



Statens
Planteavlsforsøg

Plantevæsenacentret
Administrationen
Lottenborgvej 2 - DK-2800 Lyngby

Beretning nr. S 1824

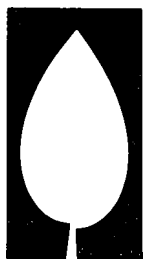
Ærters vækst og optagelse af kvælstof, fosfor og kalium ved forskellige gødskningsniveauer

Growth of pea and uptake of nitrogen,
phosphorus and potassium as influenced
by different levels of fertilization

Erik Augustinussen
Statens Forsøgsstation
Roskilde

Tidsskrift for Planteavl Specialserie

København 1986



Statens
Planteavlsvforsøg

Beretning nr. S 1824

Ærters vækst og optagelse af kvælstof, fosfor og kalium ved forskellige gødskningsniveauer

Growth of pea and uptake of nitrogen,
phosphorus and potassium as influenced
by different levels of fertilization

Erik Augustinussen
Statens Forsøgsstation
Roskilde

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1986

Resumé

En veludviklet afgrøde af markært optog ca. 300 kg N, 20 kg P og 200 kg K pr. ha, medens der i det høstede frø var ca. 200 kg N, 10 kg P og 60 kg K. Optagelsen af N og K fortsatte til kort før modning og med næsten samme hastighed igennem hele perioden. Den maximale P-mængde nåedes allerede i begyndelsen af juli med den største optagningshastighed i slutningen af juni.

Tilførsel af 30 eller 60 kg N pr. ha gav ikke merudbytte af hverken frø eller halm, men reducerede vægt og antal af bakterieknolde på ærternes rødder. Lav tilgængelighed af fosfor eller kalium medførte, at bakterieknoldenes udvikling blev hæmmet og frøudbyttet blev formindsket.

Nøgleord: Ært, fosfor, kalium, kvælstof, optagelse, vækst.

Summary

A well-developed crop of field pea took up about 300 kg N, 20 kg P and 200 kg K per ha while in the harvested seed there was about 200 kg N, 10 kg P and 60 kg K. The uptake of N and K continued until shortly before ripeness and with almost the same velocity throughout the whole period. The maximum amount of P was already reached at the beginning of July with the greatest velocity of uptake at the end of June.

Application of 30 or 60 kg N per ha did not give any surplus yield either of seed or of straw but reduced the weight and the number of bacteria nodules on the roots. A low availability of phosphorus or potassium resulted in a restrained development of the bacteria nodules and a reduced seed yield.

Key words: Pea, growth, nitrogen, phosphorus, potassium, uptake.

Indledning

Gødsning af markært må foretages under hensyntagen til plantens behov og til en eventuel indvirkning på kvælstoffixeringen. Gennem symbiose med den kvælstofsamlende bakterie, *Rhizobium leguminosarum*, kan en ærteafgrøde oftest få dækket sit kvælstofbehov uden tilførsel af ekstra N, og det har vist sig, at de fleste jorde indeholder så mange kvælstofbakterier, at podning ikke er nødvendig (5, 9). Et mindre kvælstoftilskud i begyndelsen af ærternes vækstperiode har i nogle undersøgelser givet merudbytte af frø (10, 16, 17) og stimuleret kvælstoffixeringen (13), men i andre forsøg er kvælstoffixeringen blevet reduceret i takt med kvælstoftilførslen (1, 3, 7). Det angives, at ærter har stort behov for fosfor og kalium, og at disse stoffer har betydning

for kvælstoffixeringen (12). Optagelsen af fosfor fremmes hos ært ved symbiose med VA-mykorrhiza-svampe, som forøger rodnettets overfladeareal og dermed dets mulighed for at komme i kontakt med opløseligt fosfor (11), hvilket har speciel betydning for ært på grund af dens svage rodsystem.

Med det formål at belyse ærters optagelse af kvælstof, fosfor og kalium og disse stoffers indflydelse på vækst og kvælstoffixering, er der udført 2 forsøg, hvor der på flere tidspunkter gennem vækstperioden er høstet planter i parceller med forskelligt gødskningsniveau. Resultaterne er beskrevet i nærværende beretning, og hovedtabeller kan lånes ved henvendelse til Roskilde Forsøgsstation.

Forsøgsplan og metodik

Forsøgene blev udført i fastliggende gødningsparceller ved Roskilde Forsøgsstation i 1982 og 1983. Der blev anvendt kogeærtsorten Bodil. Parcellerne har siden 1970 været gødet efter samme plan, dog har de tilførte gødningsmængder været tilpasset efter afgrøden.

Forsøgsled b har ikke fået tilført kalk, medens de øvrige forsøgsled hvert år blev kalket op til et reaktionstal på omkring 7.

Forsøgsplanen var følgende, idet tallene angiver kg tilført pr. ha:

		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>
a	2 N + PK	60	40	100
b	NPK, 1 (ikke kalket)	30	40	100
c	NPK	30	40	100
d	PK	0	40	100
e	P	0	40	0
f	K	0	0	100

N, P og K tilførtes i form af henholdsvis kalkammonsalpeter, superfosfat og 50 % kaligødning.

De gennemsnitlige jordbundstal (Rt, Ft og Kt) fra 1981 til 1983 er vist i tabel 1.

Tabel 1. Jordbundsanalyser, gns. 1981-83.

Soil chemical analyses, average 1981-83.

Forsøgsled

Treatment	Rt	Ft	Kt
a 2 N-PK	7,0	7,0	10,9
b NPK, 1	6,5	6,7	12,6
c NPK	7,0	7,1	12,9
d PK	7,0	7,4	13,7
e P	7,1	7,0	4,5
f K	7,0	4,1	13,0

I de 3 foregående år blev der dyrket raps i parcellerne, og i 1969-71 var afgrøden hestebønner, der har symbiose med samme art af Rhizobium som ært.

I de fastliggende gødningsforsøg var der 3 fællesparceller. Bruttoarealet af den enkelte parcel var 7 x 15 m. Der blev foretaget udbyttebestemmelse i en nettoparcel på 2,25 x 12,5 m, og uden for dette areal blev der høstet planter til en vækstanalyse på et areal af 1,0 m² pr. høsttid. Der blev begge år høstet på 5 tidspunkter - dato og udviklingsstadium er vist i tabel 2.

Tabel 2. Dato for høst og udviklingsstadium ved høst efter (6).

Date of harvest and stage of development at harvest after (6).

Høst nr.	Dato		Udviklingsstadium	
Harvest no.	Date		Stage of development	
	1982	1983	1982	1983
1	1/6	6/6	5	5,7
2	21/6	20/6	7	6
3	5/7	4/7	8	8
4	26/7	18/7	9	9
5	10/8	1/8	11	11

Såning blev foretaget 15/4-1982 og 27/4-1983 på 25 cm rækkeafstand og med en udsædsmængde svarende til 75 spirende frø pr. m². Ukrudtsbekæmpelse blev foretaget ved sprøjtning med dinoseb. Udbytteparcellerne blev høstet ved

skårlægning, tørring på skår og tærskning.

Planter udtaget til vækstanalyse blev opdelt i de mulige af følgende plantede-
dele: rod, stængel, midtribbe, bladplade (incl. akselblade), blomst, bælg og
frø. Der blev bestemt tørvægt, og i tørstoffet blev der analyseret for indhold
af N, K, Ca, Mg og P. Det høstede frø blev analyseret for aminosyresammensæt-
ning.

Vejrforholdene var i 1982 næsten ideelle for ærter med rigelig nedbør i juni
og med sol og varme i juli og august. Der var kun ubetydelige skadedyrsangreb.
I foråret 1983 faldt der 2,5 gang den normale nedbør, og regnen fortsatte til
lidt ind i juni, hvorefter det blev varmt og meget tørt i resten af ærternes
vækstsæson. Udover et vist tørkepræg konstateredes betydelige angreb af rod-
brand. Bladrandbiller beskadigede bladene, og der var stærke angreb af vikler-
larver i bælgene. Rodknoldene blev på et tidligt tidspunkt angrebet af blad-
randbillens larver.

Resultater

Da vækstforholdene var meget forskellige i de to forsøgsår, er resultaterne
fra de enkelte år vist hver for sig.

Plantebestanden var i 1982 ca. 85 planter pr. m^2 og ret ensartet, medens
den i 1983 var ca. 69 planter pr. m^2 og noget uregelmæssig. Stængellængderne
(tabel 3) var i de 4 første forsøgsled næsten ens, medens de i forsøgsleddene
uden henholdsvis K- og P-tilførsel var tydeligt kortere. I disse to led var
antallet af stængler pr. m^2 endvidere lidt lavere end i de øvrige led, medens
antallet af blade pr. stængel stort set var ens i alle forsøgsled, nemlig ca.
15 i 1982 og ca. 12 i 1983.

Tørstofmængden i de overjordiske plantedele (tabel 3) var ved sidste høst-
tid ens i de kvælstofgødede forsøgsled (a-c) for hvert af årene. I 1982 var
tørstofmængden en smule større i det PK-gødede led (d) end i de kvælstofgødede
led (a-c). De mindste tørstofmængder blev i begge årene fundet i de to led,
der kun blev tilført P eller K (e og f). Frøudbyttet varierede på lignende
måde i 1982, medens det i 1983 var ens i alle led undtagen i led e, hvor det
var lavere. Høstindexet, der udtrykker frøtørstoffet i % af den samlede tør-
stofmængde over jorden, var for begge årene en smule højere i led e og f end
i de øvrige led, medens frøvægten stort set var uafhængig af gødskningen.
Jordens reaktionstal havde inden for det betragtede interval ingen indflydelse
på vækst eller udbytte.

Tabel 3. Stængellængde, tørstofudbytte, høstindex og frøvægt.

Length of stem, yield of DM, harvest index and seed weight

Forsøgsled Treatment	Stængellængde Length of stem		Tørstof, i alt Total DM		Frøtørstof DM in seed		Høstindex Harvest index		Frøvægt Seed weight	
	cm		hkg/ha		hkg/ha				mg	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
a. 2N-PK	66,3	66,3	95,1	58,5	48,7	28,3	51	48	271	279
b. NPK, 1	69,3	66,7	96,0	58,5	45,9	28,8	48	49	279	275
c. NPK	66,3	64,0	99,3	60,3	50,2	29,9	51	50	276	280
d. PK	70,3	64,0	106,2	62,2	56,9	30,9	54	50	282	286
e. P	57,0	54,3	78,1	49,5	42,8	25,5	55	52	282	285
f. K	54,3	58,3	71,0	53,6	39,4	28,6	55	53	289	285

Tørstof
DM
hkg/ha

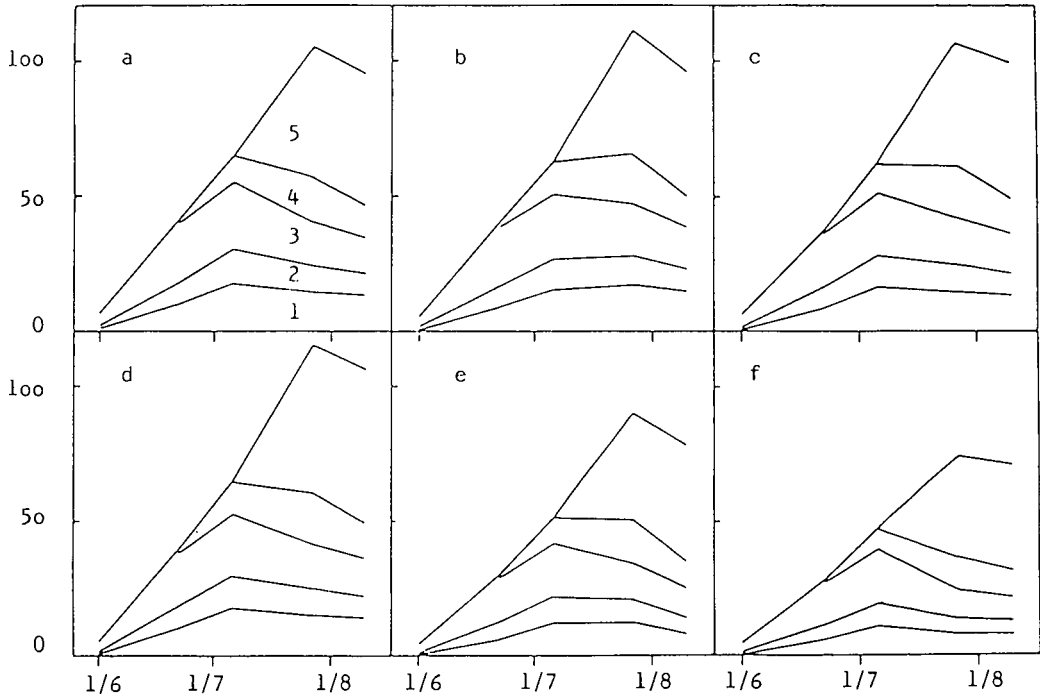


Fig. 1. Forløb af tørstofakkumulering i forskellige dele af ært, 1982.

Accumulation of DM in different parts of pea, 1982.

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Stængel | 1. Stem |
| 2. Midtribbe | 2. Mid rib |
| 3. Bladplade | 3. Blade |
| 4. Blomst-bælg (tom) | 4. Flower-pod (empty) |
| 5. Frø | 5. Seed |

Forløbet af tørstofophobningen i de enkelte plantedele igennem vækstsæsonen 1982 er vist grafisk i figur 1. Indtil 1. juni var der gennemsnitligt produceret 5 - 6 % af den maximale tørstofmængde, og efter dette tidspunkt steg tørstofmængden næsten proportionalt med tiden indtil sidst i juli, hvorefter mængden igen faldt. De kvælstofgødede forsøgsled (a-c) havde 1. juni en lidt højere tørstofmængde end de øvrige led, men det PK-gødede led (d) indhentede forspringet inden 1. juli. Blomstringen begyndte i alle led 17. - 18. juni og varede til midt i juli. Stængler, midtribbe og bladplader (småblade og akselblade) havde deres maximale tørstofmasse i 1. uge af juli, hvorefter bælgyldningen begyndte. Mængden af frøtørstof voksede lige til sidste høst, 10. august, medens mængden af bælg tørstof ($\div$ frø) kun voksede til sidst i juli og derefter aftog. Forløbet af tørstofophobningen i de enkelte organer var stort set ens i alle forsøgsled, men på forskelligt niveau.

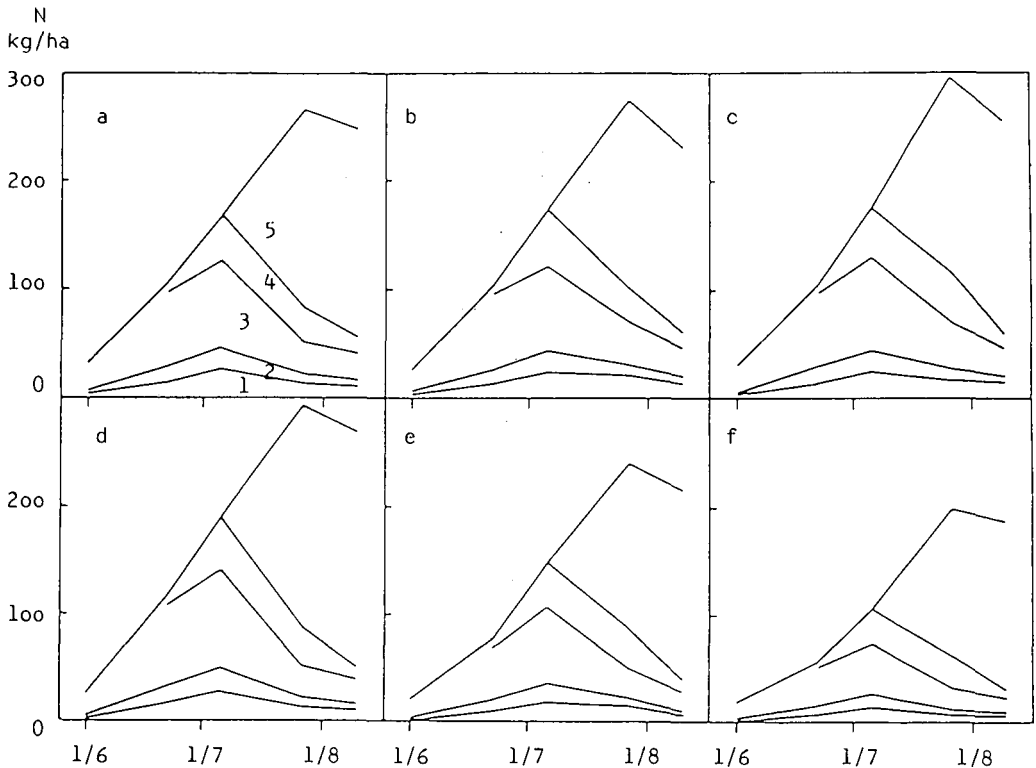


Fig. 2. Optagelse og fordeling af kvælstof i ært, 1982. Plantedele som i fig. 1.
Uptake and distribution of nitrogen in pea, 1982. Plant parts as fig. 1.

I 1983 blev den maximale tørstofmængde kun godt halvdelen af mængden i 1982 (ikke vist). Forløbet af tørstofophobningen i de enkelte plantedele var næsten den samme, men med den undtagelse, at bladtørstofmassen i 1983 udgjorde en væsentlig større andel af den samlede tørstofmasse og målt i hkg pr. ha var næsten lige så stor som i 1982.

Forløbet af kvælstofophobningen i 1982 er vist grafisk i figur 2, medens det procentiske N-indhold er vist i tabellerne 4 og 5. Det ses, at indlejringen i stængel, midtribbe og bladplader fortsatte til ind i juli måned, hvorefter indlejringen i frøene tog fart. I løbet af juli overførtes mere end den halve mængde af kvælstofforbindelserne fra de vegetative dele sammen med en del af bælgens indhold til frøene. Denne overførsel fortsatte frem til modenhed, men efterhånden skete også et kvælstoftab grundet nedvisning og bladfald. I 1982 var den optagne N-mængde ved 1. høst (1. juni) stort set ens i alle led, medens den på samme tid i 1983 (ikke vist) var størst i de N-gødede forsøgsled. Allerede i begyndelsen af juli var mængden af kvælstof i det PK-gødede led (d) dog på højde med mængden i de N-gødede led.

Det procentiske kvælstofindhold i tørstoffet (tabel 4) var ved de første høsttider lidt lavere i led f end i de øvrige led, men ved modenhed var N-indholdet ens i alle led.

Optagelsen af fosfor i 1982 fremgår af figur 3. Den maximale mængde nåedes midt i juli, hvorefter mængden i de vegetative plantedele aftog stærkt, medens mængden i frøene øgedes. Mængden af fosfor i det ikke fosforgødede forsøgsled (f) var kun ca. 60 % af mængden i de øvrige led. Det procentiske fosforindhold (tabel 4) var betydeligt højere i 1983 end i 1982, hvilket dels kan hænge sammen med den tidlige P-optagelse (inden tørken i 1983), dels kan skyldes en bedre udvikling af mykorrhiza-svampe i 1983.

I frøet var der kun små forskelle i P-indholdet mellem forsøgsleddene, mens forskellene i P-indholdet i den øvrige del af planten var større (tabel 5). Det største P-indhold fandtes i led e, hvor tørstofproduktionen, men åbenbart ikke P-optagelsen var hæmmet af K-mangel.

Gødkning med fosfor havde kun ringe indflydelse på N-koncentrationen såvel i frø som i resten af planten (tabel 5).

Tabel 4. Gns. indhold af N, P og K i den overjordiske afgrøde, % af tørstof.

Mean content of N, P and K of the yield above ground, % of DM.

Forsøgsled Treatment	1982					1983				
	1/6	21/6	5/7	26/7	10/8	6/6	20/6	4/7	18/7	1/8
						N				
a. 2N-PK	4,51	2,56	2,59	2,53	2,62	5,00	4,26	2,88	2,50	2,45
b. NPK, 1	4,42	2,59	2,76	2,47	2,42	4,57	4,41	2,90	2,40	2,36
c. NPK	4,47	2,78	2,82	2,79	2,59	4,80	4,39	2,98	2,29	2,44
d. PK	4,64	2,95	2,97	2,54	2,53	4,98	3,53	3,14	2,40	2,42
e. P	4,72	2,52	2,90	2,67	2,77	4,65	3,71	2,83	2,30	2,42
f. K	4,04	2,03	2,22	2,70	2,73	4,65	3,41	3,00	2,30	2,42
						P				
a. 2N-PK	0,35	0,21	0,28	0,17	0,18	0,52	0,36	0,27	0,26	0,23
b. NPK, 1	0,38	0,22	0,31	0,17	0,17	0,54	0,39	0,26	0,22	0,20
c. NPK	0,39	0,24	0,26	0,17	0,16	0,52	0,37	0,28	0,23	0,23
d. PK	0,42	0,26	0,31	0,15	0,13	0,53	0,38	0,29	0,23	0,22
e. P	0,44	0,25	0,34	0,22	0,19	0,53	0,35	0,29	0,28	0,29
f. K	0,25	0,14	0,20	0,16	0,14	0,42	0,27	0,27	0,22	0,20
						K				
a. 2N-PK	3,31	1,84	1,81	1,66	1,56	3,80	3,20	2,37	1,63	1,88
b. NPK, 1	3,40	1,78	1,89	1,73	1,62	3,77	3,46	2,39	1,89	1,91
c. NPK	3,48	1,98	1,97	1,61	1,62	3,69	3,45	2,33	1,82	1,90
d. PK	3,54	2,18	2,11	1,52	1,54	3,62	3,08	2,57	1,78	1,88
e. P	1,65	0,80	0,94	0,71	0,69	1,89	1,45	1,00	0,86	0,64
f. K	3,05	1,39	1,30	1,26	1,30	3,50	2,81	1,96	1,49	1,61

P
kg/ha

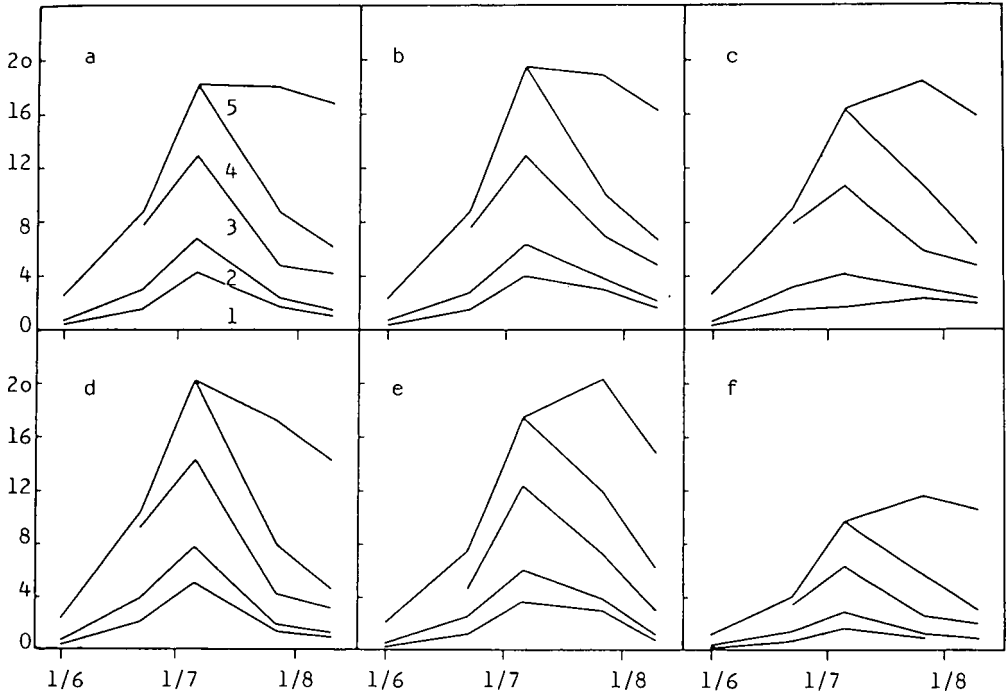


Fig. 3. Optagelse og fordeling af fosfor i ært, 1982. Plantedele som i fig. 1.
Uptake and distribution of fosfor in pea, 1982. Plant parts as fig. 1.

Label 5. Indhold af N, K, Ca, Mg og P i frø og øvrige overjordiske plantedele ved sidste høst-tidspunkt, % af tørstof.

Content of N, K, Ca, Mg and P of seeds and other parts of the plant above ground at the last time of harvest. % of DM.

Forsøgsled	10/8 1982					1/8 1983				
Treatment	N	K	Ca	Mg	P	N	K	Ca	Mg	P
	Frø									
	Seeds									
a. 2N-PK	3,97	1,09	0,05	0,11	0,22	3,88	1,00	0,07	0,11	0,38
b. NPK, 1	3,73	1,07	0,05	0,11	0,21	3,65	0,92	0,07	0,11	0,33
c. NPK	3,92	1,05	0,05	0,11	0,19	3,82	0,99	0,07	0,11	0,39
d. PK	3,83	1,04	0,05	0,10	0,17	3,77	0,95	0,07	0,11	0,36
e. P	4,12	0,92	0,05	0,10	0,20	3,53	0,90	0,08	0,11	0,41
f. K	3,97	1,04	0,06	0,11	0,17	3,60	0,91	0,08	0,11	0,33
	Øvrige overjordiske plantedele									
	Other parts of plant above ground									
a. 2N-PK	1,20	2,05	3,41	0,17	0,13	1,11	2,70	2,76	0,15	0,08
b. NPK, 1	1,22	2,13	3,18	0,16	0,14	1,12	2,86	2,39	0,14	0,07
c. NPK	1,22	2,20	3,32	0,15	0,13	1,10	2,78	2,55	0,12	0,08
d. PK	1,03	2,11	3,16	0,14	0,09	1,16	2,99	2,49	0,12	0,08
e. P	1,13	0,40	3,83	0,24	0,18	1,24	0,37	3,17	0,20	0,15
f. K	1,03	1,66	3,45	0,18	0,09	1,06	2,40	2,34	0,12	0,06

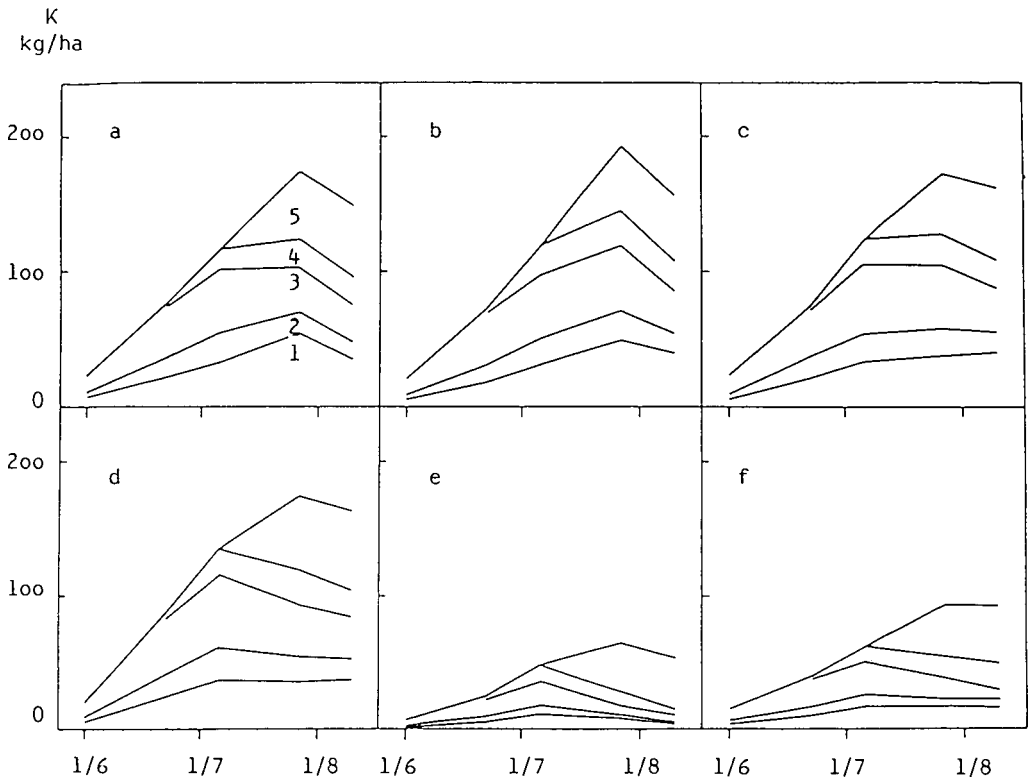


Fig. 4. Optagelse og fordeling af kalium i ært, 1982. Plantedele som i fig. 1.
Uptake and distribution of potassium in pea, 1982. Plant parts as
fig. 1.

Tabel 6. Største mængde i hele afgrøden i løbet af vækstsæsonen og mængde i frø ved modenhed, hkg/ha.
Largest amount of the total yield during the growth season and of the seeds at ripeness,
hkg/ha.

Forsøgsled	1982					1983				
Treatment	N	K	Ca	Mg	P	N	K	Ca	Mg	P
I hele afgrøden										
In the total yield										
a. 2N-PK	269	175	180	13,8	18,1	151	111	87	7,7	15,5
b. NPK, 1	278	194	178	15,7	19,1	150	119	74	7,6	13,6
c. NPK	300	173	175	14,0	18,5	148	116	81	7,1	14,4
d. PK	295	175	160	12,8	17,4	152	117	76	7,1	14,7
e. P	243	65	158	13,7	20,4	126	47	83	7,7	15,4
f. K	211	94	114	10,8	12,0	130	87	61	6,1	11,5
I frø ved modenhed										
In seeds at ripeness										
a. 2N-PK	194	53	2,4	5,4	10,7	110	28	2,0	3,1	10,8
b. NPK, 1	171	49	2,3	5,1	9,6	105	27	2,0	3,2	9,5
c. NPK	197	53	2,5	5,5	9,5	114	30	2,1	3,3	11,6
d. PK	218	59	2,8	5,7	9,7	116	29	2,2	3,4	11,1
e. P	176	39	2,1	4,3	8,6	90	23	2,0	2,8	10,5
f. K	178	47	2,7	4,9	7,6	103	26	2,3	3,1	9,4

Kaliumoptagelsen i 1982 (figur 4) forløb næsten proportionalt med tiden indtil slutningen af juli, hvorefter der skete et svagt tab. Optagelsen i stænglerne vedblev til sidst i juli, medens den i bladribbe og bladplader nåede sin maximale værdi først i juli. Overførsel fra vegetative plantedele til frø skete for kaliums vedkommende i et mindre omfang end for kvælstof og fosfor.

Kaliumoptagelsen var stærkt afhængig af mængden af tilgængeligt kalium, idet der i det ikke-kalium-gødede forsøgsled kun blev optaget ca. 1/3 af, hvad der blev optaget i de PK-gødede led. Fosforgødskningen var også af betydning, idet K-indholdet i led f, der var kalium- men ikke fosforgødet, var væsentligt mindre end i de PK-gødede led. Frøets indhold (tabel 5) var næsten upåvirket af gødskningen, medens indholdet i resten af planten varierede stærkt og var ekstremt lavt i led e. Til gengæld var indholdet af calcium og magnesium lidt større i dette forsøgsled end i de øvrige.

I tabel 6 er anført de største mængder af N, K, Ca, Mg og P, som er målt i hele afgrøden i løbet af vækstperioden, samt de mængder, der var i frøet ved modenhed. I 1982 blev der maksimalt optaget ca. 300 kg N, 20 kg P og 200 kg K pr. ha. I 1983 var mængderne af N og K næsten halveret i forhold til året før, medens P-mængden kun var reduceret med 20 %. Hovedparten af N og P genfandtes i frøet ved modenhed, medens størstedelen af mineralstofferne var i de øvrige plantedele.

Frøets aminosyresammensætning er vist i tabel 7. Argininindholdet var ca. 1 %-enhed lavere i det ikke fosforgødede led end i de øvrige led, og der var et lidt større indhold ved 60 kg N pr. ha end ved 30 og 0 N. For de øvrige aminosyrers vedkommende var der ikke sikre forskelle mellem forsøgsleddene.

Udviklingen af rodknolde blev i 1982 angivet ved bedømmelse efter en skala fra 0 til 9, hvor 0 = ingen knolde og 9 = tættest besat med knolde (tabel 8). Derved opnåedes et udtryk for forholdet mellem mængden af rodknolde i de enkelte led og ved den enkelte høsttid, men karaktererne er ikke sammenlignelige fra den ene høsttid til den anden. 1. juni var hovedroden godt besat med knolde, hvorimod der næsten ingen var på birødderne. Der var et tydeligt sammenhæng mellem N-tilførsel og knoldudvikling, idet led a havde færrest, og led 9 havde flest knolde. Manglen på fosfor i led f havde reduceret knolddannelsen i betydelig grad i forhold til led d. Ved opgravningen den 22. juni var forholdet omtrent det samme mellem leddene, men knoldene var blevet større. Den 5. juli var der dannet mange små knolde på birødderne, og forskellene mellem de 4 PK-gødede forsøgsled var mindre udtalt end tidligere, hvorimod der i det P-ugødede led kun var få knolde på birødderne.

Tabel 7. Aminosyresammensætning i frø, gns. af 2 forsøg, 1982-83.

Composition of amino acids in seed, mean of 2 trials, 1982-83.

Led Treatment	a 2N-PK	b NPK, 1	c NPK	d PK	e P	f K
Aminosyre	Aminosyre - N i % af total N					
Amino acid	Amino acid N in % of total N					
Lysin	8,51	8,34	8,54	8,56	8,31	8,56
Histidin	4,14	4,05	4,15	4,15	4,08	4,12
Arginin	19,26	18,75	18,75	18,76	19,17	17,64
Asparaginsyre Aspartic acid	8,02	8,08	8,08	8,02	8,09	8,10
Threonin	2,59	2,55	2,59	2,59	2,54	2,63
Serin	3,80	3,78	3,81	3,80	3,73	3,82
Glutaminsyre Glutamic acid	9,78	9,67	9,79	9,78	9,56	9,76
Prolin	3,06	3,11	3,07	3,00	2,96	3,10
Glycin	4,95	4,90	5,00	4,99	4,88	5,01
Alanin	4,10	4,06	4,13	4,13	4,06	4,16
Valin	3,40	3,36	3,46	3,45	3,37	3,41
Iso-leucin	2,72	2,67	2,74	2,76	2,67	2,78
Leucin	4,58	4,54	4,62	4,62	4,49	4,63
Tyrosin	1,66	1,63	1,68	1,68	1,62	1,67
Phenylalanin	2,46	2,45	2,50	2,48	2,43	2,52
Cyst(e)in	1,12	1,14	1,17	1,13	1,12	1,15
Methionin	0,66	0,67	0,67	0,66	0,63	0,67

Tabel 8. Karakter for rodknolde, 1982.

Score for root nodules, 1982.

Led	1/6	22/6	5/7	
Treatment			hovedrod main rot	birødder adventitious roots
a. 2N-PK	2,2	2,3	2,3	1,5
b. NPK, 1	3,4	3,8	3,4	1,5
c. NPK	3,3	3,5	3,0	1,7
d. PK	4,2	4,8	4,0	2,3
e. P	3,5	2,6	3 3	1,0
f. K	2,3	2,4	2,6	0,5

For at få et bedre udtryk for mængden af knolde og deres aktivitet blev der i 1983 foretaget optælling og afskæring af knolde, hvorefter der blev bestemt tørvægt og N-indhold (tabel 9). De fleste antal og vægtmængder er gennemsnit af 3-5 gentagelser à 10 planter. Ved første høst den 6. juni var der allerede dannet mange knolde på hoved- og birødder, og der var som i 1982 et tydeligt sammenhæng mellem N-tilførsel og knoldudvikling, idet der i led d var mere end 3 gange så stor vægtmængde af knolde som i led a. I de K- og P-manglende forsøgsled var knoldudviklingen reduceret i forhold til udviklingen i det PK-gødede forsøgsled. N-indholdet i knoldene var omkring 9 % i alle forsøgsleddene, hvilket tyder på stor aktivitet i kvælstofassimilationen. Den 20. juni var vægten af knoldene steget betydeligt, og relationerne mellem leddene var opretholdt, men der var begyndende angreb af bladrandbillelarver i knoldene, hvilket sammen med begyndende henfald af de ældste knolde kan være årsag til det lidt sænkede N-indhold. Den 4. juli var kun et fåtal af knoldene på hovedrødderne og ca. 2/3 af knoldene på birødderne stadig rødligtfarvede, medens de øvrige var grå og derfor må antages at være inaktive. Larveangrebet var stærkt forøget. N-assimilationen var tilsyneladende reduceret, idet N-indholdet kun var 3-5 %.

Den 18. juli var langt de fleste knolde udhulede af larver og uden aktivitet, og der blev derfor ikke foretaget optællinger eller vejninger.

Tabel 9. Antal og vægt af rodknolde på lo planter samt % N i tørstof af rodknolde, 1983:
Number and weight of root nodules on lo plants and % N in DM of root nodules, 1983.

Forsøgs- led Treat- ment	6/6				20/6				4/7			
	Antal knolde på hovedrod birødder		Vægt, i alt		Antal knolde på hovedrod birødder		Vægt, i alt		Antal knolde på hovedrod birødder		Vægt, i alt	
	No. of root nodules on main root		Total weight		No. of root nodules on main root		Total weight		No. of root nodules on main root		Total weight	
		adventit. root	mg	% N		adventit. root	mg	% N		adventit. root	mg	% N
a. 2N-PK	221	191	46	8,49	408	333	534	6,72	63/144 ^{*)}	299/79	313	5,10
b. NPK, 1	336	239	117	8,76	557	584	876	7,68	72/199	413/193	425	4,50
c. NPK	300	225	105	8,60	470	459	586	7,58	13/185	155/84	301	3,20
d. PK	348	272	162	8,64	598	519	1005	7,61	56/248	446/172	569	4,93
e. P	324	219	111	9,03	450	305	593	8,26	12/163	220/102	397	3,45
f. K	315	220	112	8,62	439	301	553	6,72	10/163	184/78	367	3,21
LSD	67	61	41		88	180	247	0,83			96	0,39

^{*)} Antal rødligt farvede knolde/Antal gråligt farvede knolde
Number of reddish coloured nodules/Number of greyish coloured nodules

Diskussion

Under de gunstige vækstvilkår i 1982 forløb ærternes kvælstofoptagelse med konstant eller endog svagt stigende hastighed indtil kort før modning. Et lignende forløb fandtes af Andersen et al. (1). I 1983 blev N-optagelseshastigheden reduceret omkring 1. juli, hvilket må skyldes de overordentligt tørre forhold på det tidspunkt. Fra det tidspunkt, hvor frøfyldningen begyndte, skete der i begge år en betydelig transport af kvælstofforbindelser fra de vegetative organer, herunder bladene, til frøene. Reduktionen af kvælstofindholdet i bladene under denne proces angives af Sinclair & de Wit (15) som årsag til, at bladene hurtigt ældes, og fotosyntesen nedsættes. I overensstemmelse hermed skete der fra sidst i juli en betydelig nedgang i den samlede tørstofmasse, hvilket i nogen grad skyldes bladfald, men hovedsageligt er en følge af, at fotosyntesen ikke længere kan holde trit med åndingen.

Som i en række tidligere undersøgelser (1, 2, 5, 9) blev der ikke opnået merudbytte for tilførsel af kvælstofgødning, men blot i begyndelsen en lidt hurtigere tørstoftilvækst, der senere blev udlignet. Ved tilførsel af kvælstof blev rodknoldenes antal og størrelse reduceret, medens kvælstofoptagelsen kun blev påvirket i ringe grad.

Manglende fosforgødsning havde specielt i 1982 en betydeligt reducerende virkning på både tørstoftilvækst og N-optagelse. Rodknoldenes udvikling blev også hæmmet i det ikke-fosforgødede forsøgsled, måske fordi planterne ikke kunne forsyne dem med tilstrækkelige mængder fotosyntater. I 1983 var effekten af manglende fosfattilførsel betydeligt mindre end i 1982, hvilket dels må bero på et mindre behov som følge af det generelt lavere udbyttensniveau, dels kan skyldes en bedre udvikling af mykorrhiza-svampene.

Det er tidligere vist, at stigende P-tilførsel følges af stigende N-indhold og stigende argininkoncentration i frøet (4). I nærværende undersøgelse steg argininindholdet lidt med P-tilgængeligheden, men N-koncentrationen var næsten uændret. I forsøg med varierende N-indhold i frøet, var argininkoncentrationen positivt korreleret med N-indholdet (4, 9, 14), medens proteinets ernæringsmæssige værdi ("amino acid score") var negativt korreleret med N-indholdet (14).

Ved udeladelse af kaliumtilførsel reduceredes både frø- og halmudbytte. Kaliumindholdet i de vegetative plantedele blev meget lavt i det ikke kaliumgødede led, og der viste sig en ret stærk antagonisme mellem kalium på den ene side og kalcium og magnesium på den anden side. I forsøg med kalium og kalcium til ært fandt Jansson & Torstensson (8) da også en samspilseffekt mellem de to

stoffer, idet kaliumtilførsel gav størst merudbytte ved samtidig kalciumtilførsel. Ved rigelig kaliumgødsning var afgrøden i stand til at optage ca. 5 gange så meget kalium, som det høstede frø indeholdt.

Litteratur

1. Andersen, A.J., Haahr, V. Jensen, E.S. & Sandfaer, J. 1983. Effect of N-fertilizer on yield, protein content and symbiotic N-fixation in Pisum sativum L. grown in pure stand and mixtures with barley.
In: Perspectives for peas and lupins as protein crops (ed. Thompson, R & Casey, R.) pp 205-218. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague/Boston/London.
2. Bingefors, S. Mattson, R., Nyström, S. & Thomke, S. 1979. Arter till mogen skörd. Aktuellt från landbruksuniversitetet 270, Uppsala, 33 pp.
3. Bisseling, T., van den Bos, R.C. & van Kammen, A. 1978. The effect of ammonium nitrate on the synthesis of nitrogenase and the concentration of leghemoglobin in pea root nodules induced by *Rhizobium leguminosarum*. Biochem. et Biophys. Acta 539, 1-11.
4. Eppendorfer, W.H. & Bille, S.W. 1974. Amino acid composition as a function of total-N in pea seeds grown on two soils with P and K additions. Plant and Soil 41, 33-39.
5. Hansen, S.E. 1965. Forsøg med podning og kvælstofgødsning af ærter. Tidsskr. Planteavl 69, 353-354.
6. Holm, S. 1984. Viklerlarver på ærteplanter. Statens Planteavlfsforsøg. Meddelelse nr. 1760.
7. Houwaard, F. 1978. Influence of ammonium chloride on the nitrogenase activity of nodulated pea plants (Pisum sativum). App. Environ. Microbiol. 35, 1061-1065.
8. Jansson, S.L. & Torstensson, G. 1958. Kalium und Kalcium zu Erbsen und Sommerweizen. Ihre Wirkung auf den Ertrag und die Zusammensetzung der Ernteprodukte. Kali-Briefe, Factgebiet 13, 1. Folge, 1-3.
9. Jensen, F.H. 1983. Ærter som protein-foderkilde og gødningsbesparende landbrugsafgrøde. Pajbjergfonden, 79 pp.
10. Mc Lean, L.A. Sosulski, F.W. & Youngs, C.G. 1974. Effects of nitrogen and moisture on yield and protein in field peas. Can. J. Plant Sci. 54, 301-305.

11. Mosse, B. 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopat. 11, 171-196.
12. Munns, D.N. 1977. Mineral nutrition and the legume symbiosis. In: A treatise on dinitrogen fixation. Section IV. Agronomy and ecology (eds. Hardy, R.W.F. & Gibsson, A.H.) pp. 353-391. Wiley-Interscience, New York.
13. Oghoghorie, G.G.O. & Pate, J.S. 1971. The nitrate stress syndrome of the nodulated field pea (Pisum arvense L.). Techniques for measurement and evaluation in physiological terms. Plant Soil (Suppl.) 185-202.
14. Reichert, R.D. & MacKenzie, S.L. 1982. Composition of peas (Pisum sativum) varying widely in protein content. J. Agric Food Chem. 30, 312-317.
15. Sinclair, T.R. & de Wit, C.T. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science 189, 565-571.
16. Sosulski, F. & Buchan, J.A. 1978. Effects of rhizobium and nitrogen fertilizer on nitrogen fixation and growth of field peas. Can. J. Plant Sci. 58, 553-556.
17. Trevino, I.C. & Murray, G.A. 1975. Nitrogen effects on growth, seed yield and protein of seven pea cultivars. Crop Sci. 15, 500-502.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsforsøg

Sekretariatet

Statens Planteavlskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 50 57
Informationstjenesten, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 53 27
Dataanalytisk Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Sekretariatet for Sortsafprøvning, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Bisygdomsnævn, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 62 00
Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng	(06) 65 25 00

Landbrugscentret

Statens Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	(03) 97 53 10
Statens Biavlsforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønhave, 6400 Sønderborg	(04) 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Tylstrup, 9380 Vestbjerg	(08) 26 13 99
Statens Forsøgsstation, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Afdeling for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng .	(06) 65 25 00
Statens Forsøgsstation, Borris, 6900 Skjern	(07) 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Silstrup, 7700 Thisted	(07) 92 15 88
Statens Forsøgsstation, Askov, 6600 Vejen	(05) 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Lundgård, 6600 Vejen	(05) 36 01 33
Statens Forsøgsstation, 6280 Højer	(04) 74 21 04
Afdeling for Kulturteknik, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	(04) 64 83 16
Statens Planteavls-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Centrallaboratoriet, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng . . .	(06) 65 25 00

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	(09) 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	(09) 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	(09) 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Hornum, 9600 Års	(08) 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Institut for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Planteværnsafdelingen på »Godthåb«, Låsbyvej 18, 8660 Skanderborg .	(06) 52 08 77
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00