

Vekselvirkningen mellem kalk og bor

Af JENS JENSEN

Det er velkendt, at bormangel hos de almindeligt dyrkede planter her i landet hyppigst optræder i forbindelse med overkalkning og høje reaktionstal. Undersøgelser har vist, at borat kun i ringe grad adsorberes til lerkolloiderne, når disse er mættet med brintioner. Erstattes brintionerne med Ca, Mg og K, finder der en stærk forøget adsorption sted. For Al-oxyder opgives den maksimale adsorption at finde sted ved pH mellem 5 og 7, medens det for Fe-oxyder er mellem 8 og 8,5. (1, 4, 12). Borbinding til jordens organiske bestandele kan f.eks. finde sted ved esterdannelse med dihydroxyforbindelser.

Basiske forbindelser har stor indflydelse på borets adsorption og dermed planternes optagelse (3, 5, 6, 11). Virkningen afhænger dog i høj grad af jordtypen. (9)

Antagonismen mellem calcium og bor kan måske også have betydning. Undertiden har det været hævdet, at bormangel ved høje reaktionstal skyldes forøget borbehov på grund af et større calciumindhold i planterne og ikke formindsket boroptagelse.

Karforsøg med kalk og bor

I 1961 blev der ved Statens Planteavlslaboratorium i Lyngby udført karforsøg, hvor vekselvirkningen mellem bor og kalk blev undersøgt. Som forsøgsjord benyttedes sandjord fra Lundgaard forsøgsstation og let lermuld fra Askov. Analysetal fremgår af tabel 1.

Tabel 1.

	Rt	Ft	TK	Bt*	% Humus
Lundgaard	5.6	4.5	7.7	2.6	2.28
Askov	5.7	4.9	5.1	3.7	2.71

* Bt = mg B pr. 10 kg jord

Forsøgsplanen omfattede 0-40-120-240 g calciumcarbonat kombineret med 0-0,25-0,50-1,00 g boraks pr. kar. Forsøgsafgrøden var Du Puits lucerne. Der var fire fælleskar pr. forsøgsled. Som grundgødning blev der til hvert kar givet:

5,00 g KH_2PO_4
 2,0 g KNO_3
 1,0 g NH_4NO_3
 1,0 g $\text{MgSO}_4,7\text{aq}$
 0,5 g $\text{CuSO}_4,5\text{aq}$
 0,5 g $\text{MnSO}_4,4\text{aq}$
 0,025 g $\text{Na}_2\text{MoO}_4,2\text{aq}$

Gødning og kalk blev blandet med jorden og fyldt i parafinerede cylindriske zinkkar med et rumindhold 20 l og en jordoverflade på 0,05 m.²

Tabel 2. Lundgaard

g kalk	g boraks	g tørstof				ppm B	mg B optaget	mg B meropt.
		1. slæt	2. slæt	3. slæt	i alt			
0 (Rt=5.5)	0	27.5	13.6	26.8	67.9	35	2.4	—
	0.25	26.6	17.8	26.2	70.6	96	6.8	4.4
	0.50	33.4	22.1	27.8	83.3	155	12.9	10.5
	1.00	32.1	23.6	29.6	85.3	293	25.0	22.6
40 (Rt=7.2)	0	19.2	16.3	25.4	60.9	35	2.1	—
	0.25	32.7	21.7	30.0	84.4	76	6.4	4.3
	0.50	37.1	26.8	33.0	96.9	123	11.9	9.8
	1.00	43.5	25.2	37.0	105.7	210	22.2	20.1
120 (Rt=7.8)	0	11.1	12.8	20.7	44.6	28	1.2	—
	0.25	33.4	30.3	33.1	96.8	72	7.0	5.8
	0.50	38.5	28.2	34.5	101.2	100	10.1	8.9
	1.00	50.5	29.6	37.3	117.4	186	21.8	19.6
240 (Rt=8.0)	0	10.9	12.9	14.1	37.9	25	0.9	—
	0.25	30.1	19.9	31.6	81.6	64	5.2	4.3
	0.50	43.9	25.0	37.7	106.6	92	9.8	8.9
	1.00	42.4	30.8	36.5	109.7	172	18.9	18.0

Karrene blev tilsået med 70 lucernefrø den 11. april og sat ud i voliéren. I forsøgsperioden blev der vandet til 50% af den maksimale vandkapacitet, som blev bestemt til 38 og 48% for jorden fra henholdsvis Lundgaard og Askov. Lucernen blev høstet den 5/7, 10/8 og 26/9, alle tre gange ved begyndende blomstring. Udbyttet i g tørstof i gennemsnit pr. kar fremgår af tabel 2 og 3.

Tabel 3. Askov

g kalk	g boraks	g tørstof				i alt	ppm B	mg B optaget	mg B meropt.
		1. slæt	2. slæt	3. slæt					
0 (Rt=5.8)	0	34.7	24.5	38.2	97.4	54	5.3	—	
	0.25	34.7	25.1	39.8	99.6	86	8.6	3.3	
	0.50	36.6	30.4	43.7	110.7	123	13.6	8.3	
	1.00	37.7	34.2	42.2	114.1	208	23.7	18.4	
40 (Rt=7.3)	0	53.2	37.8	53.1	144.1	45	6.5	—	
	0.25	50.5	39.9	49.4	139.8	69	9.6	3.1	
	0.50	51.2	40.8	50.5	142.5	90	12.8	6.3	
	1.00	50.7	38.8	49.8	139.3	134	18.7	12.2	
120 (Rt=7.9)	0	52.7	38.6	50.8	142.1	38	5.4	—	
	0.25	53.3	39.5	52.5	145.3	61	8.9	3.5	
	0.50	57.0	42.9	54.6	154.5	78	12.1	6.7	
	1.00	52.2	41.9	61.9	156.0	123	19.2	13.8	
240 (Rt=8.1)	0	52.5	41.3	53.9	147.7	37	5.5	—	
	0.25	51.9	42.8	58.3	153.0	62	9.5	4.0	
	0.50	55.1	43.2	56.1	154.4	68	10.5	5.0	
	1.00	53.7	44.5	58.5	156.7	108	16.9	11.4	

De anførte reaktionstal er målt ved forsøgets afslutning. En statistisk undersøgelse viser, at der for Lundgaard er en sikker (mere end 95% sandsynlighed) virkning af bor og vekselvirkning mellem bor og kalk. For Askov er kun kalkvirkningen sikker.

I tørstoffet er der foretaget bor- og calciumbestemmelse. Bor er efter foraskning af tørstoffet bestemt efter samme metode, som benyttes ved jordanalyserne (2, 8, 10). Calcium er bestemt ved titrering med komplexon (7). Det ses, at såvel boraks som kalk har påvirket det absolutte og relative borindhold. I tabel 4 er anført det gennemsnitlige udbytte med stigende tilførsel af kalk, men varierende bortilførsel, og i tabel 5 det gennemsnitlige udbytte med stigende bortilførsel, men varierende kalktilførsel.

Tabel 4.

Lundgaard					Askov			
g	g	mg B	ppm	%	g	mg B	ppm	%
kalk	tørstof	optaget	B	Ca	tørstof	optaget	B	Ca
0	76.8	11.8	153	1.06	105.5	12.8	121	1.14
40	87.0	10.7	122	1.23	141.4	11.9	84	1.36
120	90.0	10.0	111	1.34	149.5	11.4	76	1.42
240	84.0	8.7	104	1.45	152.8	10.6	69	1.50

Tendensen er ret tydelig og viser, at bormangel er et spørgsmål om planternes optagelse af bor og kun i ringe grad om antagisme mellem calcium og bor.

Det bemærkes, at optagelseskoefficienten for bor fra samme jord har været uafhængig af den tilførte bormængde, samt at den var størst for sandjorden. Calcium og borindholdet varierede i lufternen alt efter, om der var tilført stigende mængde kalk eller boraks. Kun med jorden fra Askov har stigende mængde boraks ikke påvirket calciumindholdet. Forklaringen er antageligt, at merudbyttet for bortilførsel har været lille i forhold til jordens calciumindhold.

Tabel 5.

Lundgaard							Askov					
g	g	mg B	mg B	optagel-	ppm	%	g	mg B	mg B	optagel-	ppm	%
Boraks	tørstof	optaget	optaget	mer-	B	Ca	tørstof	optaget	optaget	mer-	B	Ca
				sesekoeff-						sesekoeff-		
0	52.8	1.7	—		31	1.39	132.8	5.7	—		43	1.35
0.25	83.4	6.4	4.7	0.17	76	1.31	134.4	9.2	3.5	0.12	68	1.35
0.50	97.0	11.2	9.5	0.17	115	1.25	140.5	12.3	6.6	0.12	87	1.33
1.00	104.5	22.0	20.3	0.18	210	1.15	141.5	19.6	13.9	0.12	139	1.38

Udvaskningsforsøg

I tilknytning til karforsøgene er der i laboratoriet udført udvaskningsforsøg med forskellige jorder for at opnå en orientering om forskellige faktorerers indflydelse på borets adsorption.

Teknikken ved udvaskningsforsøgene har i alle tilfælde været, at 400 g lufttør jord blev anbragt i et rør af plexiglas med et tværsareal på 14,3 cm². Efter at jorden var udvasket med borfrit vand, indtil det opsamlede filtrat var borfrit, tilførtes 500 µg B

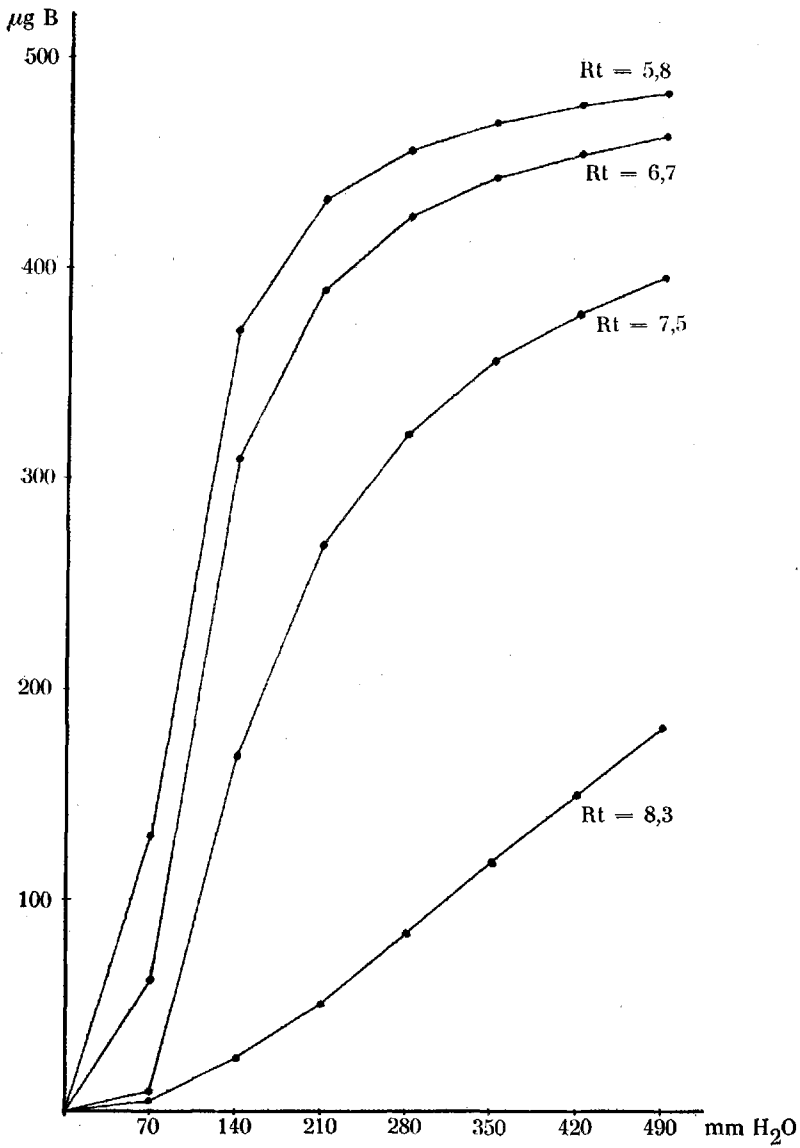


Fig. 1. Lundgaard

i form af borsyre svarende til ca. 25 kg boraks pr. ha. Derefter påhældtes daglig 100 ml borfrit vand.

I de opsamlede filtrater blev der foretaget borbestemmelse efter samme metode, som benyttes ved bestemmelse af bortallene. (10)

I fig. 1 og 2 ses resultaterne fra de to jorder, som er benyttet ved ovennævnte karforsøg. Jorden blev blandet med 0-0,25-0,50 og 1,00 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$. De anførte reaktionstal er målt ved forsøgets afslutning. Som absците er benyttet den gennemløbne vandmængde i mm og som ordinat summen af den udvaskede bormængde. Det ses, at adsorptionen først forøges væsentligt, når reaktionstallene overstiger 7. Ved samme reaktionstal er adsorptionen betydeligt mindre med sandjord fra Lundgaard end med lermuld fra Askov.

Tabel 6.

g $\text{Ca}(\text{OH})_2$		Lundgaard				Askov			
		0	0.25	0.50	1.00	0	0.25	0.50	1.00
Udvasket $\mu\text{g B}$	483	463	396	182	472	428	315	46	
Δ Bt, $\mu\text{g B}$	—	0	84	84	—	48	64	204	
Ialt		463	412	266		476	379	258	
Differens		37	88	234		24	121	242	

Efter forsøgets afslutning blev der foretaget en bestemmelse af bortal, d.v.s. den mængde bor, som går i opløsning ved kogning med vand i 5 minutter. Resultaterne er opført i tabel 6 som Δ Bt, idet forskellen mellem bortallene i jorden uden tilførsel af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og de øvrige forsøgsled er beregnet. Den tilførte mængde bor \div (udvasket bor + tilvækst i bortal) giver den mængde bor, som er adsorberet i en form, der ikke kommer til udtryk i bortallene. Ved høje reaktionstal er det ret betydelige mængder.

I fig. 3 er resultaterne fra tilsvarende forsøg med forskellige jordtyper opført: 2 sandjorder fra Viborg og Studsgaard, en lerjord fra Horsens, en kalkholdig lerjord fra Thisted samt en jernholdig humusjord fra Skærbæk.

Ved forsøg med tilsætning af $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ er ikke fundet nogen sikker indflydelse af stigende calciumconcentration på boradsorp-

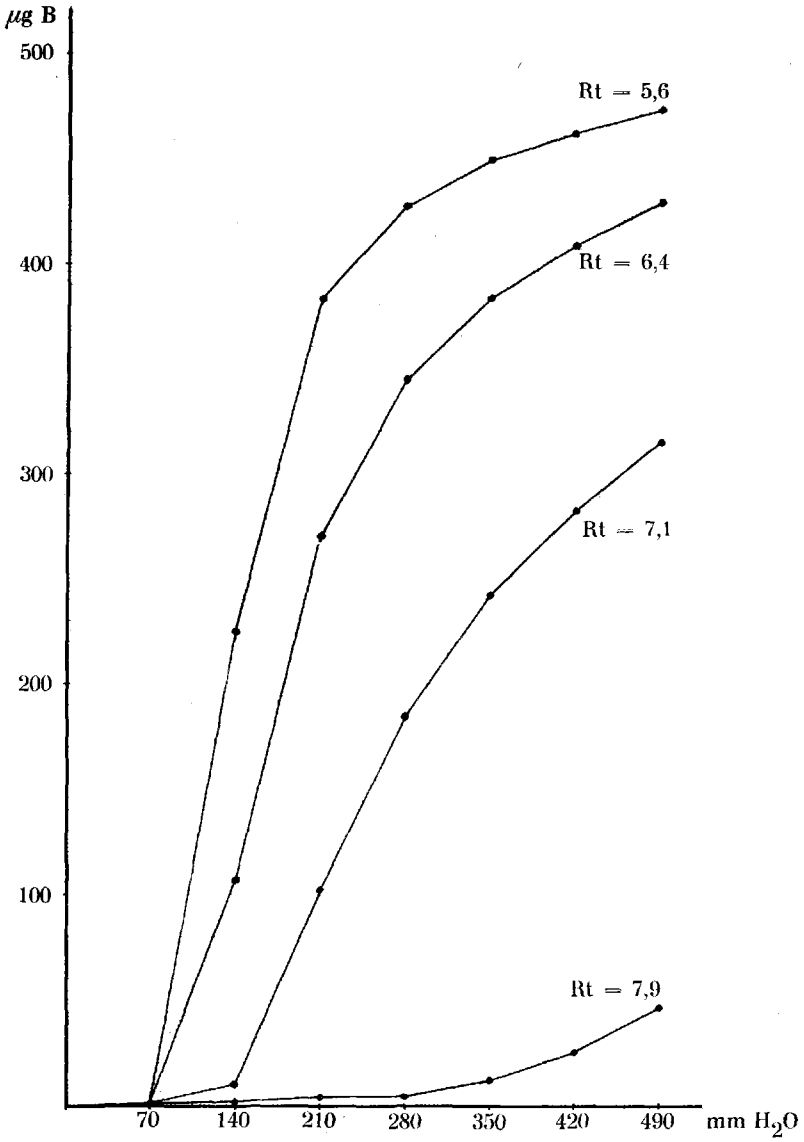


Fig. 2. Askov

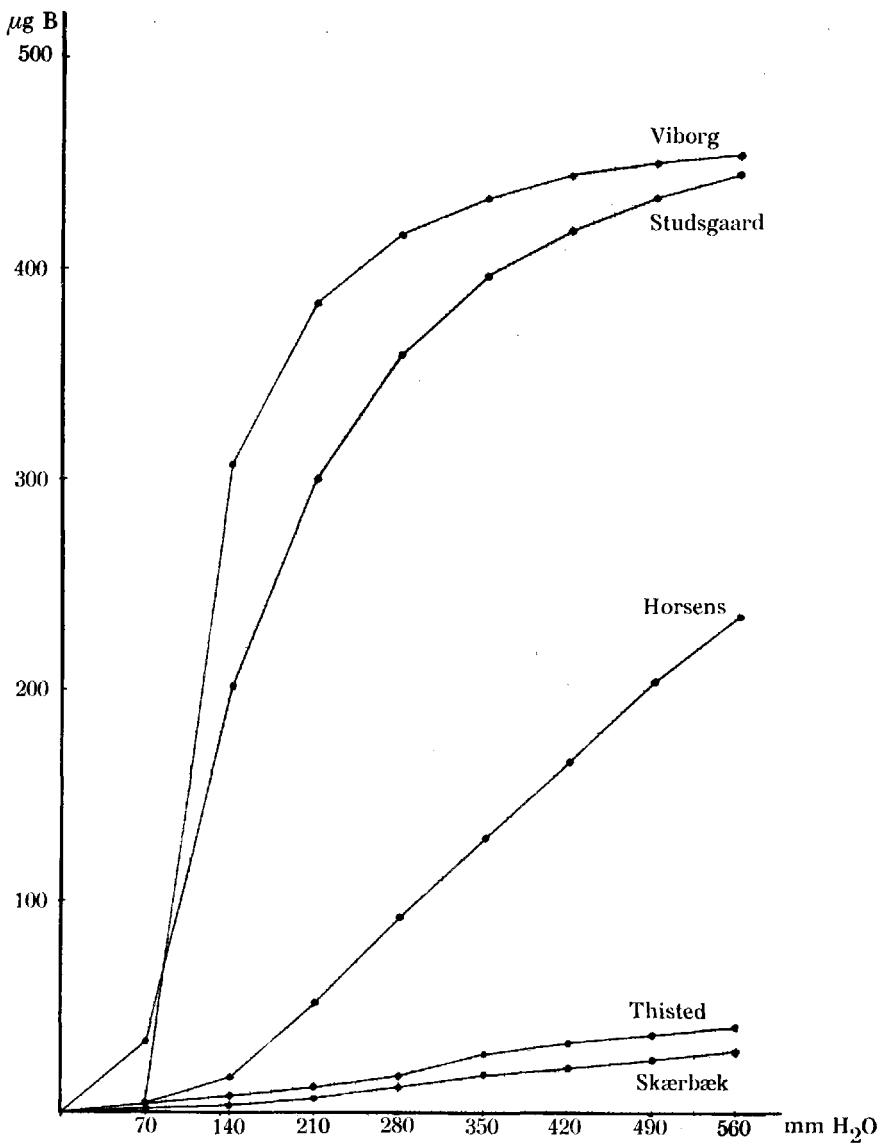


Fig. 3

tionen. Det må bemærkes, at under naturlige forhold i marken vil boradsorptionen sikkert blive større end fundet i laboratoriet, idet en periodevis udtørring af jorden forøger adsorptionen.

Gødskning med bor udføres i stigende grad efter forsikringsprincippet og i mindre grad efter virkeligt behov. Da bor hører til de plantenæringsstoffer, hvor intervallet fra mangel til overdosis er snævert, kan det være af interesse at undersøge, om mulighederne for en ophobning af skadelige mængder kan være til stede under visse betingelser.

I karforsøget med jorden fra Lundgaard, tilført stigende bormængder, forøgedes borindholdet i lucernen fra 31 til 210 ppm, medens det kun steg fra 43 til 139 ppm med jorden fra Askov. Til gengæld sker udvaskningen hurtigere fra sandjorden. Jordens adsorptionsevne m.h.t. bor synes således ikke alene at gøre sig gældende overfor udvaskningen, men har også en regulerende indflydelse på planternes optagelse.

Visse jordtyper af postglacial marin oprindelse, som f.eks. marskjord og inddæmmet jord ved Lammefjord, har et i forhold til almindelige mineraljorder meget højt indhold af såvel total som syre- og vandopløseligt bor. Mængden af vandopløseligt bor varierer for almindelige mineraljorder som regel mellem 0,2 og 0,7 ppm, medens det i marksjord fra Ribe er ca. 5, Skærbæk 2, Højer 3 og i jord fra Lammefjord ca. 1.5. Forholdet er omtrent tilsvarende for syreopløseligt og total bor. Der skal derfor tilføres forholdsvis store mængder bor på almindelige mineraljorder, før indholdet bliver af samme størrelsesorden som i de ovennævnte jordtyper. Faren for borforgiftning er størst ved en eengangstilførsel af forholdsvis store mængder. Kontinuert tilførsel af moderate mængder skulle ikke medføre ulemper, idet de jordtyper, hvor boradsorptionen og derved evnen til at regulere planternes optagelse er mindst, også har den hurtigste udvaskning.

SUMMARY

Lime- boron interaction

A pot experiment, using lucerne as the test crop, was conducted with lime and borax. Liming reduced boron availability as measured by yield and boron content of the lucerne. The effect was greater on a sandy soil from Lundgaard than on a loam soil from Askov.

In laboratory studies calcium hydroxide decreased the leaching of boron. Calcium nitrate was ineffective. Studies with different soil types showed considerably variations in fixation and leaching rate. It is evaluated that there is no great risk of boron toxicity, where small amounts of borax are supplied with short intervals.

LITTERATURFORTEGNELSE

1. *G. Barbier og J. Chabannes*: Contribution a l'étude du bore dans le sol et les plantes. Annales Agronomiques, Serie A, No. 1. 1953, 27-43.
2. *K. C. Berger og E. Truog*: Boron determinations in soils and plants. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. Vol. 11, 1939, 540-545.
3. *R. F. Bishop og R. L. Cook*: Laboratory and greenhouse studies on effect of lime and other amendments on water-soluble boron in soil. Canadian Journal of Soil Science. Vol. 38, 1958, 27-35.
4. *R. Bucher*: Zusammenhänge zwischen Boden-, Dünger- und Pflanzenbor. Landwirtschaftliche Forschung, Vol. 10, Hefte 3, 1957, 165-176.
5. *J. Chabannes*: Sur les consequences eventuelles d'applications repetées de borate Extrait du Compte-rendu du XXXI^e Congrès International de Chimie Industrielle- Liège 1958.
6. *A. Hasler og H. Pulver*: Über die Boraufnahme und das Kalzium: Bor-Verhältnis in verschiedenen Futterleguminosen. Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte. Vol. 39, 1961, 2-15.
7. *Aage Henriksen*: Om bestemmelse af calcium, magnesium, kalium og natrium i plantemateriale. Tidsskrift for Planteavl. Bd. 64, 1960, 530-552.
8. *W. Oelschläger*: Fehlermöglichkeiten bei der Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Bors im Boden. Landwirtschaftliche Forschung. Vol. 11, Hefte 1, 1958, 45-52.
9. *G. J. Ouellette*: Persistence of borax in sandy soils. Canadian Journal of Soil Science. Vol. 38, 1958, 77-84.
10. *H. Riehm*: Untersuchungen über die in Augustenberg ausgearbeitete Methode zur Bestimmung des heisswasserlöslichen Bors im Boden nach Berger und Truog. Agrochimica. Vol. 1, No. 2, 1957, 91-106.
11. *K. Scharrer, H. Kühn og J. Lüttmer*: Über die Auswaschung des Bors im Boden. Landwirtschaftliche Forschung. Vol. 7, Hefte 2, 1955, 89-105.
12. *K. Scharrer, H. Kühn og J. Lüttmer*: Untersuchungen über die Bindung des Bors durch anorganische Bodenbestandteile. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde. Vol. 73, Hefte 1, 1956, 40-48.