

Roddybde og rodmængde hos nogle enårige landbrugsafgrøder dyrket på lerjord

Af Vagner Haahr

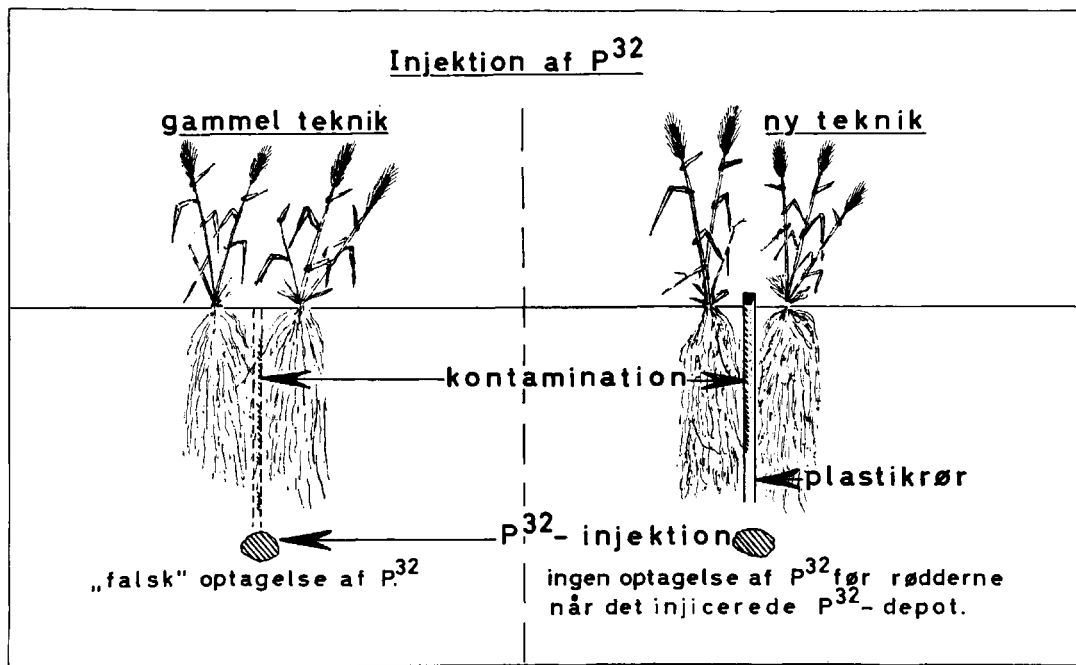
Afdelingen for landbrugsforsøg, Risø, Roskilde

Undersøgelser over planters rodudvikling er forbundet med betydelige måletekniske problemer og resultater fra rodundersøgelser er ofte vanskelige at vurdere med tilstrækkelig sikkerhed. Der er derfor af interesse at anvende og sammenligne forskellige metoder til måling af rodvirksomhed. Med det formål at måle rodudviklingen og undersøge eventuelle artsforskelle, blev der ved Afdelingen for Landbrugsforsøg, Atomenergikommissionens Forsøgsanlæg Risø, udført forsøg med 15 enårigt dyrkede afgrøder i 1960-61. Afgrødernes rodvirksomhed undersøgte ved bestemmelse af rodmassen i udtagne jordprøver, optagelse af radioaktivt fosfor (P^{32}) og måling af vandoptagelsen fra forskellige dybder. Resultaterne fra måling

af vandoptagelsen, der blev bestemt ved neutronmetoden, er tidligere publiceret (Haahr, 1968). I det følgende meddeles resultaterne fra den direkte bestemmelse af rodmassen og måling af P^{32} -optagelsen fra forskellige dybder.

Metoder

Rodmængden er bestemt i forskellige jordlag ved udtagning af jordprøver og bortvaskning af jorden med efterfølgende tørring og foraskning af rødderne. Udtagningen af jordprøver blev foretaget med et motordrevet jordbor, 2½", som beskrevet af Ferguson et.al. (1956). Der kunne ikke optages volumetriske prøver med dette bor, men da jordens vægtfylde in situ blev målt, var det muligt ud fra vægten af prøver-



ne og vandindholdet i disse at foretage en beregning af rodmassen pr. ha i de forskellige jordlag. Ved udtagning af jordprøver efter høst af afgrøden, blev rodmængden bestemt i lag på 25 cm i indtil 125 cm's dybde. I det øverste jordlag blev der dog taget prøver i 0-12,5 og 12,5-25 cm's dybde. Der blev taget 3 stik for hver prøve, i de 2 øverste jordlag dog 5 stik.

Rodmængden i jordprøverne blev bestemt efter bortvaskning af jorden. Denne er foretaget ved at komme prøverne i fintmaskede netposer (0,5 mm) som derefter udvaskedes ved en frem- og tilbagegående bevægelse i vandbad efter et noget lignende princip, som beskrevet af *Fehrenbacher* og *Alexander* (1955). Ved udvaskning i nogle timer var hovedparten af jorden bortskyllet, og tilbage forblev grus og sten samt de i jordprøverne værende rødder. En forundersøgelse viste, at ca. 95 pct. af rødderne blev tilbageholdt af net med 0,5 mm maskevidde, hvorimod der kun tilbageholdtes 80-85 pct. af rodmassen i net med 1 mm maskevidde. Rødderne adskiltes fra grus og sten ved dekantering og efter tørring ved 80°C i 24 timer blev prøverne vejlet og efter glødning bestemtes askefrit rodtørstof.

Undersøgelsen over P³²-optagelse fra forskellige dybder blev udført efter de i Tidsskrift for Planteavl tidligere publicerede metoder, *Haahr*

et. al. (1966). I 1960 injiceredes der direkte med injektor i dybderne 12,5, 25, 50, 100 og 125 cm. Der anvendtes 3 injektioner á 5 ml opløsning á 0,1 mCi/ml pr. dybde. I 1961 injiceredes der i vårbyg og havre gennem blivende plastrør som vist på fig. 1. En fortegnelse over de i undersøgelsen indgående sorter og stammer, de forsøgmæssige betingelser og de opnåede høstudbytter er tidligere givet af *Haahr* (1968).

Resultater

I tabel 1 og tabel 2 er anført resultater fra bestemmelsen af rodmassen. Der er udført en statistisk beregning over den sikkerhed, hvormed disse resultater er bestemt. Afgrøderne er sammenlignet efter »Duncan's new multiple range test« (*Steel og Torrie*, 1960), og resultater heraf er angivet med bogstaver i tabellerne. Tal der ikke efterfølges af et bogstav eller har et indeksbogstav fælles med andre tal i kolonnen er ikke signifikant forskellige på 5 %'s niveauet. Det ses, at der har været stor usikkerhed på bestemmelserne, og at det kun i få tilfælde har været muligt at konstatere signifikante forskelle. Trods den usikre bestemmelse af rodmassen er der opnået resultater, som tyder på karakteristiske forskelle mellem plantearterne. Blandt kornarterne har vinterformer-

Tabel 1. Rodmasse i kg askefrit rodtørstof pr. ha i forskellige dybder

	0-12,5 cm	12,5-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm	100-125 cm
1960						
Vårhvede.....	300 a	185 a	77	29	8	3
Vårrug.....	358 a	187 a	55	43	22	20
Vårbyg.....	476 b	306 ab	213 a	136 a	110 a	13
Havre.....	573 b	412 b	55	45	31	18
1961						
Vårhvede.....	279	137	134	80 abc	24	8
Vinterhvede....	224	85	132	152 c	60	15
Vårrug.....	320	104	67	70 ab	23	10
Vinterrug.....	305	86	150	130 bc	51	22
Vårbyg.....	357	67	133	68 ab	37	9
Vinterbyg.....	381	98	120	107 abc	67	17
Havre.....	125	40	150	115 abc	37	24
Vinterraps.....	154	49	70	42 a	27	40

ne et i dybden mere veludviklet rodsystem end vårformerne. Blandt vårformer synes byg og havre at have et dybere rodsystem end vårrug og vårhvede. Af de øvrige afgrøder er kartoffel fundet at have det mindst udviklede rod-

system i dybden. Fodersukkerroe er fundet at have et i dybden mere veludviklet rodsystem end kålroe.

I tabel 3 er der givet en summarisk sammenstilling af den fundne rodmængde i pløjelaget

Tabel 2. Rodmasse i kg askefrit rodtørstof pr. ha i forskellige dybder

	0-12,5 cm	12,5-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm	100-125 cm
1960						
Fodersukkerroer	309 ab	213 b	39	34	29 ab	23
Kålroer	365 bc	142 ab	27	25	17 ab	16
Kartofler	200 a	50 a	26	15	7 a	23
Gul lupin	428 bc	172 ab	26	20	8 a	20
Vårraps	192 a	179 ab	29	23	11 ab	11
Gul sennep	120 a	41 a	39	17	13 ab	7
Majs	548 c	337 c	157 a	81 a	41 b	17
1961						
Fodersukkerroer	185 ab	46 ab	59 a	52	52	19
Kålroer	263 ab	25 a	44 a	42	27	17
Kartofler	165 a	58 ab	53 a	12	9	5
Gul lupin	325 bc	58 ab	112 ab	49	29	6
Vårraps	229 ab	68 ab	109 ab	82	40	18
Gul sennep	185 ab	81 b	91 ab	49	42	8
Majs	438 c	187 c	149 b	30	15	7

Tabel 3. Kg askefrit rodtørstof ialt i 0-25 cm og 25-125 cm dybde og vandoptagelsen maj-august i mm fra underjorden

Afgroede	1960			1961		
	askefrit rodtørstof, kg pr. ha		vandopt. 37,5-150 cm	askefrit rodtørstof, kg pr. ha		vandopt. 37,5-150 cm
	0-25 cm	25-125 cm	mm	0-25 cm	25-125 cm	mm
Vårhvede	485	117	72	416	246	87
Vinterhvede	—	—	—	309	359	117
Vårrug	545	140	89	424	170	87
Vinterrug	—	—	—	391	363	89
Vårbyg	782	472	97	424	247	105
Vinterbyg	—	—	—	479	311	104
Havre	985	149	91	165	326	96
Fodersukkerroer	522	125	44	231	182	44
Kålroer	507	85	59	288	130	32
Kartoffel	250	71	26	223	79	33
Gul lupin	600	74	57	383	196	31
Vårraps	337	74	88	297	249	75
Vinterraps	—	—	—	203	179	94
Gul sennep	161	76	93	266	190	85
Majs	885	296	30	625	201	23
Ubevokset	45	14	—	21	34	—

0-25 cm og i de dybere liggende jordlag 25-125 cm. Vandoptagelsen fra underjorden i tidsrummet maj-august er også anført i tabel 3. Det ses, at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem den fundne rodmængde i de dybere jordlag og vandoptagelsen. I vårraps og gul sennep er der således i 1960 fundet meget nær den største vandoptagelse og den mindste rodmængde.

I tabel 4 og 5 er anført den første dato, på hvilken der med sikkerhed kunne konstateres radioaktivitet i de overjordiske dele af de af-

grøder, hvorunder der var injiceret P^{32} . Det ses, at gul sennep har haft den hurtigste rodudvikling efterfulgt af vårbyg og vårraps. Kartoffel og majs er fundet at have det mest langsomtvoksende rodsystem. Hos majs blev der ikke konstateret aktivitet fra dybere lag end 50 cm. Dette er dog ikke ensbetydende med, at majs ikke har haft et dyberegående rodsystem, men P^{32} -målinger var på grund af henfald ikke mulige længere end til ca. 15. september, hvor majsrødderne formentlig endnu ikke havde nået den maksimale dybde.

Tabel 4. Første dato med optagelse af P^{32} fra en given dybde eller afstand.
Korn, lupin, raps og sennep. 1960

Dybde cm	Vandret	Vårhvede	Vårrug	Vårbyg	Havre	Gul lupin	Vårraps	Gul sennep
	afstand cm							
12,5	0	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5
	11	23/5	23/5	23/5	23/5	4/7	2/6	2/6
	23	13/6	23/5	23/5	23/5	—	—	—
	34	—	13/6	—	—	—	—	—
25	0	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5	23/5
	11	23/5	23/5	23/5	23/5	13/6	2/6	2/6
	23	2/6	13/6	23/5	13/6	—	—	—
	34	—	—	—	—	—	—	—
50	0	23/5	23/5	2/6	2/6	13/6	2/6	23/5
	11	2/6	2/6	23/5	23/5	4/7	13/6	20/6
	23	2/6	2/6	23/5	2/6	—	—	—
	34	—	—	2/6	2/6	—	—	—
75	0	2/6	2/6	13/6	2/6	20/6	13/6	2/6
	11	2/6	23/5	2/6	20/6	20/6	20/6	2/6
	23	20/6	26/7	2/6	13/6	—	4/7	4/7
	34	—	—	—	—	—	4/7	20/6
100	0	13/6	13/6	20/6	13/6	4/7	13/6	2/6
	11	20/6	13/6	13/6	13/6	14/7	4/7	20/6
	23	14/7	4/7	—	—	—	4/7	4/7
	34	15/8	—	—	—	—	—	—
125	0	4/7	20/6	13/6	4/7	26/7	13/6	13/6
	11	4/7	20/6	13/6	20/6	26/7	4/7	20/6
	23	14/7	26/7	4/7	4/7	—	4/7	4/7
	34	—	—	4/7	—	—	—	4/7

Injektionsdato: 12-14. maj.

Afstande for gul lupin, vårraps og gul sennep er 0,20, 40 og 60 cm.

Tabel 5. Første dato med optagelse af P³² fra en given dybde eller afstand.
Roer, kartoffel, lupin og majs. 1960

Dybde cm	Vandret				
	afstand cm	Bederoer	Kålroer	Kartoffel	Majs
12,5	10	20/6	20/6	20/6	20/6
	30	27/6	20/6	14/7	18/7
	50	—	—	—	15/9
	70	—	—	—	—
25	10	20/6	20/6	20/6	18,7
	30	27,6	20,6	20/6	18/7
	50	27/6	4/7	4/7	15/9
	70	—	—	—	15/9
50	10	27/6	27/6	4/7	20/8
	30	4/7	27/6	4/7	20/8
	50	—	27/6	—	15/9
	70	—	—	—	—
75	10	14/7	4/7	4/7	—
	30	4/7	27/6	—	—
	50	14/7	4/7	—	—
	70	16/8	—	—	—
100	10	14/7	27/6	16/8	—
	30	26/7	4/7	16/8	—
	50	—	26/7	—	—
	70	—	—	—	—
125	10	26/7	4/7	16/8	—
	30	—	14/7	—	—
	50	—	—	—	—
	70	—	—	—	—

Injektionsdato: 10. juni.

Tabel 6. Optagelse af P³² fra forskellige dybder. Relative tal. 1960

Afgrøde		Injektionsdybde i cm					
		12,5	25	50	75	100	125
Vårhvede,	13. juni	21	28	37	9	5	0
Vårrug,	»	15	21	37	11	16	0
Vårbyg,	»	16	13	47	15	1	8
Havre,	»	15	27	43	9	5	1
Gul lupin,	»	42	46	10	2	0	0
Vårraps,	»	24	28	17	21	7	3
Gul sennep,	»	19	9	28	25	11	8
Fodersukkerroe,	27. juni	20	76	4	0	0	0
Kålroe,	»	15	26	51	7	1	0
Kartoffel,	»	46	54	0	0	0	0
Majs,	»	100	0	0	0	0	0

Den 13. og 27. juni blev der udtaget planter til måling i laboratoriet. Resultaterne er anført i tabel 6. Selv om metoden ikke med den anvendte teknik tillader at drage slutninger om den kvantitative rodaktivitet i de forskellige dybder beskriver de relative tal, beregnet som procentisk aktivitet fra de forskellige dybder, dog formentlig nogle af de vigtigste karakteristiske forskelle mellem arterne. Overensstemmelsen mellem planternes vandoptagelse og optagelsen af P^{32} er som det fremgår af efterfølgende opstilling ganske god.

	% af total radioaktivitet d. 13. og 27. juni optaget fra 50-125 cm's dybde	Vandoptagelse maj-juni fra lag dybere end 37,5 cm, mm
Vårhvede.....	51	54
Vårrug.....	64	64
Vårbyg.....	71	80
Havre.....	58	67
Gul lupin.....	12	29
Vårraps.....	48	58
Gul sennep.....	72	70
Fodersukkerroe	4	13
Kålroe.....	59	30
Kartoffel.....	0	9
Majs.....	0	7

Det ses, at vårbyg og gul sennep har såvel den højeste procentiske P^{32} -optagelse fra de dybere lag som den største vandoptagelse. Vår-

hvede skiller sig klart ud blandt kornarterne som havende det i dybden dårligst udviklede rodsystem. Kartoffel, majs, fodersukkerroe og tildels kålroe, har på det undersøgte tidspunkt en beskeden rodudvikling i dybden og et sparsomt vandforbrug, sikkert i det væsentlige begrundet af disse afgrøders senere vækstperiode.

I 1961 injiceredes der kun i byg og havre. Der blev som vist på fig. 1 anvendt injektion i blivende plastrør for at undgå enhver mulighed for kontamination af injektionssporet. Den injicerede fosfor anbragtes 2 cm under rørets nederste kant. Dette viste sig at være for lidt og den optagne mængde P^{32} var meget lille. Tallene blev af den grund små og usikre, men synes dog at bekræfte, at bygrødder vokser hurtigere nedad end havrerødder, og at der formentlig ingen forskel er mellem de to arter i maksimal nedtrængningsdybde. Betydningen af injektionens placering i forhold til plastrørets underkant er senere blevet undersøgt, og det viste sig da, at injiceringen skulle finde sted 8-10 cm under plastrørets kant, da rødderne var utilbøjelige til at vokse ind under plastrøret.

Spørgsmålet om karakteristiske forskelle mellem vore dyrkede vårformer af korn blev yderligere belyst i et rammeforsøg i 1962, hvor optagelsen af P^{32} fra 80 cm's dybde blev undersøgt i vandede og uvandede rammer. Som det fremgår af tabel 7 viste disse resultater også, at vårbyg havde et mere hurtigvoksende rod-

Tabel 7. Optagelse af P^{32} fra 80 cm's dybde i rammeforsøg. Resultater i cpm korrigeret til 1/7. Fremspiring 29-30/4

Dato	Vårbyg, Bonus		Vårhvede, Progress		Havre, Stål	
	uvandet	vandet	uvandet	vandet	uvandet	vandet
2/6.....	32	7	0	0	0	0
8/6.....	327	105	2	11	0	0
14/6.....	4933	2313	177	432	7	10
21/6.....	14928	8810	7290	4896	393	35
27/6.....	22916	16786	11598	10250	8698	108
4/7.....	33280	18227	20898	15031	15598	1835
23/7.....	27631	23712	26533	13770	44267	10293
1/8.....	41668	42989	34805	17187	50961	24710
*22/8.....	375579	306153	444021	220460	774187	296048

*Laboratoriemåling: 1,5 gram kernetørstof pr. kar.

system end vårhvede og havre. Undersøgelsen viste endvidere, at jordens fugtighedsforhold, vandet og uvandet, ingen indflydelse havde på den hastighed, hvormed rødderne voksede ned, men derimod på den absolutte optagelse af P^{32} . Der er således gennem næsten hele vækstperioden fundet betydeligt større aktivitetstal fra uvandet end vandet, hvilket er forårsaget af, at planterne sandsynligvis kompenserer for manglende vand i de øverste jordlag ved at udvikle et mere intensivt rodsystem i dybden.

Diskussion

Resultaterne fra nærværende undersøgelse tyder på, at værdien af at bestemme rodmassen i forskellige dybder er ringe, idet tallene formentlig ikke står i relation til rodsystemets betydning for planterne med hensyn til optagelsen af vand og næringsstoffer. Dertil kommer den store usikkerhed ved bestemmelsen, der bl.a. skyldes, at mineraliseringen af rodsystemet foregår så relativt hurtigt, at prøveudtagningstidspunktet kommer til at spille en afgørende rolle. Generelt gælder det, at alle arter når en maksimal rodudvikling omkring blomstringstidspunktet, og derefter aftager rodmængden gradvist. Hos græsserne finder man således ved høst kun 60-70 pct. af den rodmængde, man ville have fundet omkring skridning/blomstring. Et lignende forhold gør sig gældende ved andre plantearter. Forholdet er imidlertid underkastet en lang række modificerende faktorer indflydelse: jordtype, temperatur, fugtighedsforhold, næringsindhold, m.v. En oversigt over disse er givet af *Köhnlein & Vetter* (1953) og *Troughton* (1962). Metoderne til udtagning af rodsystemet kan forfines meget, ligesom rodsystemet kan studeres i særlige forsøgsopstillinger, *Schuurman & Goedewaagen* (1965). En mere detaljeret undersøgelse af planters rodvirksomhed baseres dog bedst på måling af selve aktiviteten, f.eks. optagelsen af vand og næringsstoffer.

Foruden at give oplysninger om nedtrængningsdybde og tid for denne kan P^{32} -metoden også give oplysninger om den vandrette ud-

bredelse af rodsystemet. I tabel 4 og 5 er der for hver dybde angivet dato for den horizontale udbredelse. Det ses, at kornarterne ikke breder deres rodsystem ret meget ud, stort set kun til 2. naborække. Dertil kan føjes, at de optagne mængder har været små fra 2. naborække. Gul sennep og vårraps, som i botanisk henseende er beskrevet som havende en pælerod i modsætning til kornarternes trævlerødder, er fundet at have en betydelig vandret udbredelse i de dybere liggende lag. I tabel 5 er anført de tilsvarende data for rodfrugter, kartoffel og majs. Forgreningen i de dybere lag er muligvis mere udbredt end tallene giver udtryk for, da P^{32} 's henfald gør det vanskeligt at måle i den sidste del af vækstperioden for disse afgrøders vedkommende.

Resumé

I 1960-61 blev der på en middelsvær lerjord ved afdelingen for landbrugsforsøg på Risø udført undersøgelser over nogle af vore almindeligt dyrkede landbrugsplanters rodudvikling. Undersøgelsen viste, at bestemmelsen af rodmassen ved den anvendte fremgangsmåde med jordprøveudtagning efter høst var meget usikker. Måling af P^{32} -optagelsen fra underjorden synes at være en mere velegnet metode til belysning af rodsystemets udbredelse og funktion.

Langt den overvejende part af rodsystemet (60-80 pct.) fandtes i de øverste 25 cm. Den største optagelse af P^{32} fra de dybere jordlag fandtes hos gul sennep og vårbyg, hvilket er i overensstemmelse med resultater fra tidligere publicerede arbejder (*Haahr*, 1968), hvor den største vandoptagelse fra de dybere jordlag fandtes i disse to afgrøder.

Vårbyg, gul sennep og vårraps havde det mest hurtigvoksende rodsystem. Vårhvede skilte sig klart ud fra de øvrige kornarter ved at have en ringe optagelse af P^{32} fra de dybere jordlag. Et rammeforsøg bekræftede, at byg havde et betydeligt mere hurtigtvoksende rodsystem end havre og vårhvede.

Summary

Root development of some cultivated plants grown in a sandy clay loam

The root system of 15 common agricultural crops grown on a sandy loam were examined in 1960 and 1961. Two methods were employed, (a) uptake of P^{32} from different depths, and (b) determination of root weight in different layers by washing out soil samples.

The results were compared with previously published results based on the moisture extraction from the subsoil (*Haahr, 1968*). The best agreement was found between the figures obtained by the P^{32} -uptake and the moisture-extraction method.

Even though 60-80 per cent of the root weight was situated in the upper 25 cm, considerable amounts of P^{32} were taken up from deeper layers.

The fastest penetrating root systems were found in white mustard, spring rape and spring barley. Spring wheat had a rather superficial root system compared with other cereals. A comparison between barley and oats showed that barley had the faster penetrating root system, while no difference was found in the maximum root depth.

Litteratur

- Fehrenbacher, J. B. & J. D. Alexander (1955)*: A method for studying corn root distribution using a soil-core sampling machine and shaker-type washer. *Agronomy Jour.* 47, 469-472.
- Ferguson, E. R. et al. (1956)*: A portable power-driven soil sampler. *Soil Sci.* 81, 419-421.
- Haahr, V. (1968)*: Moisture extraction from the subsoil by some agricultural crops. *Den kgl. Vet.- & Landbohøjskoles årsskrift, København* 1968: 134-145.
- Haahr, V., H. Knudsen, G. Nielsen & J. Sandfær (1966)*. Nogle kulturplanters rodudvikling på let sandjord. Orienterende undersøgelser udført under anvendelse af radioaktive isotoper. *Tidsskrift for Planteavl*, 69, 554-567.
- Köhnlein, J. & H. Vetter (1953)*: Ernterückstände und Wurzelbild. *Paul Parey* 1953.
- Schuurman, J. J. & M. A. J. Goedewaagen (1965)*: Methods for the examination of root systems and roots. *Wageningen*.
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie (1960)*: Principles and procedures of statistics - London.
- Troughton, A. (1962)*: The roots of temperate cereals (Wheat, barley, oats and rye). *Comm. Agr. Bur.* 2/1962.