | 0,0 ¹ | 5,5 | 8,8 |
| Løkavling 1971-'75 (kg/daa/år) | 3465 | 3781 | 3812 |
| Klasse I løk 1971-'75 (kg/daa/år) | 2685 | 2963 | 3024 |
| Løkavling i 1976 ² | 4790 | 4810 | 4907 |
| P_{AL} i 1976 (mg/100 g) | 23,0 | 32,0 | 38,0 |

¹ 4,4 kg P på ledd 1 i 1975

² Etervirkning med 5,5 kg P

Purre og knollselleri regnes også å være næringskrevende vekster. Flønes (1987a) redegjorde for forsøk gjort på Kvithamar med disse vekstene i perioden 1976-'80, på de samme feltene som ble brukt av Roll-Hansen (1973,1977). I startåret 1976 ble det målt solide ettervirkninger av tidligere gjødsling på feltet, selv om det ble gitt 7,7 kg P på alle ledd det året (tabell 5.5). I purre ble klasse I avling nesten tredoblet der P_{AL} -verdien var 21, sett i forhold til P_{AL} 12! I årene 1977-'80 ble avlingene økt med 10-11 % ved bruk av 6,6 kg P/daa istedenfor 4,8 kg P, og med 16-20 % ved bruk av 8,4 kg P. Flønes anbefalte derfor bruk av 7-9 kg P/daa. Ut fra tallene oppgitt for tørrstoff og P-innhold, ble det fjernet bare omkring 1 kg P/daa med disse produktene, jordas P_{AL} -innhold økte derfor ytterligere i løpet av forsøksperioden.

Tabell 5.5. Forsøk med P-gjødsling til purre og knollselleri (kilde: Flønes 1987ab)

| | Ledd 1 | Ledd 2 | Ledd 3 |
|--|--------|--------|--------|
| Purre: | | | |
| P_{AL} i 1976 (mg/100 g) | 12,0 | 17,0 | 21,0 |
| Avling (klasse I) i 1976 (kg/daa) ¹ | 659 | 1179 | 1847 |
| P-gjødsling 1977-'80 (kg/daa/år) | 4,8 | 6,6 | 8,4 |
| Avling (klasse I) 1977-'80 (kg/daa/år) | 2011 | 2230 | 2410 |
| P_{AL} i 1980(mg/100 g) | 17,0 | 23,0 | 29,0 |
| Knollselleri: | | | |
| P_{AL} i 1976 (mg/100 g) | 18,0 | 23,0 | 28,0 |
| Avling (klasse I) i 1976 (kg/daa) ¹ | 1524 | 1621 | 1771 |
| P-gjødsling 1977-'80 (kg/daa/år) | 4,8 | 6,6 | 8,4 |
| Avling (klasse I) 1977-'80 (kg/daa/år) | 1366 | 1496 | 1586 |
| P_{AL} i 1980(mg/100 g) | 22,0 | 27,0 | 35,0 |

¹ Etervirkning med 7,7 kg P

Det har blitt vanlig å gjødsle sterkt for å heve jordas P_{AL} -nivå, og det finnes flere eksempler på at slik gjødsling kan gi økt avling hos løk. I et forsøk på Kise fant Dragland (1984) at gjødsling med 18 kg P/daa økte løkavlingen med 15 % det første og med ca.10 % det andre året. Utslaget for en ny sterk gjødsling i det andre året var like stort på ledd hvor det var brukt sterk gjødsling første året som på leddet med svak gjødsling første året (tabell 5.6). Det var dessuten solide ettervirkninger, på 12-13 %, av det første års sterk gjødsling ved begge P-mengder som ble brukt det andre året. Sterk P-gjødsling var spesielt viktig for mengden av store løk. Jordas P_{AL} -tall økte fra 13 ved bruk av 4,5 kg P/daa til 15 ved bruk av 18 kg P/daa.

Bare en liten andel av overskuddsfosforet ble altså gjenfunnet som AL-tilgjengelig. Dette tyder på at forsøket har foregått på jord med stor P-bindingsevne.

Tabell 5.6. Løkavlinger etter ulike P-gjødsling over to år på Kise (kilde: Dragland 1984)

| Gjødselmengde og løkavling i 1980 | | Gjødselmengde og løkavling i 1981 | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|---------------|
| | kg/daa | 4,5 kg P/daa | 18,0 kg P/daa |
| 4,5 kg P/daa | 4811 | 5778 | 6416 |
| 18,0 P kg/daa | 5536 | 6528 | 7202 |

Man har lenge vært klar over den dårlige utnyttelsen av tilført fosfor hos løk. Derfor har ulike metoder blitt undersøkt med tanke på å bedre denne situasjonen. Tilførsel av fosfor til oppalsplanter i fiberpotter er en metode som har gitt gode resultater hos flere grønnsakarter (Balvoll 1970a). Bruk av diammoniumfosfat (DAP) var bedre enn superfosfat, og det ble funnet best respons ved lav temperatur (Balvoll 1970b). Hos løk og purre gav bruk av 50 mg P/potte (0,5 kg/daa) samme utslag som bruk av 6 kg P tilført i feltet. Potteoppal av løk brukes sjelden i Norge i praksis. Et mer aktuelt alternativ er dypping av setteløken i næringsløsning. Selv om økningen i setteløkens næringsinnhold var meget liten på arealbasis, oppnådde Dragland (1992) avlingsøkninger på 0,4-0,7 tonn løkavling/daa i et forsøk på Kise. Senere feltforsøk gav imidlertid mer variable resultater. Metoden kan uansett være en meget billig ”forsikring” mot P-mangel. Én liter Superba MPM pr. 100 liter væske har gitt best resultat.

Radgjødsling er også en enkel metode for å bedre gjødseffektiviteten. I middel av 6 forsøk på Østlandet fant Dragland (1984) betydelig avlingsøkning ved å plassere P-gjødsel 5 cm under løkraden (tabell 5.7). I disse forsøkene viste det seg at P-kilden også hadde betydning for resultatet av radgjødsling. Monoammoniumfosfat (MAP) var bedre enn superfosfat (P9) ved samme mengde P, og bruk av 6 kg P/daa gitt som MAP var faktisk bedre enn bruk av 12 kg P gitt som superfosfat når bare halvparten ble gitt i raden.

Tabell 5.7. Løkavling (kg/daa) ved bruk av ulike P-mengder, P-kilder og gjødselplasseringer. Middell av tre forsøk på morenejord og tre på sandjord (kilde: Dragland 1984)

| | Avling stor løk | Total avling | Relativ avling |
|------------------------------|-----------------|--------------|----------------|
| Ingen P-gjødsel | 4355 | 5215 | 100 |
| 6 kg P/daa: | | | |
| Breigjødslet, Superfosfat P9 | 4995 | 5690 | 109 |
| Radgjødslet, Superfosfat P9 | 5230 | 5840 | 112 |
| Radgjødslet, MAP | 5945 | 6435 | 124 |
| 12 kg P/daa (6 +6): | | | |
| Breigj. P9 + Radgj. P9 | 5695 | 6255 | 120 |
| Breigj. P9 + Radgj. MAP | 6240 | 6690 | 128 |

De senere årene er det lansert ulike ’startgjødseltyper’. OPTISTART™ NP har 12 % N og 23 % P som ammoniumfosfat. HYDROCOMPLEX™ har 12,4 % N (hvorav 5 % som nitrat-N), 5 % P, 14,8 % K, 8 % S og 1,6 % Mg, samt en del mikronæringsstoffer. I et forsøk med løk på Kise i 1999 ble disse sammenlignet med fire andre P-kilder (Fullgjødsel 11-5-17, PK 5-17, superfosfat P8 og trippelsuperfosfat P20), alle ved mengder som gav 5 kg P/daa. Forsøket hadde også et kontroll-ledd uten P-gjødsel, og et ledd med en stor P-mengde (23 kg P/daa), gitt som Optistart. Før forsøkets start hadde jorda på feltet et relativt høyt P_{AL}-innhold (14 -16

mg/100g), og pH 6,0. Samme N-mengde (12 kg/daa) ble gitt ved start på alle ledd, balansert ut ved passende tillegg i form av kalksalpeter. Lik tilførsel av kalium ble sikret ved bruk av ulike mengder kaliumsulfat, slik at alle ledd fikk 18 kg K/daa. Svovelmengden varierte fra 7 til 10 kg/daa. All gjødsel ble gitt ved setting, ved hjelp av en forsøkssåmaskin, og i tillegg ble radgjødsling 5 cm under planteraden sammenliknet med breigjødsling på overflaten. Det ble ikke funnet virkning av gjødselplassering på løkavlingen, men ferskveksten av løkblad ved høsting var signifikant lavere etter radgjødsling enn etter breigjødsling. Dette tyder på raskere modning med førstnevnte metode. Det var derimot klare avlingsutslag mellom P-kildene (tabell 5.8).

Tabell 5.8. Virkning av ulike fosforkilder på løkavlinger, størrelsesfordeling og P_{AL} om høsten i et forsøk fra 1999, der alle ledd fikk 12 kg N/daa og 18 K/daa. Alle ledd, unntatt det nederste (Optistart 23 kg P/daa) ble gjødslet med 5 kg P/daa gitt i ulike gjødselslag (kilde: Riley 2000)

| P-kilde: | Avling (kg/daa) | | % fordeling av størrelse, cm | | | P_{AL} , høst (mg/100g) |
|-----------------------|-----------------|------|------------------------------|-----|-----|---------------------------|
| | Blad | Løk | < 5 | 5-7 | > 7 | |
| Uten P-gjødsel | 296 | 2563 | 48 | 50 | 2 | 12,9 |
| Superfosfat P8 | 191 | 2546 | 47 | 51 | 2 | 17,9 |
| Trippel P20 | 275 | 2891 | 41 | 56 | 3 | 15,3 |
| PK 5-17 | 248 | 2763 | 43 | 56 | 1 | 18,0 |
| Fullgjødsel 11-5-17 | 267 | 3518 | 26 | 68 | 6 | 18,1 |
| Hydro Complex | 316 | 3568 | 26 | 68 | 6 | 19,4 |
| Optistart 5 kg P/daa | 223 | 3073 | 43 | 53 | 4 | 16,8 |
| Optistart 23 kg P/daa | 271 | 4010 | 16 | 72 | 12 | 23,1 |

Fosfor gitt i formuleringer uten nitrogen gav ikke signifikant avlingsøkning i forhold til leddet uten P, mens Fullgjødsel 11-5-17 og Hydro Complex gav hhv. 37 % og 39 % økning. Samme mengde P i Optistart gav 20 % avlingsøkning, mens leddet med meget sterk P-gjødsling (23 kg P/daa i Optistart) gav hele 56 % avlingsøkning. Dette viser at fosfor var en begrensende faktor i forsøket, til tross for høyt P_{AL} -innhold i jorda ved start. Jordprøver i 0-10 cm viste at bruk av 5 kg P/daa hadde økt P_{AL} -innholdet med 2-6 mg/100 g. Minst utslag ble funnet med P20 og størst med Hydro Complex. Leddet med meget sterk P-gjødsling hadde 10 mg/100 g høyere P_{AL} , noe som betyr at innholdet av tilgjengelig fosfor hadde økt med litt over halvparten av P-mengden som var blitt tilført om våren.

Sluttkommentar:

Disse forsøkene har dannet grunnlaget for anbefalingene vi har hatt til nå i Norge. Det bør kommenteres at de fleste forsøkene har ligget i Trøndelag, til dels på leirjord. Det innebærer kaldere klima enn for grønnaksområdene lenger sør, og jord med større P-bindingsevne enn det sandjord vanligvis har. P_{AL} responsen på Kise tyder på at også denne jorda har en ganske høy P-bindingsevne. P_{AL} er en relativt stor pulje hvor andelen vannløselig P ved samme P_{AL} -nivå varierer med jordtype. Generelt forventes høyere andel vannløselig P i sandjord enn i leirjord. Dette betyr at en del av de tidligere fosforgjødslingsforsøkene til grønnsaker trolig ikke er representative for dyrkingsforholdene på sandjord i sørligere deler av landet.

6. Resultater fra nyere fosforgjødslingsforsøk med grønnsaker i Norge

Det er blitt gjennomført få fosforgjødslingsforsøk her til lands i løpet av de siste 30 årene. Årsakene er nok flere, men fagområdet grønnsaker omfatter svært mange ulike kulturer, og behovet for fosfor er et emne som er vanskelig å belyse. Det kreves gjerne langvarige forsøk, forsøk på ulike jordarter og på jord med ulikt fosforinnhold. Ser en på tilrådinger gitt i andre land, oppdager en at også disse bygger på svært spinkelt forsøksmateriale. For å få et bedre grunnlag for en eventuell revidering av fosfornormene til grønnsaker under norske forhold, ble det i 2006 satt i gang flere forsøksserier med fosforgjødsling, i første omgang konsentrert til de største grønnsakskulturene hodekål, gulrot og kepaløk. En del av forsøkene har også inngått i prosjektet "Følgeprosjekt for Vansjø", og fra dette arbeidet foreligger det en egen rapport på Bioforsks nettsider (Stubhaug og Saastad, 2011).

I perioden 2005-2010 ble det gjennomført over 50 fosforgjødslingsforsøk i kulturene hodekål, kepaløk, purre, gulrot og isbergsalat. Over halvparten av forsøkene ble gjennomført i lokale enheter i Norsk Landbruksrådgiving, på arealer som har inngått i vanlig grønnsaksomløp. Dette innebærer at mange av forsøkene har ligget på jord med til dels svært høye fosfortall ($P_{AL} > 20$). Det har derfor blitt fokusert på hvor mye en kan redusere P-gjødsling på fosforrik jord og samtidig bevare avling og kvalitet.

6.1 Hodekål

Bioforsk sine gjødslingsnormer for hodekål er 3 kg P pr. dekar for kål til konsum og 4 kg P for kål til fabrikk. En normalavling med kål tar opp 3-4 kg fosfor, hvorav 2-3 kg føres bort med salgsproduktene. Dette innebærer at det vanligvis tilføres noe mer fosfor enn det som tas bort. Siden kålvekster med lang vekstsesong generelt har et stort, velutviklet og dyptgående rotsystem, vil de kunne utnytte fosforreservene i jorda bedre enn mange andre kulturer.

Det er blitt gjennomført til sammen 13 forsøk fordelt med 8 forsøk i hvitkål til konsum, 3 forsøk i hvitkål til industri og 2 forsøk i tidlig sommerkål. Følgende mengder fosfor ble brukt: 0 – 1,5 – 3,0 – 4,5 og 6 kg P pr. dekar. Alt fosforet, 70 prosent av kaliumet og 55 prosent av nitrogenet ble gitt like før planting. Resten av N og K ble tilført som delgjødslinger (totalt 27 kg N og 17 kg K pr. dekar). De tre forsøkene med industrikål og to med sommerkål ble gjennomført i Rygge i Østfold, mens de åtte forsøkene med konsumkål ble gjennomført i lokale enheter i Norsk Landbruksrådgiving i Lier i Buskerud, Aust-Agder, Østfold og Oppland. Fosforet i disse seriene ble gitt gjennom gjødsel Opti-P (8%P).

6.1.1 Hvitkål til konsum og industri

Middeltall for alle 11 forsøk med hvitkål er vist i tabell 6.1. Det var signifikant avlingsøkning opp til 3 kg P pr. dekar, og en relativt klar økning i hodestørrelse, til tross for høye P_{AL} -tall. Avlingen av industrikål var mer enn dobbelt så stor som for konsumkål (tabell 6.2 og 6.3). Utslagene for fosforgjødsling var likevel ikke veldig forskjellige mellom disse kåltypene. Hos konsumkål var det tendens til større avlingsøkning mellom 1,5 og 3 kg P enn hos industrikål. Dette kan ha sammenheng med forskjeller mellom kålsortene, som kan gi ulik utnyttelse av P-reservene i jorda. Sorten 'Erdeno', som er brukt i industrikålfeltene, ble gjødslet med 4-5 kg/daa mer nitrogen enn 'Lennox' og 'Bartolo', som er brukt i feltene med konsumkål. Både blad- og rotmasse blir større hos 'Erdeno', slik at denne sorten trolig tar opp mer P fra jorda enn de andre sortene. Det kan også være generelle sortsforskjeller i rotutvikling som gjør at 'Erdeno' tar opp mer P fra jorda. Dessuten var jordas pH-nivå generelt lavere i feltene med industrikål enn i de med konsumkål, og dette var trolig mer gunstig for opptak av P.

Faktorer som pH, jordart og jordstruktur virker sterkt inn på utslag for fosforgjødsling. I ett av feltene var avlingsøkning på 25-30 prosent ved den største fosfortilførselen. Dette kunne forklares med høy pH-verdi og høyt kalsiuminnhold i jorda (pH=8,0 og Ca-AL=380). Tilgjengelighet og mobilitet av fosfor blir påvirket av pH. Med tanke på at det er et mål å redusere fosforgjødsling, er det derfor viktig at jorda ikke kalkes for sterkt, selv om dette kan komme i konflikt med ønsket om å unngå klumprot på areal med mange kålvekster i omløpet.

Tabell 6.1. Middeltall av 11 forsøk med hvitkål (vinterkål) 2005-2008

| Forsøksledd | Avling, salgbar | Rel. | Gram/ | Rel. | P _{AL} | P _{AL} | K _{AL} | pH |
|--------------|-----------------|------|-------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| kg P/daa | kg/daa | avl. | hode | str. | vår | Høst | | |
| 0 | 6473 | 100 | 2667 | 100 | 22,6 | 21,7 | 10,1 | 6,9 |
| 1.5 | 6579 | 102 | 2701 | 101 | 22,6 | 22,5 | 10,6 | 6,9 |
| 3 | 6780 | 105 | 2801 | 105 | 22,7 | 22,9 | 10,0 | 6,9 |
| 4.5 | 6653 | 103 | 2821 | 106 | 22,2 | 23,2 | 10,3 | 6,9 |
| 6 | 6899 | 107 | 2855 | 107 | 22,4 | 23,5 | 10,1 | 6,9 |
| <i>p%</i> | 0,10 | | 0,06 | | >20 | 1,1 | | |
| <i>LSD5%</i> | 200 | | 93 | | | 1,7 | | |
| <i>CV%</i> | 3,4 | | 3,9 | | 2,1 | 5,0 | | |

Tabell 6.2. Middeltall av 8 forsøk med stigende P-mengder i hvitkål til konsum 2005-2008 (sortene 'Lennox' og 'Bartolo')

| Forsøksledd | Avling, salgbar | Rel. | Gram/ | Rel. | P _{AL} | P _{AL} | K _{AL} | pH |
|--------------|-----------------|------|-------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| kg P/daa | kg/daa | avl. | Hode | str. | vår | Høst | | |
| 0 | 5384 | 100 | 1738 | 100 | 23,1 | 22,4 | 12,4 | 7,2 |
| 1.5 | 5425 | 101 | 1749 | 101 | 23,1 | 23,1 | 13,3 | 7,2 |
| 3 | 5684 | 106 | 1812 | 104 | 23,1 | 23,5 | 12,2 | 7,2 |
| 4.5 | 5546 | 103 | 1825 | 105 | 22,9 | 24,3 | 12,6 | 7,2 |
| 6 | 5772 | 107 | 1860 | 107 | 22,8 | 24,1 | 12,3 | 7,2 |
| <i>p%</i> | 1,4 | | 4,5 | | >20 | 15,0 | | |
| <i>LSD5%</i> | 247 | | 90 | | | 1,6 | | |

Tabell 6.3. Middeltall av 3 forsøk med stigende P-mengder i hvitkål til industri 2006-2008 (sorten 'Erdeno')

| Forsøksledd | Avling, salgbar | Rel. | Gram/ | Rel. | P _{AL} | P _{AL} | K _{AL} | pH |
|--------------|-----------------|------|-------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| kg P/daa | kg/daa | avl. | Hode | str. | vår | Høst | | |
| 0 | 12560 | 100 | 5147 | 100 | 21,7 | 20,5 | 6,3 | 6,3 |
| 1.5 | 12880 | 103 | 5238 | 102 | 21,7 | 21,3 | 6,3 | 6,3 |
| 3 | 13110 | 104 | 5437 | 106 | 22,2 | 21,6 | 6,2 | 6,3 |
| 4.5 | 13120 | 104 | 5479 | 106 | 21,1 | 21,2 | 6,5 | 6,3 |
| 6 | 13360 | 106 | 5508 | 107 | 21,8 | 22,4 | 6,3 | 6,3 |
| <i>p%</i> | 4,8 | | 4,1 | | >20 | 3,7 | | |
| <i>LSD5%</i> | 502 | | 256 | | | 1,1 | | |

6.1.2 Sommerkål

Sommerkål har kort veksttid og relativt lite P-opptak. Den første delen av veksten skjer i kjølig jord i april/mai, men mye av veksten skjer i juni/juli. I forsøkene var avlingsnivået en tredjedel av den for industrikål. Det var ikke statistisk signifikant utslag for P-gjødsling (tabell 6.4). Bruk av 1,5 kg fosfor gav noe høyere salgbar avling i forhold til 0-leddet, men utover dette var det ingen avlingsøkning. Det var heller ingen sikre utslag i hodestørrelse eller i andelen som var høstbar ved 1. høstetid. Det var imidlertid bare to felt i denne serien.

Tabell 6.4. Middeltall av 2 forsøk med stigende P-mengder i sommerkål 2009-2010 (sorten 'Parel')

| Forsøksledd | Antall hoder pr. dekar | Avling, kg/daa | Gram/hode | P_{AL} | | K_{AL} | pH | % salgbar ved ulik høstetid | |
|-------------|------------------------|----------------|-----------|----------|------|----------|-----|-----------------------------|-----|
| | | | | Vår | Høst | | | 1. | 2. |
| 0 kg P | 3791 | 4223 | 1128 | 26,3 | 27,5 | 8,3 | 6,3 | 77 | 17 |
| 1,5 kg P | 3875 | 4444 | 1157 | 26,2 | 29,1 | 8,3 | 6,3 | 71 | 24 |
| 3,0 kg P | 3895 | 4336 | 1126 | 25,5 | 30,0 | 8,9 | 6,4 | 82 | 17 |
| 4,5 kg P | 3854 | 4484 | 1136 | 26,2 | 30,1 | 9,1 | 6,5 | 76 | 21 |
| 6,0 kg P | 3812 | 4365 | 1169 | 26,5 | 32,3 | 8,6 | 6,4 | 84 | 13 |
| <i>p%</i> | >20 | >20 | >20 | >20 | 2,4 | >20 | >20 | >20 | >20 |

6.1.3 Effekt på jordas plantetilgjengelige fosforinnhold

Forsøkene ble gjennomført på jord med $P_{AL} > 20$ i gjennomsnitt. Dette er ikke uvanlig i grønnsaksomløp i områder med intensiv grønnsaksproduksjon. Ut fra miljømessige hensyn er det ønskelig å redusere innholdet av lettløselig fosfor i slik jord. Muligheten for dette har sammenheng med mengden av fosfor som føres bort i avlingen. Denne mengden avtar i rekkefølgen industrikål > konsumkål > sommerkål.

Middeltallene for konsumkål (tabell 6.2) viser samme P_{AL} -verdi ved høsting som om våren ved bruk av 1, 5 kg P, mens det på 0-leddet var en svak nedgang. Alle forsøksledd med mer enn 1,5 kg P-gjødsel viste økning i P_{AL} fra vår til høst. Hos industrikål (tabell 6.3) var det nedgang i P_{AL} ved bruk av opp til 3 kg P pr. dekar, og en svak økning deretter.

Hos sommerkål ble det målt en økning i P_{AL} på alle ledd, også for 0-leddet. Dette tyder på at det skjedde en frigjøring av fosfor utover forsommeren. Med den sterkest fosforgjødslinga økte P_{AL} med over fem enheter. Dette tyder på svært lav eller ingen utnyttelse av gjødselen.

Konklusjon

Forsøkene viser utslag for P-gjødsling i hvitkål til konsum og industri, selv ved høyt nivå for P_{AL} , men lite utslag i sommerkål. Bruk av P-gjødsel ser ut til å øke jordas P_{AL} minst hos industrikål og mest hos sommerkål. Industrikål utnytter jordas P-reserver best og kan tåle en større reduksjon i P-gjødsling ved høye P_{AL} -nivå enn andre kåltyper med mindre rotnett eller kål dyrket på jord med høy pH (>7). Normtallene ved middels fosforinnhold i jorda (P_{AL} 5-9) reduseres for alle typer kål. Det anbefales ulike reduksjoner for ulike kåltyper i høyere P_{AL} -klasser. Det er ikke tilrådelig å sløyfe P-gjødsling helt, selv ved svært høy P_{AL} .

6.2 Kepaløk

Kepaløk er en fosforkrevende kultur der normgjødsling tidligere er satt til 6,0 kg fosfor pr. dekar. Fordi en normal løkavling bortfører bare ca. 1,5 - 2 kg fosfor, bidrar løkkulturer spesielt sterkt til opphoping av dette næringsstoffet i jorda.

Det er i perioden 2006-2010 blitt gjennomført forsøk i tre ulike forsøksserier som alle er relatert til spørsmålet om justering av gjødslingsnormer for fosfor:

1. Fosformengder og tilføringsmåte
2. Dyppgjødsling og ulike fosformengder
3. Fosformengder og plantetall

Til sammen er det gjennomført 22 feltforsøk i kepaløk etter planer fra Bioforsk Øst, hvorav 12 av forsøkene har vært i lokale enheter i Norsk Landbruksrådgiving (Østfold og Vestfold) og 10 i Bioforsk Øst (Landvik og Apelsvoll). Forsøksseriene blir omtalt hver for seg, med en felles oppsummering og konklusjon til slutt. Løken er sortert i følgende størrelsesgrupper: Stor > 70 mm, middels 40-70 mm, små < 40 mm (sistnevnte er ikke vist direkte i tabellene, men det inngår i den totale avlingen). Da forsøksserien startet, var det viktig for produsentene å ha mest mulig løk i klassen 'stor'. Denne var langt bedre betalt enn løk i andre størrelsesgrupper. I de senere år har økt bruk av «strømpeløk» ført til høyere pris for størrelsessorteringen 65-80 mm. Sjøl om dette er en noe mindre sortering enn det som er brukt i tabelloppsett og i kommentarer for stor løk (>70mm), har det sannsynligvis lite å si for konklusjonene.

6.2.1 Fosformengde og tilføringsmåte

I perioden 2006-2010 ble det gjennomført 10 forsøk etter samme plan. Følgende mengder fosfor ble brukt: 0, 3, 6 og 9 kg pr. dekar. Fosforet ble gitt med Opti-P (0-8-0). Disse mengdene ble tilført på to ulike måter, enten ved stripegjødsling i løkradene eller ved breigjødsling før setting. Det ble tilført 10+4 kg nitrogen og 14 kg kalium pr. dekar til alle forsøksledd. Tre av forsøkene lå på arealer med et middels fosforinnhold (P_{AL} 5-9), hvorav ett med P_{AL} 6, men de fleste forsøkene var på jord med langt høyere fosforinnhold (P_{AL} = 30-35). Resultatene av alle enkeltledd vises i tabell 6.5 og hovedeffekter framgår av tabell 6.6.

Tabell 6.5. Middeltall av 10 forsøk med stigende P-mengder og ulike tilføringsmåter til løk

| Forsøksledd | % legde | Avling, kg/daa | | | gr/ løk | % stor | P_{AL} | | K_{AL} Vår | pH vår |
|---------------|---------|----------------|------|---------|------------|-----------|----------|------|-----------------|-----------|
| | | Totalt | Stor | Middels | | | vår | Høst | | |
| 0 kg P | 49 | 4049 | 2108 | 1879 | 165 | 46 | 22,8 | 22,6 | 11,4 | 5,9 |
| 3 kg P stripe | 58 | 4206 | 2266 | 1878 | 170 | 49 | 22,8 | 23,3 | 11,5 | 5,9 |
| 3 kg P brei | 54 | 4073 | 2065 | 1940 | 169 | 45 | 23,1 | 23,5 | 12,5 | 5,9 |
| 6 kg P stripe | 69 | 4257 | 2463 | 1734 | 179 | 52 | 23,1 | 23,5 | 11,4 | 5,9 |
| 6 kg P brei | 59 | 4216 | 2272 | 1883 | 172 | 49 | 22,8 | 23,8 | 10,7 | 5,9 |
| 9 kg P stripe | 71 | 4243 | 2408 | 1784 | 177 | 53 | 22,3 | 23,3 | 11,0 | 5,9 |
| 9 kg P brei | 69 | 4235 | 2268 | 1900 | 174 | 50 | 23 | 24,8 | 10,8 | 5,9 |
| $P\%$ | 1,2 | >20 | 11,2 | 6,4 | 2,8 | 3 | >20 | 5,8 | | |
| $LSD5\%$ | 13,5 | | 302 | 139 | 8,3 | 5,2 | | 1,2 | | |

Det var ingen statistisk signifikant effekt på totalavlingene, hverken av stigende P-mengder eller av tilføringsmåter, selv om både leddet uten P-gjødsel og leddet med breigjødsling av 3 kg P/daa gav 3-4 % mindre avling enn de øvrige ledd. Det var tendens til at stripegjødsling hadde positiv effekt på totalavling ved bruk av 3 kg P/daa, men plassering hadde ingen effekt ved bruk av 6 eller 9 kg P/daa. Det var tendenser til at mengden av stor løk økte ved bruk av mer enn 3 kg P, og at denne fraksjonen også økte noe ved stripegjødsling. I noen enkeltfelt var disse utslagene statistisk signifikante, men altså ikke ved sammenstilling av alle felt.

Positivt utslag av fosforgjødsling på andel stor løk

Sjøl om utslagene ikke er statistisk sikre, viser resultatene en økning i mengden av stor løk opp til 6 kg fosfor. Økningen kommer både av større løk og av at det blir flere løk i denne sorteringsgruppen. Sett i forhold til 0-leddet, er den prosentvise økningen i stor løk dobbelt så stor som økningen i totalavling, hhv. ca. 10 % og <5 %.

Tabell 6.6. Hovedeffekter av fosforgjødsling og tilføringsmåter til kepaløk. Middell 10 forsøk

| Forsøksledd | % legde | Avling, kg/daa | | | gr/ Løk | % stor | P _{AL} | | K _{AL} | | pH |
|--------------|---------|----------------|------|---------|------------|-----------|-----------------|------|-----------------|-----|----|
| | | Totalt | Stor | Middels | | | Vår | Høst | Vår | Vår | |
| 0 kg P | 49 | 4049 | 2108 | 1879 | 165 | 46 | 22,8 | 22,6 | 11,4 | 5,9 | |
| 3 kg P | 56 | 4139 | 2165 | 1909 | 170 | 47 | 22,9 | 23,4 | 12,0 | 5,9 | |
| 6 kg P | 64 | 4237 | 2368 | 1809 | 175 | 51 | 22,9 | 23,7 | 11,0 | 5,9 | |
| 9 kg P | 70 | 4239 | 2338 | 1842 | 176 | 52 | 22,7 | 24,1 | 11,0 | 5,9 | |
| <i>P%</i> | | >20 | >20 | 14 | 20 | 3,7 | >20 | >20 | | | |
| <i>LSD5%</i> | | | | | 7,8 | 3,8 | | | | | |
| Stripegj. | 66 | 4235 | 2379 | 1798 | 175 | 51 | 22,7 | 23,4 | 11,3 | 5,9 | |
| Breigj. | 60 | 4175 | 2202 | 1908 | 172 | 48 | 22,9 | 24,0 | 11,3 | 5,9 | |
| <i>P%</i> | | >20 | 11,6 | 1,1 | >20 | 4,2 | >20 | >20 | | | |
| <i>LSD5%</i> | | | | 77 | | 3,0 | | | | | |

En kunne ha forventet større utslag for fosforgjødsling der det var mindre plantetilgjengelig fosfor i jorda, men slike forskjeller ble ikke registrert. Dette er med på å underbygge tidligere erfaring som sier at det er svært mange faktorer i tillegg til fosforinnholdet i jorda som er med å påvirke vekst og utvikling. Dette kan være både jordart, pH og jordstruktur. Temperaturen i første del av veksttida er også av stor betydning. Slike forhold kan forklare at utslagene i enkeltfelt har vært dramatiske der det ble tilført lite eller ingen fosfor (se bildet under).



Bilde:

Landvik 2008: 0-ruter og forsøksruter med svak fosforgjødsling viste svak vekst etter en kjølig periode tidlig i sesongen. Dette rettet seg ikke opp senere, og avlingen på 0-leddet ble halvert, sett i forhold til ledd med sterkere P-gjødsling.

Stripegjødsling øker avlingen, spesielt avling stor løk

Hovedeffekten på totalavlingen av å tilføre fosforet i stripe var < 2 prosent, men den var 8 % på avlingen av stor løk. I enkeltfelt gav stripegjødsling opp til 20 prosent meravling. Det kan se ut til at en ved å tilføre fosforet i stripe oppnår omtrent samme effekt som 3 kg ekstra fosforgjødsling. I praksis vil det trolig kunne oppnås en enda mer eksakt plassering av gjødsel i stripe enn det en fikk til i disse forsøkene.

Fosforgjødsling påskynder modning

Et interessant trekk var at legdeprosenten økte både ved økt P-mengde og ved stripegjødsling. Legdeprosenten steg fra 49 prosent på 0-leddet til 57 prosent ved 1,5 kg P/daa, og 70 prosent ved bruk av 9 kg P/daa. Stripegjødsling gav 6% mer legde enn breigjødsling. Dette tyder på at bedre tilgang på fosfor gir raskere modning. Tidligere rykking og høsting har gjerne en positiv innvirkning på produktkvaliteten og lagringsevnen.

Stigende fosforinnhold i jorda ved løkdyrking

P_{AL} -tallene i jorda så ut til å synke noe på leddet uten P-gjødsel, men de steg på alle ledd med P-gjødsel, sjøl ved tilførsel av de minste fosformengdene. Økningen var 0,5- 1,4 P_{AL} -enheter i gjennomsnitt for alle 10 forsøkene. I mineraljord gir en økning med én P_{AL} -enhet 2-2,5 kg mer plantetilgjengelig fosfor pr. dekar. P-gjødselmengden som ikke fører til mer opphoping av tilgjengelig fosfor ser ut til å ligge i underkant av 2 kg/daa.

6.2.2 Dyppgjødsling og ulike fosformengder

Bakgrunnen for disse forsøkene var spørsmålet om dypping av setteløken i en gjødselblanding for å gi en ”nistepakke”, kan føre til bedre etablering og vekst i den første delen av veksttida.

To fosforrike flytende gjødseltyper (Superba Rød og Seniphos) ble brukt sammen med beisemiddel like før setting. Dyppetid var 20 minutter. Bruk av dyppgjødsling ble sammenliknet ved to nivå fosforgjødsel (1,5 og 4,5 kg P pr. dekar, gitt ved breigjødsling). Tre forsøk i NLR SørØst og to forsøk på Bioforsk Øst Landvik ble gjennomført i perioden 2008-2010. Forsøkene lå på jord med svært høye P_{AL} -nivå. Resultatene er presentert i tabell 6.7.

Tabell 6.7. Middeltall av 5 forsøk med dyppgjødsling og ulike fosformengder til kepaløk

| Forsøksledd | P-gj. | % legde | | Avling, kg pr. dekar | | | Gram pr.løk | P _{AL} | | K _{AL} | pH |
|---------------------|--------|---------|------|----------------------|---------|-------|-------------|-----------------|------|-----------------|-----|
| | | Tidlig | Sein | >70 mm | 40-70mm | Total | | Vår | høst | | |
| 1. Uten dypping | 1,5 kg | 26 | 67 | 2692 | 2136 | 4950 | 159 | 26,7 | 27,2 | 9,2 | 6,1 |
| 2. Superba Rød | 1,5 kg | 26 | 68 | 2595 | 1935 | 4656 | 154 | 26,7 | 26,8 | 9,1 | 6,1 |
| 3. Seniphos | 1,5 kg | 33 | 74 | 2901 | 2049 | 5045 | 158 | 26,7 | 27,1 | 9,2 | 6,1 |
| 4. Uten dypping | 4,5 kg | 35 | 82 | 2766 | 1996 | 4886 | 156 | 27,7 | 28,2 | 9,3 | 6,1 |
| 5. Superba Rød | 4,5 kg | 33 | 79 | 2612 | 1871 | 4613 | 156 | 26,5 | 27,9 | 8,6 | 6,1 |
| 6. Seniphos | 4,5 kg | 35 | 75 | 2810 | 2052 | 4979 | 156 | 27,1 | 28,3 | 9,3 | 6,1 |
| <i>P%</i> | | >20 | 5,5 | >20 | >20 | 5 | >20 | >20 | 0,6 | | |
| <i>LSD 5%</i> | | | 10,6 | | | 320 | | | 0,8 | | |
| Middel 1,5 kg P | | 28 | 70 | 2730 | 2040 | 4883 | 157 | 26,7 | 27,0 | 9,1 | 6,1 |
| Middel 4,5 kg P | | 34 | 79 | 2730 | 1973 | 4826 | 156 | 27,1 | 28,1 | 9,1 | 6,1 |
| | | >20 | 9 | >20 | 15 | >20 | >20 | >20 | 2,0 | | |
| | | | 13 | | | | | | 0,7 | | |
| Middel uten dypping | | 31 | 74 | 2729 | 2066 | 4918 | 157 | 27,1 | 27,7 | 9,2 | 6,1 |
| Middel Superba Rød | | 30 | 74 | 2604 | 1903 | 4634 | 155 | 26,6 | 27,3 | 8,9 | 6,1 |
| Middel Seniphos | | 34 | 74 | 2855 | 2050 | 5012 | 157 | 26,9 | 27,7 | 9,2 | 6,1 |
| <i>P%</i> | | >20 | >20 | 18,7 | >20 | 9,2 | >20 | >20 | >20 | | |
| <i>LSD5%</i> | | | | | | 355 | | | | | |

Ikke utslag for sterkest fosforgjødsling

I middel for alle forsøkene oppnådde en ikke meravling for den sterkeste fosforgjødsling, hverken i totalavling eller avling stor løk. Gjennomsnittsvekten av løken er også helt lik. Det var noe mer stor løk ved sterk P-gjødsling på leddet uten dyppgjødsling før setting, men dette utslaget var ikke signifikant. På noen felt gikk avling av stor løk opp med 6 % ved sterkest gjødsling. P_{AL}-nivået i jorda økte noe mer der det ble tilført mest fosfor (med 1,0 enhet mot 0,3 enhet).

Positivt utslag for dyppgjødsling med Seniphos

Dyppgjødsling med Seniphos har gitt en meravling på nesten 5% i avling stor løk og 2% totalavling. Det kan derfor være en god forsikring å gi setteløken en slik «nistepakke». Dette gir lite merarbeid og kostnaden er minimal. Enda større positive utslag av slik dyppgjødsling får en trolig der forholdene i åkeren ikke er optimale. Derimot så det ut til at dypping i Superba Rød gikk noe ut over plantetallet og dermed påvirket avlingen negativt. Det anbefales derfor ikke å bruke denne gjødsla til en slik behandling.

6.2.3 Fosforgjødsling og planteantall til kepaløk

Forsøksserien "Fosforgjødsling og tilføringsmåter til kepaløk" viste at det kan være utslag for fosforgjødsling i sorteringen stor løk. Plantetallet kan påvirke størrelsessorteringen. Derfor ble det undersøkt om det var mulig å kompensere for nedgangen i løkstørrelse som redusert P-gjødsling gir, ved å bruke et mindre plantetall.

I denne forsøksserien ble det tilført to ulike mengder fosfor, 1,5 kg og 4,5 kg pr. dekar. Disse mengdene ble kombinert med tre ulike plantetall pr. dekar (lavt, middels og høyt). I praksis blir det benyttet 30-35.000 planter pr. dekar, og opp mot 40.000 for seint satt løk. I forsøkene var de faktiske plantetallene som ble brukt ca. 27.000, 30.000 og 35.000. Tre av forsøkene ble

gjennomført i NLR SørØst, de andre fire i Bioforsk Øst (Apelsvoll og Landvik). Som det framgår av tabell 6.8 har forsøkene i gjennomsnitt ligget på jord med høyt fosforinnhold.

Tabell 6.8. Middeltall av 7 forsøk i kepaløk med ulike planteantall og ulike fosformengder

| Plantetall pr. dekar | P-gj. kg/daa | % legde | | Planter pr. daa | Avling, kg pr. dekar | | | gram pr.løk | P _{AL} | | | pH |
|-------------------------|-----------------|---------|-------|--------------------|----------------------|---------|-------|----------------|-----------------|------|-----------------|-----|
| | | tidlig | sein | | Stor | Middels | Total | | vår | Høst | K _{AL} | |
| Lavt | 1,5 | 6 | 40 | 27360 | 2992 | 1616 | 4782 | 174 | 21,7 | 21,7 | 9,5 | 6,0 |
| Middels | 1,5 | 13 | 51 | 30740 | 2683 | 2132 | 5001 | 163 | 21,5 | 22,0 | 9,6 | 6,0 |
| Høyt | 1,5 | 21 | 60 | 35010 | 2680 | 2532 | 5407 | 155 | 21,6 | 22,9 | 9,6 | 6,0 |
| Lavt | 4,5 | 18 | 50 | 27300 | 3360 | 1453 | 5026 | 183 | 21,1 | 22,5 | 9,5 | 6,0 |
| Middels | 4,5 | 25 | 63 | 31870 | 2868 | 2108 | 5181 | 162 | 21,4 | 22,9 | 9,5 | 6,0 |
| Høyt | 4,5 | 31 | 66 | 34590 | 2741 | 2468 | 5405 | 157 | 21,3 | 23,1 | 9,6 | 6,0 |
| <i>p</i> % | | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | >20 | 11,7 | | |
| <i>LSD</i> 5% | | 11,7 | 8,3 | 1715 | 265 | 255 | 241 | 6,5 | | 1,1 | | |
| Middel 1,5 kg P | | 14 | 50 | 31040 | 2785 | 2093 | 5063 | 164 | 21,6 | 22,2 | 9,6 | 6,0 |
| Middel 4,5 kg P | | 25 | 60 | 31250 | 2990 | 2010 | 5204 | 167 | 21,3 | 22,9 | 9,5 | 6,0 |
| P% | | 4,2 | 0,5 | >20 | 7,9 | >20 | 13,7 | 12,0 | >20 | >20 | | |
| <i>LSD</i> 5% | | 11 | 5 | | 236 | | | | | | | |
| Middel 'lavt' | | 12,6 | 45 | 27330 | 3176 | 1534 | 4904 | 178 | 21,4 | 22,1 | 9,5 | 6,0 |
| Middel 'middels' | | 19 | 57 | 31310 | 2775 | 2120 | 5091 | 162 | 21,4 | 22,5 | 9,6 | 6,0 |
| Middel 'høyt' | | 25 | 63 | 34800 | 2710 | 2500 | 5406 | 156 | 21,5 | 23,0 | 9,6 | 6,0 |
| <i>P</i> % | | 2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | >20 | 4,1 | | |
| <i>LSD</i> 5% | | 9 | 9 | 1823 | 206 | 225 | 182 | 6 | | 0,7 | | |

Det var signifikant samspill mellom planteantallet pr. daa og fosformengden i disse forsøkene. Andelen stor løk (>70 mm) var størst ved sterkest P-gjødselmengde og lavest planteantall. Ved høyere planteantall gikk avlingen av stor løk betydelig ned. Gjødsling med 1,5 kg P pr. daa ble også for svakt for å få mest mulig stor løk. For andelen middels løk (40-70 mm) hadde planteantallet motsatt effekt. Avlingen av middels stor løk økte med økende plantetall. Fosforgjødslingsnivået hadde ingen effekt på avlingen av denne størrelsesgruppen. Når en så på enkelt felt (ikke vist), var det stor variasjon i forhold til effekten av fosforgjødsling på avling. Ett år ble det oppnådd 10-11 % høyere løkavling ved bruk 4,5 kg P/daa sammenliknet med 1,5 kg P, mens det i et annet år på samme sted ikke var utslag i det hele tatt. Denne årsaken er vanskelig å forklare.

Det var også signifikant samspill mellom planteantall og fosforgjødsling på legdeprosenten. Legdeprosenten økte med økende plantetetthet ved begge fosfornivåene. Innen planteantall var legdeprosenten høyest ved sterkest fosforgjødsling. Tidligst modning (som tilsvarer høyest legdeprosent) ble målt på leddet med høyest planteantall og sterkest fosforgjødsling. Det er forholdet mellom oppgjørpris for ulike sorteringer som er avgjørende for økonomien. Resultatene tyder på at særlig plantetallet, men også fosforgjødslingen, har betydning for fordelingen mellom stor og middels løk.

Konklusjon

Ved breigjødsling av fosfor kan normen til løk settes ned fra 6 til ca. 5,5 kg P/daa. På fosforrik jord kan denne trolig reduseres til ca. 3 kg P/daa. Bruk av stripegjødsling gir bedre utnyttelse av fosfor. Ved bruk av denne metoden kan P-mengden reduseres ytterligere med 1,0-1,5 kg P/daa. Det er derfor viktig å motivere løkproduzentene til å benytte stripegjødsling.

6.3 Fosforgjødsling til gulrot

I dag er normgjødning til gulrot 5 kg fosfor pr. dekar ved P_{AL} 5-9. Gulrot har et relativt beskjedent innhold av fosfor. Det blir hevdet at fosforkravet er høyt på et tidlig stadium, men dette er lite undersøkt i forsøk. Gulrot har et forholdsvis godt utviklet rotsystem og, forutsatt lang veksttid, er det trolig i stand til å ta opp fosfor fra hele jordprofilen.

I perioden 2008-2010 er det blitt gjennomført 12 forsøk etter samme forsøksplan. Det ble gitt 0-6 kg fosfor i fem ulike forsøksledd. Fosforet ble gitt gjennom Opti P (0-8-0). I tillegg ble det tatt med et ledd hvor det ble gitt 4,5 kg fosfor i form av fullgjødning 11-5-18 om våren. Kalium (16 kg pr. dekar) og fosfor samt halvparten av nitrogenet ble tilført om våren før såing. Resten av nitrogenet ble tilført ved to delgjødslinger, til sammen 13 kg N/daa. I forsøkene ble all gjødning tilført ved breigjødsling. Sjøl om en del dyrkere praktiserer stripegjødsling, er breigjødsling fortsatt vanligst i gulrot.

To av forsøkene ble gjennomført som tidligkulturer (NLR Sør-Øst), to i industrirot/ tærningrot (NLR Viken), mens de åtte andre ble gjennomført som vanlig konsumrot (lagringsrot) på Toten og i Aust-Ager. Tre av forsøkene lå på jord med $P_{AL} < 10$, mens de fleste andre lå på mye mer fosforrik jord (P_{AL} 20-35). De førstnevnte forsøkene var på lettleire, slik en finner blant annet på Toten og Hedmark. De øvrige var på lettere jord rundt Oslofjord og på Sørlandet. I tabell 6.9 gis det en samla oversikt over alle 12 forsøk, mens i tabellene 6.10-6.12 er forsøkene gruppert etter P_{AL} nivået i jorda. I tillegg er det egne tabeller for konsumgulrot.

Plantetallet pr. dekar varierte mellom de ulike gruppene, cirka 30.000 pr. dekar i forsøkene med fabrikkrot, 75.000 i tidligrot, og cirka 100.000 i vanlig konsumrot. Dette ser ikke ut til å påvirke utslaget for fosforgjødsling nevneverdig. I middel av alle forsøkene har plantetallet ligget rundt 90.000 (tabell 6.9). Det har generelt vært lite sprekking og fingerrøtter på feltene. Det var signifikant avlingsøkning inntil 3 kg P/daa. Bruk av fullgjødning gav ikke meravling, sett i forhold til samme mengde P gitt i form av superfosfat.

Tabell 6.9. Middeltall av alle 12 forsøk med ulike fosformengder til gulrot 2008-2010

| P-gjødsel kg P /daa | Avling, kg /daa | | | gram/ rot | Røtter/ Dekar | % | % | P_{AL} | | | pH |
|---------------------------|-----------------|-------|------|--------------|------------------|-----|-----|----------|------|----------|-----|
| | Totalt | Kl. I | Rel. | | | | | vår | høst | K_{AL} | |
| 0 kg | 7050 | 5772 | 100 | 99 | 88500 | 1,3 | 3,2 | 18,9 | 18,9 | 8,0 | 6,1 |
| 1,5 kg | 7321 | 5930 | 103 | 100 | 88500 | 1,5 | 3,2 | 19,2 | 19,7 | 8,1 | 6,1 |
| 3,0 kg | 7416 | 6102 | 106 | 103 | 88900 | 1,3 | 3,0 | 19,4 | 19,6 | 7,9 | 6,1 |
| 4,5 kg | 7431 | 6014 | 104 | 104 | 86800 | 1,5 | 3,4 | 19,4 | 20,0 | 7,8 | 6,1 |
| 6,0 kg | 7438 | 6041 | 105 | 106 | 87400 | 1,5 | 3,6 | 19,3 | 20,6 | 8,3 | 6,1 |
| 4,5 kg f.gj. ¹ | 7246 | 5918 | 103 | 102 | 86300 | 1,4 | 2,9 | 19,2 | 19,9 | 8,3 | 6,1 |
| <i>p</i> % | 2,7 | 16,5 | | 1,9 | >20 | >20 | >20 | >20 | 0,2 | >20 | >20 |
| LSD 5% | 257 | | | 4,4 | | | | | 0,8 | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødning ® 11-5-18

Ved gruppering av feltene etter ulik fosforstatus i jorda, var det økninger i avling og rotstørrelse ved små mengder P-gjødsel i alle gruppene, men utslagene var bare statistisk signifikante i de fem feltene som lå på jord med P_{AL} -verdier < 10 mg/100g. Der gav bruk av 3 kg P størst avling, både av klasse I røtter og totalt. På felt med P_{AL} 20-24 mg/100 g økte avlingen opp til 4,5 kg P, men utslaget var altså ikke signifikant og det dreier seg om bare to felt. På de sju feltene med ekstremt høy P_{AL} var det ingen tegn til meravling utover 1,5 kg P.

Tabell 6.10. P-gjødsling til gulrot: Middeltall for 3 forsøk med P_{AL} -verdier < 10 mg/100g

| P-gjødsel kg P /daa | Avling, kg/daa | | | gram/ rot | Røtter/ dekar | % finger | % sprekk | P_{AL} | | | pH |
|---------------------------|----------------|-------|------|--------------|------------------|-------------|-------------|----------|------|----------|-----|
| | Totalt | Kl. I | Rel. | | | | | vår | høst | K_{AL} | |
| 0 kg | 7332 | 5754 | 100 | 70 | 107000 | 2,8 | 4,8 | 8,6 | 8,2 | 10,7 | 6,0 |
| 1,5 kg | 7622 | 6101 | 106 | 73 | 106000 | 3,0 | 4,6 | 8,5 | 8,7 | 10,7 | 6,0 |
| 3,0 kg | 7957 | 6283 | 109 | 77 | 106000 | 3,0 | 5,0 | 8,4 | 9,6 | 10,7 | 6,0 |
| 4,5 kg | 7915 | 6144 | 107 | 77 | 105000 | 3,4 | 5,5 | 8,5 | 9,7 | 10,3 | 6,0 |
| 6,0 kg | 7925 | 6234 | 108 | 79 | 102000 | 3,1 | 5,5 | 8,7 | 10,9 | 11,2 | 6,0 |
| 4,5 kg f.gj. ¹ | 7775 | 6102 | 106 | 76 | 105000 | 3,1 | 5,2 | 8,6 | 9,6 | 11,0 | 6,0 |
| $p\%$ | 0,7 | 3,8 | | 2,2 | >20 | >20 | >20 | >20 | 1,3 | | |
| LSD 5% | 307 | 308 | | 5,1 | | | | | 1,2 | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødsetl® 11-5-18

Tabell 6.11. P-gjødsling til gulrot: Middeltall for 2 forsøk med P_{AL} -verdier 10-20 mg/100g

| P-gjødsel kg P/daa | Avling, kg/daa | | | gram/ Rot | Røtter/ dekar | % finger | % sprekk | P_{AL} | | | pH |
|---------------------------|----------------|-------|------|--------------|------------------|-------------|-------------|----------|------|----------|-----|
| | Totalt | Kl. I | Rel. | | | | | vår | høst | K_{AL} | |
| 0 kg P | 6551 | 5262 | 100 | 78 | 87300 | 0,4 | 2,2 | 13,5 | 13,3 | 9,1 | 6,2 |
| 1,5 kg P | 6733 | 5262 | 100 | 80 | 88100 | 0,4 | 2,9 | 14,0 | 14,1 | 9,2 | 6,2 |
| 3,0 kg P | 6834 | 5597 | 106 | 79 | 89500 | 0,3 | 1,8 | 13,9 | 14,4 | 9,1 | 6,2 |
| 4,5 kg P | 7071 | 5682 | 108 | 84 | 88100 | 0,3 | 2,3 | 13,8 | 16,3 | 9,0 | 6,2 |
| 6,0 kg P | 7251 | 5706 | 108 | 83 | 91400 | 0,4 | 2,5 | 14,0 | 16,0 | 9,5 | 6,2 |
| 4,5 kg f.gj. ¹ | 7027 | 5564 | 106 | 83 | 88500 | 0,4 | 1,9 | 13,8 | 13,6 | 9,5 | 6,2 |
| $p\%$ | >20 | >20 | | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | |
| LSD 5% | | | | | | | | | | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødsetl® 11-5-18

Tabell 6.12. P-gjødsling til gulrot: Middeltall for 7 forsøk med P_{AL} -verdier > 20 mg/100g

| P-gjødsel kg P /daa | Avling, kg/daa | | | | gram/ Rot | Røtter/ dekar | % finger | % sprekk | P_{AL} | | | pH |
|---------------------------|----------------|-------|------|------|--------------|------------------|-------------|-------------|----------|------|----------|----|
| | Totalt | Kl. I | avl. | avl. | | | | | vår | høst | K_{AL} | |
| 0 kg P | 7071 | 5926 | 100 | 120 | 79600 | 0,8 | 2,7 | 25,7 | (25,0) | 6,2 | 6,2 | |
| 1,5 kg P | 7360 | 6047 | 102 | 120 | 79800 | 1,1 | 2,5 | 26,2 | (25,9) | 6,4 | 6,2 | |
| 3,0 kg P | 7350 | 6169 | 104 | 125 | 80300 | 0,7 | 2,5 | 26,6 | (25,4) | 6,1 | 6,2 | |
| 4,5 kg P | 7327 | 6053 | 102 | 124 | 77500 | 0,8 | 2,7 | 26,7 | (25,5) | 6,2 | 6,2 | |
| 6,0 kg | 7282 | 6054 | 102 | 126 | 78800 | 1,0 | 3,0 | 26,3 | (26,1) | 6,5 | 6,2 | |
| 4,5 kg f.gj. ¹ | 7081 | 5941 | 100 | 122 | 76400 | 0,8 | 2,1 | 26,4 | (26,1) | 6,5 | 6,2 | |
| $p\%$ | >20 | >20 | | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | | |
| LSD 5% | | | | | | | | | | | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødsetl® 11-5-18

Tabell 6.13 viser middeltall for de ti feltene med konsumrot, dvs. uten to felt med industrirot, og tabell 6.14 viser middeltall for konsumrot uten to felt dyrket på plast. Disse grupperingene gir ikke grunnlag for bruk av mer enn 3 kg P til gulrot dyrket til konsum.

Tabell 6.13. P-gjødsling til gulrot, 10 forsøk med konsumrot 2008-2010 (ikke industri)

| Forsøksledd | Avling, kg/daa | | Rel. avl. | gram/ Rot | Røtter/ dekar | % | % | P _{AL} | | K _{AL} | pH |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----------|--------------|------------------|-----|-----|-----------------|-------|-----------------|-----|
| | Totalt | Kl. I | | | | | | vår | Høst | | |
| 0 kg P | 7020 | 5691 | 100 | 78 | 94650 | 1,1 | 3,2 | 17,7 | 17,7 | 8,2 | 6,1 |
| 1,5 kg P | 7286 | 5792 | 102 | 81 | 94360 | 1,2 | 3,3 | 18,0 | 18,8 | 8,3 | 6,1 |
| 3,0 kg P | 7440 | 6076 | 107 | 81 | 95210 | 1,1 | 3,1 | 18,2 | 18,9 | 8,2 | 6,1 |
| 4,5 kg P | 7427 | 5948 | 105 | 85 | 92680 | 1,2 | 3,5 | 18,1 | 19,5 | 8,0 | 6,1 |
| 6,0 kg P | 7585 | 6117 | 107 | 85 | 93860 | 1,1 | 3,5 | 18,1 | 20,1 | 8,5 | 6,1 |
| 4,5 kg i f.gj. ¹ | 7346 | 5957 | 105 | 83 | 92410 | 1,1 | 2,9 | 18,1 | 19,2 | 8,5 | 6,1 |
| <i>p</i> % | 0,02 | 0,1 | | 0,03 | >20 | >20 | 15 | >20 | <0,01 | | |
| LSD5% | 216 | 210 | | 3 | | | 0,5 | | 0,7 | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødning ® 11-5-18

Tabell 6.14. P-gjødsling til gulrot, 8 forsøk med konsumrot 2008-2010 (ikke plast og industri)

| Forsøksledd | Avling, kg/daa | | Rel. avl. | gram/ Rot | Røtter/ dekar | % | % | P _{AL} | | K _{AL} | pH |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----------|--------------|------------------|-----|-----|-----------------|-------|-----------------|-----|
| | Totalt | Kl. I | | | | | | Vår | Høst | | |
| 0 kg P | 7365 | 5948 | 100 | 78 | 99000 | 1,2 | 3,1 | 17,7 | 17,5 | 7,4 | 6,1 |
| 1,5 kg P | 7726 | 6120 | 103 | 81 | 98900 | 1,3 | 3,0 | 17,9 | 18,5 | 7,7 | 6,1 |
| 3,0 kg P | 7832 | 6323 | 106 | 82 | 100000 | 1,2 | 3,1 | 18,3 | 18,7 | 7,6 | 6,1 |
| 4,5 kg P | 7795 | 6191 | 104 | 85 | 97000 | 1,4 | 3,4 | 18,0 | 19,2 | 7,1 | 6,1 |
| 6,0 kg P | 7914 | 6336 | 106 | 85 | 97200 | 1,3 | 3,3 | 18,2 | 20,0 | 7,9 | 6,1 |
| 4,5 kg i f.gj. ¹ | 7710 | 6178 | 104 | 84 | 96500 | 1,3 | 3 | 17,9 | 19,2 | 7,7 | 6,1 |
| <i>p</i> % | 0,1 | 1,3 | | 0,2 | >20 | >20 | >20 | >20 | <0,01 | | |
| LSD5% | 237 | 223 | | 4 | | | | | 0,7 | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødning ® 11-5-18

Tabell 6.15 viser resultatene fra de to forsøkene i tidlig gulrot, som ble dyrket under plast første del av veksttiden. Vekstsesongen var her kortere og plantetallet lavere enn ved dyrking av rot til lagring. Responsen for fosfor var større her enn i middel for alle forsøkene med konsumrot, med opp til 12 prosent på leddet med størst tilførsel, sett i forhold til 0-leddet. Selv om det ikke var sikre utslag i disse forsøkene, kunne det se ut til at bruk av 3 kg fosfor pr. dekar var utilstrekkelig. Dette kan kanskje tolkes slik at tidligkulturer trenger noe mer P enn senere kulturer.

Tabell 6.15. P-gjødsling til gulrot, 2 forsøk, tidligkulturer under plast

| Forsøksledd | kg /daa | | Rel. avl. | gram/ Rot | Røtter/ dekar | % finger | % sprekk | P _{AL} | | K _{AL} Vår | pH Vår |
|-----------------------------|---------|-------|-----------|-----------|---------------|----------|----------|-----------------|------|---------------------|--------|
| | Totalt | Kl. I | | | | | | vår | Høst | | |
| 0 kg P | 5638 | 4664 | 100 | 77 | 77400 | 0,5 | 3,5 | 17,9 | 18,8 | 11,0 | 6,2 |
| 1,5 kg P | 5523 | 4479 | 96 | 78 | 76100 | 0,7 | 4,1 | 18,8 | 19,6 | 12,0 | 6,2 |
| 3,0 kg P | 5875 | 5086 | 109 | 80 | 76000 | 0,5 | 3,1 | 17,9 | 19,6 | 10,5 | 6,2 |
| 4,5 kg P | 5956 | 4973 | 107 | 84 | 75300 | 0,5 | 3,7 | 18,8 | 20,6 | 11,4 | 6,2 |
| 6,0 kg P | 6269 | 5240 | 112 | 83 | 80600 | 0,4 | 4,4 | 18,0 | 20,5 | 10,8 | 6,2 |
| 4,5 kg i f.gj. ¹ | 5888 | 5074 | 109 | 81 | 75900 | 0,3 | 2,5 | 18,8 | 18,9 | 11,9 | 6,2 |
| p% | >20 | >20 | | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | >20 | | |
| LSD5% | | | | | | | | | | | |

¹ P gitt i form av Fullgjødsetl ® 11-5-18

6.3.1 Fosforinnholdet i jorda

I gjennomsnitt for forsøkene økte P_{AL} fra vår til høst allerede ved bruk av 1,5 kg P, og i plastkulturer også uten noe bruk av P. Økningene var for det meste små. De var høyest i forsøkene med middels og høye P_{AL}-verdier, mens i forsøkene med svært høye P_{AL} gikk nivået noe ned fra vår til høst ved bruk av mindre enn 6 kg P pr. dekar.

Konklusjon

Gulrot har vist generelt små utslag for P-gjødsling, men det var signifikant utslag opp til 3kg P/daa ved middels P_{AL}-nivå. Ved høyere fosforstatus var utslagene ikke signifikante, men det var en tendens til avlingsøkning opp til 1,5 kg P/daa. Ved dyrking av tidlige kulturer under plast var det tilsvarende tendens opp til 3 kg P/daa. Normgjødning kan trolig settes ned betydelig ved middels P_{AL}-nivå, med en reduksjon på ca. 50 % på jord med svært høyt fosforinnhold. Ved tidligdyrking (dyrking under plast) bør en generelt øke fosfortilførselen med inntil 1,0 kg pr. dekar.

7. Oppsummering og reviderte anbefalinger for P-gjødsling til grønnsaker

7.1 Hovedmomenter som er presentert i rapporten og deres konsekvenser

- Grønnsakdyrking er en høyverdiproduksjon, noe som innebærer at avlingstap ved evt. P-mangel vil ha stor økonomisk betydning for dyrkeren. Behov for sterk P-gjødsling forekommer hos noen grønnsaker, for eksempel vekster med begrenset rotutvikling og tidlige kulturer som dyrkes under forhold med lav jordtemperatur (jfr. kapittel 1).
- Jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor er langt høyere i områder med grønnsakdyrking enn i andre distrikt. Dette skyldes stor tilførsel av fosfor med husdyrgjødsel og mineralgjødsel over mange år. Det ligger på et nivå som medfører stor risiko for tap til vassdrag, og det er derfor behov for å redusere jordas P-innhold i slike områder (jfr. kapittel 1 og 2).
- Balansen mellom tilført P-gjødsel og P-mengden som føres bort med produktene gir som regel et P-overskudd ved grønnsaksdyrking. Dette skyldes delvis at høsteindeksen hos grønnsaker er lav, f. eks. hos kålvekster, der mye P blir igjen i planterester, eller at utnyttelsen av fosforet er lav, f. eks. hos løk, som har liten rotutvikling (jfr. kapittel 3).
- Eksisterende anbefalinger for P-gjødsling til grønnsaker i Norge ligger på nivå med anbefalingene i Sverige og Finland, men de er langt høyere enn anbefalingene i en rekke andre europeiske land (England, Tyskland, Sveits). I de fleste av de sistnevnte land anbefales det sterkere reduksjon i P-gjødsling ved høy fosforstatus i jorda enn det som anbefales og/eller praktiseres i Norge i dag (jfr. kapittel 4).
- Tidligere norske forsøk med P-gjødsling til grønnsaker har i flere kulturer vist positive avlingsutslag for sterk P-gjødsling selv ved høy fosforstatus i jorda. Det er imidlertid også funnet positive ettervirkninger av tidligere sterk P-gjødsling, som tyder på at noen kulturer kan dra nytte av tidligere opparbeidete P-reserver i jorda. Mange av disse forsøkene ble utført i Trøndelag, delvis på leirjord, og det er derfor usikkert om de er representative for andre områder (jfr. kapittel 5)
- Nyere norske forsøk med P-gjødsling til kål, løk og gulrot har vist relativt små, men i noen tilfeller økonomisk betydningsfulle, utslag for P-gjødsling, også ved svært høy P-status i jorda. Det er derfor stor skepsis hos dyrkere og rådgivere mot å sløyfe all P-tilførsel ved høyt P-innhold i jorda, slik det anbefales i land med lengre vekstsesong (jfr. kapittel 6).

7.2 Normgjødsling og justeringer i forhold til jordas P-status

De anbefalte normgjødslingsmengdene er de senere årene redusert for gras, korn og potet (Fystro 2007, Kristoffersen 2010, Haug 2010), og for noen av disse vekstene anbefales det nå å sløyfe gjødsling helt ved svært høyt P_{AL} . Tidligere skilte man mellom 8 klasser av P_{AL} ved justering av P-gjødsling i forhold til mengdene som anbefales som såkalt normgjødsling. Denne inndelingen brukes fortsatt for potet, grønnsaker, frukt og bær, mens det for korn, oljevekster og gras ble innført en ny P_{AL} -skala i 2008. Disse to systemene er vist i tabell 7.1. Det eldre systemet gir trinnvise endringer i gjødsling etter P_{AL} , mens det nye systemet bruker en matematisk funksjon som gir en glidende endring når P_{AL} endres. I begge system er det brukt prosentvise endringer.

De vesentligste forskjellene mellom det nye og det eldre systemet er:

1. Grensene for middels/optimalt P_{AL} -nivå er innsnevret i det nye systemet
2. Grensen for meget høyt P_{AL} -nivå er redusert noe
3. Det anbefales nå å sløyfe P-gjødsling helt ved $P_{AL} > 14$, for korn, oljevekster og eng, mot 75 % reduksjon tidligere ved $P_{AL} \geq 15$

Tabell 7.1. Det nye systemet for endring av P-gjødsling til korn, oljevekster og gras i forhold til jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor (P_{AL}), sammenliknet med det eldre systemet

| Eldre system ¹ | | | Nytt system innført etter 2008 for korn, oljevekster og gras ² | | | | |
|---------------------------|----------|---------|---|----------|------------------|-------------------------|----------------|
| Kl. | P_{AL} | Endring | Kl. | P_{AL} | Tolking av nivå | Formel | % endring |
| 1 | <2 | +100 % | A | 1-5 | Lavt | $+125 - 25 * P_{AL}$ | +0 til +100 % |
| 2 | 2 | +75 % | B** | 5-7 | Optimalt/middels | Ingen | +/-0 % |
| 3 | 3 | +50 % | C1 | 7-10 | Moderat høyt | $-14,28 * P_{AL} + 100$ | -0 til -43 % |
| 4 | 4 | +25 % | C2 | 10-14 | Høyt | $-14,28 * P_{AL} + 100$ | -43 til -100 % |
| 5* | 5-9 | +/-0 % | D | >14 | Meget høyt | Ingen | -100 % |
| 6 | 10-13 | -25 % | | | | | |
| 7 | 14-15 | -50 % | * Normalgjødning i det eldre systemet | | | | |
| 8 | >15 | -75% | ** Normalgjødning i det nye systemet for korn mv. | | | | |

¹ Gjelder fortsatt for potet, grønnsaker, frukt og bær ² www.bioforsk.no/gjodslingshandbok

Når det gjelder grønnsaker, mener vi at den økonomiske konsekvensen av et evt. avlingstap tilsier at man ikke kan anbefale å sløyfe P-gjødsling helt, selv ved ekstremt høye P_{AL} -tall. En prosentvis reduksjon virker også ulogisk for vekster med svært varierende P-behov. Fordi grønnsaker i praksis dyrkes på områder med betydelig høyere P_{AL} enn 14, er det dessuten ønskelig å gi mer detaljerte anbefalinger for P-gjødsling i situasjoner med svært høy eller ekstremt høy P-status i jorda. Vi foreslår derfor at det nye systemet for grønnsaker bygger på det nye systemet for korn mv. men med følgende endringer/tillegg:

1. P_{AL} -skalaen utvides til å dekke hele området som finnes i praksis. Det som defineres som 'meget høyt' avsluttes ved P_{AL} 19, og det innføres nye klasser for høyere nivå. Denne endringen markerer at svært høye og ekstreme P_{AL} -nivå bør reduseres.
2. Ved P_{AL} høyere enn 7, korrigeres det med absolutte P-mengder framfor prosentvise endringer. Hovedregelen, med unntak av løk, er at P-tilførselen ved et ekstremt høyt P_{AL} -nivå ikke overstiger det som fjernes med avlingen (jfr. tabell 3.3).

Siden det er uvanlig med P_{AL} -verdier < 5 mg P /100 g i norske grønnsaksområder, har vi ikke vektlagt denne situasjonen. Anbefalingene til grønnsaker på slik jord, blir fortsatt de samme prosentvise økningene som etter det nye systemet for korn, oljevekster og engvekster.

Tabell 7.2 viser forslag til nye gjødslingsnormer ved optimalt P_{AL} -nivå (5-7 mg/100g) og endringer ved høyere P_{AL} , for kålvekster, løk og gulrot. Normene ved P_{AL} 5-7 er redusert i forhold til tidligere, mens nedjusteringer ved høyere P_{AL} -nivå er noe mindre enn tidligere.

Ved et middels P_{AL} -nivå (5-7 g P/100g) anbefales det nå ca. 20 % mindre P-gjødsel enn det som tidligere ble anbefalt som normgjødning, mens det ved et svært høyt P_{AL} -nivå anbefales noe mer P enn det man ville fått ved en 75 % reduksjon, slik som det eldre systemet la opp til. I forhold til de nye normtallene anbefales det nå reduksjoner på ca. 40 % ved et svært høyt P_{AL} -nivå, og 50 % ved et ekstremt høyt P_{AL} -nivå. Med det nye systemet har det altså blitt en

flatere kurve for anbefalt gjødsling ved ulik P-status. Dette mener vi det vil være lettere å vinne aksept for hos praktikere, slik at det blir tatt i bruk.

Tabell 7.2. Forslag til nye normgjødselmengder (kg P/daa) ved optimal (middels) P_{AL} -status for en rekke grønnsakskulturer og anbefalte P-mengder ved høyere P_{AL} -nivå i jorda

| | Tidligere norm-gjødsling | Optimalt ('norm') | Endring av P-gjødsling ved ulik 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 |

Det kan være situasjoner der ytterligere justeringer av disse anbefalingene kan være berettiget. For eksempel kan det til tidlige kulturer dyrket under plast være aktuelt å øke med inntil 1,0 kg P/daa, fordi P-opptaket hos slike kulturer er begrenset ved lav temperatur og kort veksttid. På jord med høy pH (> 7), for eksempel der det kalkes mot klumprot, vil P_{AL} -metoden trolig overestimere P-tilgjengeligheten, slik at det bør gis noe mer fosfor enn jordanalysen tilsier.

Et eksempel på en situasjon hvor det kan være grunn til å redusere P-gjødsling i forhold til anbefalingene i tabell 7.2, er ved dyppgjødsling av løk (Seniphos), der man trolig kan gå ned til 1,5 på fosforrik jord. Også på jord med høyt moldinnhold, eller der det tidligere er brukt mye organisk gjødsel, kan normtallene trolig reduseres. Der kan man forvente mer frigjøring av fosfor fra jorda i veksttida og generelt bedre utnyttelse av fosforreservene som følge av bedre jordstruktur. For vekster med dyp rotutvikling og lang veksttid (for eksempel hodekål og sein gulrot) kan det være aktuelt i å ta hensyn til P_{AL} -nivået også i dypere sjikt.

7.3 Behov for videre undersøkelser

Grønnsaksproduksjon i Norge foregår under svært varierende klimabetingelser og i ulike distrikt i landet. De nyere norske forsøkene med fosforgjødsling er i hovedsak utført i Oslo-fjordområdet, mens de resterende felt har ligget på Sørlandet og i Mjøsområdet. Det vil være viktig å utføre P-forsøk i de samme kulturrene i andre grønnsaksområder (SørVestlandet og Trøndelag) for å verifisere resultatene.

Vi har hittil bare hatt mulighet til å undersøke P-gjødslingsbehovet til de arealmessig mest utbredte kulturrene. P-gjødsling til blomkål/brokkoli og isbergsalat blir for tiden undersøkt i egne serier. Det er sannsynlig at enkelte av de andre kulturrene som dyrkes i Norge vil ha noenlunde samme behov som de som allerede er undersøkt. For eksempel har trolig purre samme behov som løk, kålrot samme behov som gulrot og rosenkål samme behov hodekål. Det kan på sikt være aktuelt å undersøke disse kulturrene nærmere, i tillegg til for eksempel erter, bønner, stilk- og knollselleri, frilandsagurk, kinakål og rødbeter.

Til tross for at man nå anbefaler en del reduksjoner i gjødslingsnivå, er det fortsatt et aktuelt mål å finne metoder som kan gi bedre utnyttelse av tilført P-gjødsel. Den beste måten å plassere gjødsla på og evt. bruk av startgjødsel med evt. nye gjødseltyper er emner som fortsatt ikke er fullstendig belyst. Andre mulige tiltak som kan undersøkes er om man kan forbedre utnyttelsen av fosforoverskudd ved dyrking av i andre vekster i omløp med grønnsaker, for eksempel på Nord-Østlandet. Samspillet mellom P-gjødslingsbehov og jordas moldinnhold eller bruk av husdyrgjødsel er emner som hittil er lite undersøkt i Norge. I flere grønnsaksområder, for eksempel på Sør- og Sør-Vestlandet kan dette være svært aktuelt.

8. Henvisninger:

- Balvoll, G. (1970a). Starteffekten av fosforgjødsel tilført under oppal av potta grønsaksvekstar. Meld. fra NLH 49, nr. 19 (28 s.)
- Balvoll, G. (1970b). Fosforkrav og fosforinnhold hos salatplanter dyrka ved ulike temperaturar. Meld. fra NLH 49, nr. 20 (15 s.)
- Bechmann M., & A. Falk Øgaard (2010). Critical Source Areas of Nutrient Losses from Agriculture in Norway. Acta Hort. 852: 63-72
- Defra (2010). The Fertilizer Manual (RB209). 8th Version.
- Dragland, S. (1975). Nitrogen- og vassbehov hos kepaløk. Forskn. fors. landbr. 26: 93-113
- Dragland, S. (1976). Nitrogen- og vassbehov hos kvitkål. Forskn. fors. landbr. 27: 355-374
- Dragland, S. (1978). Nitrogen- og vassbehov hos gulrot. Forskn. fors. landbr. 29: 139-159
- Dragland, S. (1983). Nitrogengjødsling til kålrot ved god vasstilgang. Forskn. fors. landbr. 34: 229-241
- Dragland, S. (1984). Fosforgjødsling til kepaløk. Gartneryrket 74: 192-194
- Dragland, S. (1992). Nitrogen- og dyppgjødsling til kepaløk. Faginfo nr. 12: 14-21
- Ekeberg, E. & H. Riley (1995). The long-term fertilizer trials at Møystad, SE Norway. Statens Planteavlsvforsøg Report no. 29 s. 83-97.
- Ellevold, A.B. (2011). Handbok for driftsplanlegging 2011/2012. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. 240 s.
- 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 fertilizer recommendations and nutrient balances. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162: 71-73
- Flønes, M. (1977). Gjødslingsforsøk med kepaløk. Forskning og forsøk i landbruket 28: 497-507
- Flønes, M. (1987a). Gjødsling med nitrogen, fosfor og kalium til purre. Norsk landbruksforskning 1:113-116
- Flønes, M. (1987b). Gjødsling med nitrogen, fosfor og kalium til knollselleri. Norsk landbruksforskning 1:117-121
- Fystro, G. (2007). Fosforgjødsling til eng – behov for endring. Bioforsk FOKUS 2 (7): 40-42
- Gjødslingshåndboka (2010). Kapittel 5. Grønnsaker. www.bioforsk.no
- Gårdmagasinet (2009). Optimal gödsling til frilandsgrønnsaker. Oktober, s. 54-55
- 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. (2007) Innhold av lett tilgjengelig fosfor på viktige jordbruksarealer i Norge i 1997 og 2006. Bioforsk FOKUS 2(2):32-36
- Kristoffersen, A., Hoel, B., 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
- Krogstad, T. (1987). Utvikling og vurdering av fosfortilstand i dyrka jord i perioden 1960-85 med hovedvekt på Romerike og Jæren. Jord og Myr 5:153-163
- Krogstad, T. Digernes, I & Lundby, T. (1998). Ringtest for jord 1998. Volumvekt, glødetap, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, K-HNO₃ og Cu-EDTA. Institutt for jord- og vannfag, Ås-NLH, 3/98, 31 s.

- Krogstad, T. (2008). Fosforstatus i jord og miljøpåvirkning. Forventet endring i P_{AL} ved endret gjødslingsstrategi. Foredrag på fosforseminaret 17. januar, Hellerud gård.
- Ministeriet for Fødevarer, Landbruk og Fiskeri (2010). Veiledning om gødsknings- og harmoniregler. Plantedirektoratet, s. 77
- Neuweiler, R., P. Sigg, M. Freund, A. Wigger, M. Koller & D. Moos (2006): Handbuch Gemüse: Düngung., Bern, VSGPUMS, Benteli-Hallwag Druck AG, pp. 91-116
- Prummel, (1975). Effect of soil structure on phosphate nutrition of crop plants. *Netherlands Journal Agric.* 23: 62-68
- Riley, H. (1986). Tørke ved ulike utviklingsstadier hos ert. *Forsk. fors. landbr.* 37:105-113
- Riley, H. (1989). Irrigation of cereals, potato, carrot and onion on a loam soil at various levels of moisture deficit. *Norw. J. Agric. Sci.* 3:117-145
- Riley, H. (2000). Gjødsling og gjødslingsmetoder til kepaløk. *Grønn forskning* 2/2000: 153-162
- Riley, H. (2007). Long-term fertilizer trials on loam soil at Møystad, SE Norway: Crop yields, nutrient balances and soil chemical analyses from 1983 to 2003. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science*, 57 (2): 140-154
- Roll-Hansen, J. (1973). Gjødslingsforsøk med hodekål etter gulrot. *Forskning og forsøk i landbruket* 24: 1-31
- Roll-Hansen, J. (1974). Gulrot i gjødslingsforsøk på myrjord. *Forskning og forsøk i landbruket* 25:201-218
- Roll-Hansen, J. (1976). Gulrot i gjødslingsforsøk på sandjord. *Forskning og forsøk i landbruket* 27:55-71
- Roll-Hansen, J. (1977). Gjødslingsforsøk med rødbet. *Forskning og forsøk i landbruket* 28: 699-719
- Svenska jordbruksverket (2012). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2012, 75 s.
- Semb, G. (1986). Sammenligning av AL- og natriumbikarbonatløselig fosfor i jord med pH over 6,6. *Tidsskrift for det norske jord og myrselskap* 5: 185-193
- Stubhaug, E. og Saastad, H.M., 2011. Fosfor Vestre Vannsjø. Delprosjekt 1. Fosforgjødsling til løk, kål, gulrot og frilandsagurk. Rapport (20 s.) på internet: www.bioforsk.no/vestrevansjo
- Thorup-Kristensen, K. (2001). Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticulturae* 563: 201-206
- Vigerust, E. (1969). Sammenstilling av jordanalysetall for årene 1963-67. *Ny Jord* 1:4-12
- Warncke D.D., D.R. Christenson, L.W. Jacobs, M.L. Vitosh, and B.H. Zandstra (1992). Fertilizer Recommendations for Vegetable Crops in Michigan. Michigan State University Extension Bulletin E-550B, 28 s.
- Westersjø (1996). Fosfor og kalium i jord. Bruk av jorddatabanken som informasjonskilde for deler av Rogaland og Romerike. Hovedoppgave ved IJVF, NLH. 85 s.
- Øgaard, A.F. (1995). Effect of phosphorus fertilization and the content of plant-available phosphorus (P-AL) on algal-available phosphorus in soils. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science*, 45: 242-250
- Øverli, A. 2000. Forandringer i innholdet av lett tilgjengelig fosfor og kalium på viktige jordbruksarealer i Norge. *Grønn forskning* 2:97-107