

## Om bestemmelse af jordens rumvægt.

Ved K. A. Bondorff.

### 430. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nærværende beretning redegør for resultater af undersøgelser, udført som led i det arbejde, der til stadighed udføres ved Statens Planteavls-Laboratorium med metoder til jordbundsanalyser. Beretningen er udarbejdet af professor K. A. Bondorff.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Ved jordbundsanalyser opgives resultatet næsten altid i forhold til en vis *vægtmængde* jord, f. eks. indholdet af ombyttelig kalium pr. kg jord. Set fra planternes synspunkt vilde det måske være bedre at angive analyseresultatet i forhold til et vist *rumfang* jord. Det er formentlig indholdet af plantenæring i det rumfang jord, rødderne gennemvæver, der er afgørende for planternes forsyning med næringsstof, og hvad dette rumfang jord vejer, er af underordnet betydning.

Det har også fra tid til anden været påpeget, at laboratorieresultaterne burde korrigeres med hensyntagen til jordens rumvægt. Imidlertid har Statens Planteavls-Laboratorium ikke hidtil ment at kunne foretage en sådan korrektion — af 2 grunde. For det første er selve bestemmelsen af jordens rumvægt i laboratoriet ikke ganske let, bl. a. fordi det med de hidtil anvendte metoder er meget vanskeligt at få reproducerbare resultater. Samme person kan — nogenlunde — reproducere rumvægten, men udføres bestemmelsen af en anden person, kan man få helt andre resultater, skønt bestemmelsen tilsyneladende udføres på samme måde. Her-til kommer, at forskellige fremgangsmåder ved rumvægtsbestemmelsen fører til meget forskellige resultater.

Rumvægtbestemmelse har hidtil kun været udført i forbindelse

med bestemmelse af jordens kalkbehov og har været udført på den måde, at man fra æsken med den tørrede og sigtede jordprøve på bestemt måde hældte et lille bægerglas (ca. 110 ml) fuldt af jord, strøg »toppen« af med en lineal og bestemte jordvægten, hvoraf vægten pr. liter jord så beregnedes.

Hvilken usikkerhed, denne bestemmelse er behæftet med, vil fremgå af nedenstående resultater, der viser litervægten af 9 jordprøver, bestemt både i Lyngby og i Vejle.

Tabel 1. Litervægt af 9 jordprøver, g/l.

Jord nr.	Lyngby	Vejle	Forskel	
			g/l	pct.
1	607	689	82	14
2	633	737	104	16
3	521	626	105	20
4	534	596	62	12
5	749	896	147	20
6	764	900	136	18
7	435	502	67	15
8	602	737	135	22
9	576	709	133	23

Det vil ses, at litervægten for alle prøver er fundet væsentligt større i Vejle end i Lyngby, skønt bestemmelserne er udført efter samme forskrift.

Hvilken rolle, det »individuelle håndelag« spiller, vil fremgå af tallene i tabel 2-4. Tallene angiver litervægten af 6 jorder, bestemt af 5 personer med de samme redskaber.

Tabel 2. Litervægt af 6 jorder, g/l.  
Bægerglas, 150 ml.

Jord nr.	Bestemt af					Gennemsnit
	A	B	C	D	E	
1	1266	1269	1227	1266	1325	1271
2	1214	1233	1220	1253	1246	1233
3	1304	1305	1338	1357	1377	1356
4	1357	1266	1271	1337	1312	1309
5	1286	1233	1235	1424	1305	1297
6	1423	1370	1423	1344	1436	1399
Gennemsn.	1325	1279	1286	1330	1337	

Tabel 3. Litervægt af 6 jorder, g/l.  
Bægerglas 60 ml.

Jord nr.	Bestemt af					Gennemsnit
	A	B	C	D	E	
1	1281	1235	1204	1298	1266	1257
2	1204	1220	1157	1266	1266	1223
3	1328	1313	1298	1344	1359	1328
4	1301	1250	1250	1313	1313	1285
5	1266	1220	1220	1437	1250	1279
6	1406	1344	1316	1298	1422	1357
Gennemsn.	1298	1264	1241	1326	1313	

Tabel 4. Litervægt af 6 jorder g/l.  
Måleglas, 100 ml.

Jord nr.	Bestemt af					Gennemsnit
	A	B	C	D	E	
1	1200	1230	1180	1230	1250	1218
2	1180	1200	1170	1240	1230	1204
3	1290	1280	1260	1330	1330	1298
4	1260	1280	1280	1300	1310	1286
5	1210	1220	1240	1400	1290	1272
6	1350	1360	1370	1270	1400	1350
Gennemsn.	1248	1262	1250	1295	1302	

Den usikkerhed, som klæber til selve rumvægtsbestemmelsen, var den ene årsag til, at man fra laboratoriets side har været tilbageholdende overfor at foretage denne bestemmelse. Man var vel klar over, at der i udlandet var konstrueret apparater til rumvægtsbestemmelse, der skulle eliminere i alt fald en del af usikkerheden og give bedre reproducerbare resultater. Men disse apparater, også det i Sverige anvendte, hvor en bestemt jordvægt »bankes« sammen i en cylinder og rumfanget derefter aflæses, synes ikke rigtigt egnet til de massebestemmelser, der ville blive tale om.

En anden årsag til, at laboratoriet ikke udførte rumvægtsbestemmelser var den, at man jo kun kunne udføre bestemmelserne på »løs« jord, tilmed tørret, pulveriseret og sigtet, medens den størrelse, man faktisk skulle bestemme, var rumvægten af den faste jord, af jorden i naturlig lejrning. Man var derfor af den opfattelse,

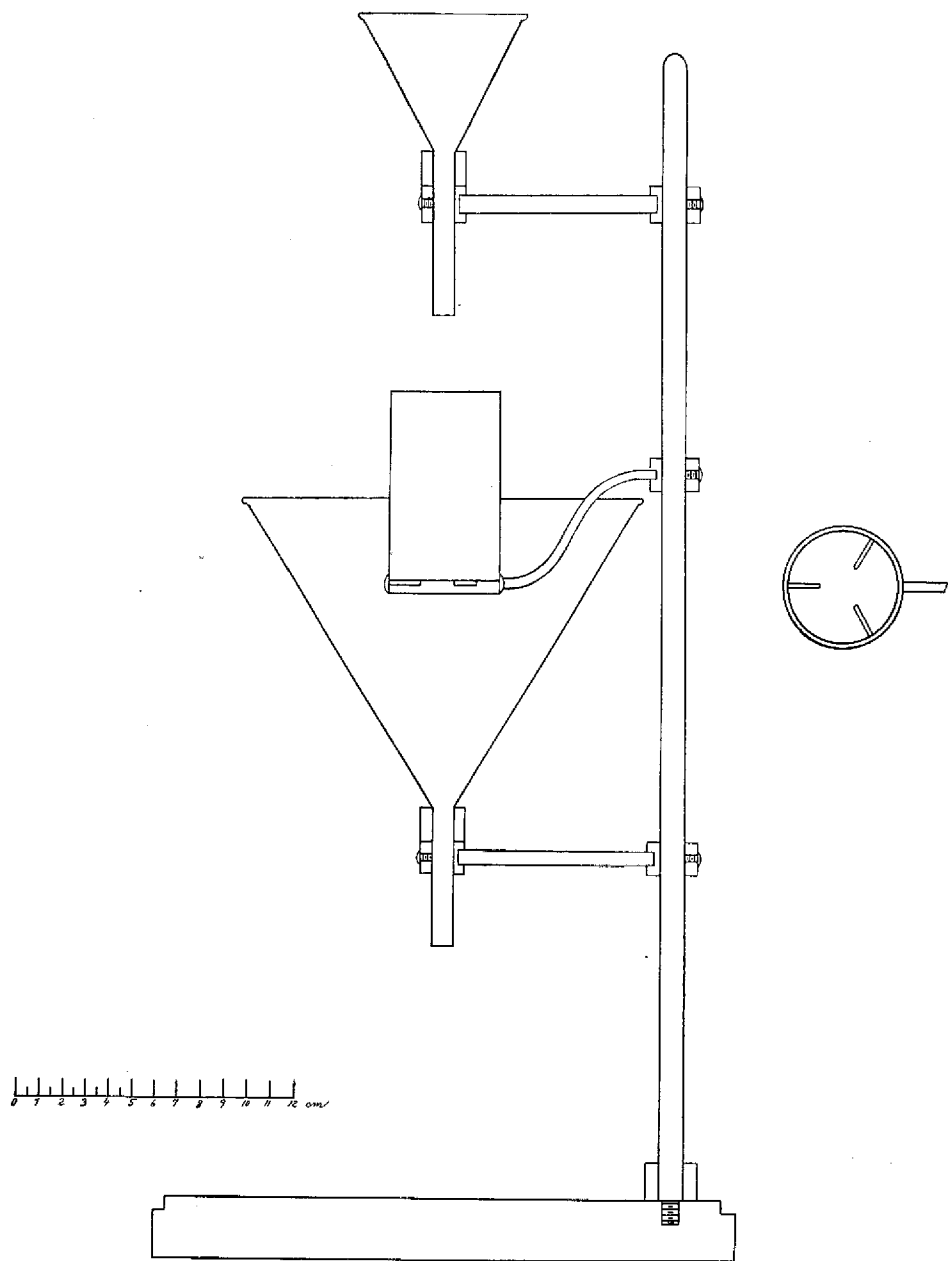


Fig. 1.

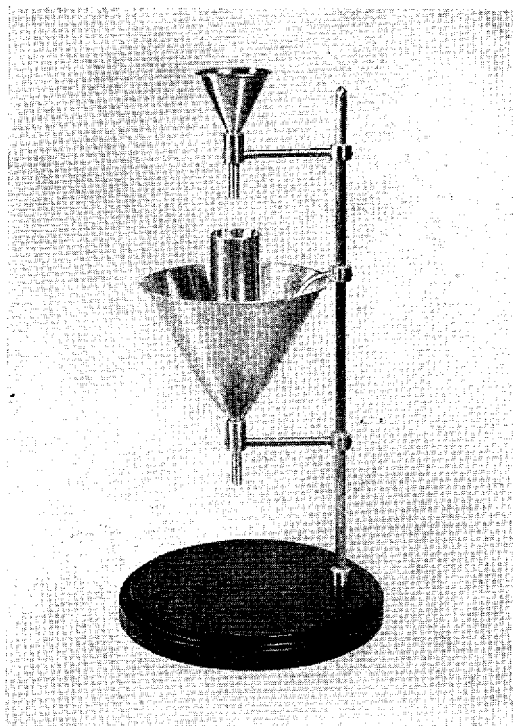


Fig. 2. Apparat til rumvægtsbestemmelse.

at den konsulent, der udtog jordprøverne i marken, langt bedre end laboratoriet kunne afgøre, hvor meget en bestemt jord afveg fra »normalen« m. h. t. rumvægt.

Imidlertid blev der på konsulentmødet i 1948 fremsat stærke ønsker om, at laboratoriet vilde påtage sig rumvægtsbestemmelser og man tog på denne foranledning opgaven op. Der var to problemer, der måtte klares. For det første måtte man finde en metode til nogenlunde sikker bestemmelse af rumvægten af jorden, således som den foreligger i laboratoriet. For det andet måtte man bestemme, hvorledes rumvægten i laboratoriet forholdt sig til rumvægten i marken.

Ved bestemmelsen af rumvægten i laboratoriet kunne man gå to veje, nemlig bestemme vægten af et vist rumfang jord eller bestemme rumfanget af en vis vægtmængde jord. Efter en del forsøg valgte man den første vej, og problemet var nu at få fyldt det rum-

mål, der skulle anvendes, på en måde, der ikke påvirkedes af, hvem der udførte bestemmelsen.

Opgaven mindede meget om bestemmelsen af korns hollandske vægt. Men et apparat som det, der her anvendtes, var ikke hensigtsmæssigt, og efterhånden udformedes det i figur 1 afbildede apparat.

Apparatet består af 2 tragte, hvoraf den nederste og største kun har til opgave at opfange den jord, der løber over, når rummålet fyldes. Rummålet er en messingcylinder, der rummer nøjagtigt 125 ml.

Det er anbragt midt over den store tragt, sænket lidt ned i denne og bæres af en ring med 3 radialt anbragte tappe. Gennem den øverste tragt hældes jorden ned i cylinderen og ved at jorden passerer denne tragt, fås en nogenlunde »objektiv« fyldning af cylinderen. Denne fyldes med top, som — uden at cylinderen rystes — afstryges med en lille glaslineal. Gennem vejning bestemmes jordmængden og litervægten kan beregnes.

Dette apparat tillader en hurtig bestemmelse og har vist sig velegnet til massebestemmelser. Når visse forhold iagttages, varierer litervægten, bestemt af forskellige personer, kun nogle få gram.

Bestemmelserne udføres på den måde, at man med fingeren lukker for den lille tragts stilk, til tragten er ca. halv fuld. Så lader man jorden løbe i cylinderen, men sørger for, at der hele tiden er jord i tragten. Får denne lov at løbe tom, inden cylinderen er topfuld, således at man skal efterfylde cylinderen, stiger litervægten. Når blot man sørger for, at der under cylinderens fyldning stadig er jord i tragten, spiller det en meget lille rolle, om tragten er mer eller mindre fyldt. Stød til apparatet under fyldning må naturligvis ikke ske, ej heller til bordet, hvor apparatet er anbragt.

Apparatet er udført i messing og de enkelte dele fastgjort, således at jordens faldhøjde ikke kan forandres. Cylinderen er forfærdiget så svær, at man ikke, selv om den tabes på gulvet, risikerer den får buler og ændret rumfang.

Hvorledes rumvægtsbestemmelser, udført med dette apparat, kan reproduceres, vil fremgå af tabel 5. To forskellige personer udførte med 2 forskellige apparater rumvægtsbestemmelser i flere

Tabel 5. Bestemmelse af jordens rumvægt.

Jord nr.	Udført af			
	A		B	
	apparat nr.		apparat nr.	
	1	2	1	2
1	684	687	687	682
2	957	958	949	952
3	1181	1187	1181	1184
4	1080	1073	1085	1085
5	1080	1081	1087	1088
6	476	478	480	482
7	1093	1097	1095	1099
8	692	697	688	691
9	944	945	945	946
10	725	726	726	732
11	590	590	594	595
12	1094	1094	1098	1098
13	1093	1096	1093	1097
14	669	671	670	672
15	1091	1094	1095	1098

hundrede jordprøver. Der anføres kun resultaterne af 15, tilfældigt udvalgte prøver.

I gennemsnit af de 15 prøver har A fået rumvægten 898 g/l, B rumvægten 899 g/l, således at indflydelsen af det individuelle hånddelag må siges at være bragt ned til et minimum.

Den anden opgave, at bestemme laboratorierumvægtens relation til markrumvægten har man søgt løst på følgende måde.

Af stærkt stål fremstilledes en kvadratisk, 10 cm høj ramme med indvendig sidelængde 10 cm. Rammens ene (nederste) kant skærpedes. Til den anden (øverste) kant svejsedes en 5 cm bred flange.

Ude i marken blev nu udtaget jordprøver à 1 liter på den måde, at rammen anbragtes på jorden, dækkedes med et stærkt bræt og trykkedes ned i jorden, til flangen rørte jordoverfladen. Ved siden af den nedtrykkede ramme gravedes nu ned, så man kunde skære ind under rammen med en plan stålflade og rammen løftedes op. Man udtog på denne måde 1 liter jord i så naturlig lejrning, som det var muligt. Jorden sendtes til laboratoriet, tørredes ved 60–70°C som jordprøverne til analyse og vejedes.

I løbet af sommeren 1948 udtoges med denne ramme rundt

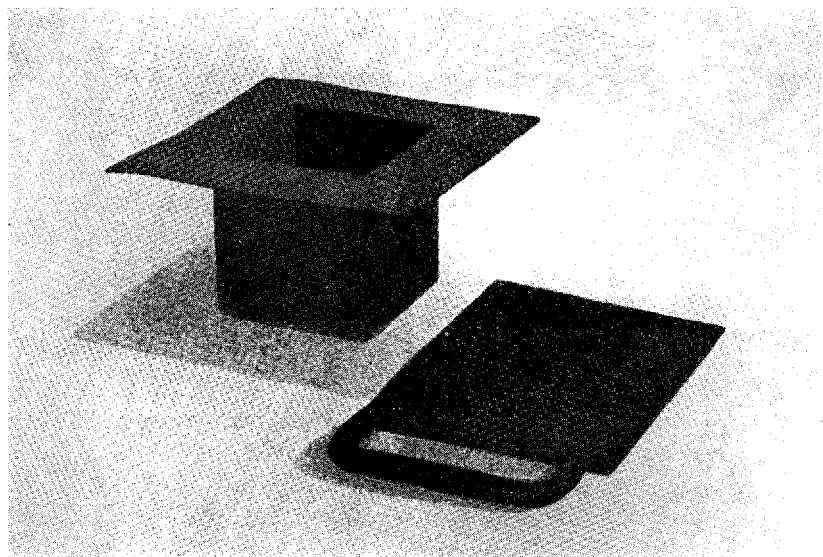


Fig. 3. Ramme og plade til udtagelse af jordprøver i marken.

om i Danmark over 350 prøver af meget forskellige jordtyper, fra højmoser til marskklæg. Udtagningen foretoges af en medhjælper ved laboratoriet, og i de fleste tilfælde udpegedes de jorder, af hvilke der blev taget prøver, af den stedlige konsulent som karakteristiske for egnen.

Disse jorders rumvægt bestemtes derpå i laboratoriet, dels ved direkte at hælde den tørrede og sigtede jordprøve i et bægerglas, altså efter den metode, der hidtil har været anvendt, dels ved hjælp af det ovenfor beskrevne apparat.

Det viste sig, at forholdet mellem »laboratorievægten« og »markvægten« var ret varierende, men dog mindre, end man havde ventet. Med absolut sikkerhed at angive markvægten på grundlag af laboratorievægten synes ikke mulig. Man kan i laboratoriet kun bestemme en sandsynlig markvægt.

Regressionen mellem laboratorievægt og markvægt er ikke retlinet. De lette jorder, først og fremmest humusjorderne, har højere laboratorievægt end markvægt, medens de tunge jorder forholder sig omvendt.

Forholdet mellem markvægt og laboratorievægt, denne sidste bestemt med det afbillede apparat, fremgår af fig. 4.



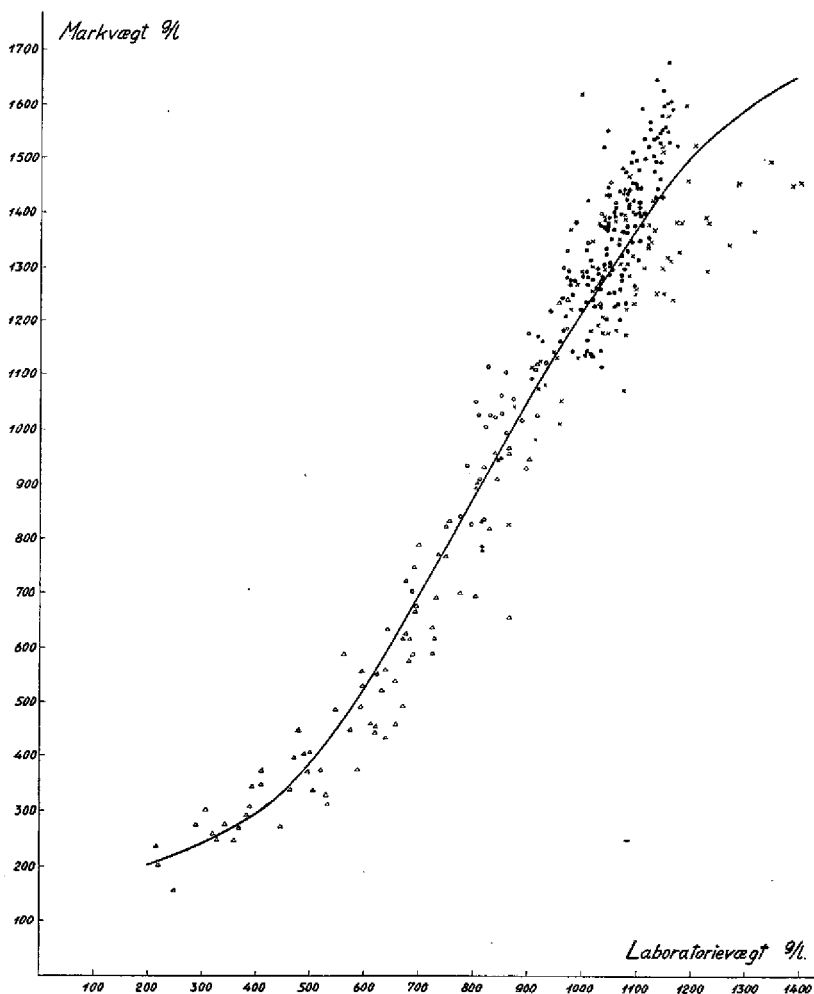


Fig. 4.

Den indtegnede kurve er baseret på et 4. grads polynomium, men over det vigtigste afsnit kan sammenhængen mellem markvægt og laboratorievægt gengives ved ligningen:

$$Y = 1,557x - 347$$

hvor  $Y$  er den ud fra laboratorievægten  $x$  beregnede markvægt.

Den gennemsnitlige laboratorievægt fandtes til 952 g/l, svarende til en gennemsnitlig markvægt på 1135 g/l. Denne sidste

værdi er lavere end de 1250 g/l, der hidtil har været regnet for normal rumvægt af dansk jord, men det må her erindres, at i materialet indgår et uforholdsmæssigt stort antal lette jorder, idet man ved prøveudtagningen bevidst har stræbt efter at få lige mange prøver af de forskellige jordtyper.

De rumvægtsbestemmelser, der i årenes løb er udført i tilknytning til bestemmelse af jordens kalkbehov, viser da også en højere gennemsnitlig rumvægt. De foreliggende data falder i 2 grupper, een omfattende 2110 prøver, hvor litervægten (laboratorievægten) er afrundet til nærmeste hundrede gram, en anden omfattende 433 prøver, hvor litervægten er bestemt med en nøjagtighed på 1 g. Gennemsnittet er henholdsvis 1059 og 1035 g/l, men fordelingen er udpræget skæv med modulus henholdsvis 1100 og 1075 g/l.

Disse rumvægtsbestemmelser er udført efter den hidtidige metode, med direkte fyldning af et bægerglas. Men da denne metode også er benyttet til rumvægtsbestemmelse af de jorder, hvis markvægt kendes, kan man beregne, hvilken markvægt, der svarer til den fundne laboratorievægt.

Regressionsligningen fandtes til

$$Y = \div 102,4 + 0,9885x + 0,00038515x^2$$

hvor  $x$  som foran angiver litervægten i laboratoriet. Herefter skulde den hyppigste markvægt være 1450, resp. 1400 g/l, medens man som nævnt hidtil har regnet med 1250 g/l som normal.

Spørgsmålet er nu, hvorledes rumvægtsbestemmelserne bedst kan udnyttes i vejledningsarbejdet.

Laboratorietallene refererer sig jo til en vis jordmængde og med kendskab til jordens rumvægt er det altså muligt at udregne næringsstofindholdet pr. ha, denne regnet f. eks. i 20 cm's dybde. I stedet for fosforsyretallet 3 vilde man så for en jord med rumvægten 1250 g/l få 600 kg  $P_2O_5$ /ha. Var rumvægten 800 g/l, vilde fosforsyretallet 3 svare til 384 kg  $P_2O_5$ /ha.

Nu er det et spørgsmål, om en sådan ændring af den måde, analyseresultaterne udtrykkes på, vil være nogen lettelse i vejledningsarbejdet. Gennem mange år har man nu været vant til at sætte gødningsanvendelse — eller ikke anvendelse — i forhold til fosforsyretallet og er f. eks. indlevet med, at et fosforsyretal på 1 betyder kraftig fosforsyretrang.

Spørgsmålet er da, om man ikke — i stedet for at beregne fosforsyreindholdet pr. ha. — bør korrigere de fundne fosforsyretal ud fra kendskabet til jordens rumvægt. Men denne fremgangsmåde forudsætter, at der vælges en normaljord, hvis fosforsyretal ikke korrigeres. Da der her i landet hidtil er regnet med, at 1 ha er lig 2500 tons jord, modsvarende en litervægt (markvægt) på 1250 g, vil det vel være rimeligt at bibeholde denne litervægt som normal og korrigere analyseresultaterne med en faktor, der er mindre end 1, når litervægten er under 1250 g, større end 1, når litervægten er over 1250 g.

Valget af litervægten 1250 g som normal hviler udelukkende på tradition. Det ville — hvis man da tør regne med, at de foran omtalte rumvægtsbestemmelser fra kalkbehovundersøgelserne er repræsentative — være rimeligere at regne med litervægten 1400 g som normal, idet man derved fik det største antal analyseresultater, der ikke skulde korrigeres. Nogen stor rolle spiller valget af normal-rumvægt vel ikke, og vælges litervægten 1250 g som normal, får man for en jord med litervægten  $Y$  korrektionsfaktoren

$$f = \frac{Y}{1250}$$

Det vil næppe være nødvendigt at beregne denne faktor med større nøjagtighed end 0,05, svarende til en forskel i litervægt (markvægt) på 62,5 g eller en forskel på 125 t/ha.

For fosforsyretallenes vedkommende bliver »springene« da  $10 \cdot F_t$  kg  $P_2O_5$ /ha, for kaliumtallenes vedkommende  $2,4 \cdot T_K$  kg  $K_2O$  pr. ha. Udtrykt på anden måde: springene i fosforsyre- og kaliumtallene bliver 0,5, når disse tal er 10.

Det vil — af hensyn til kontinuiteten — formentlig være rigtigt, om resultaterne af jordbundsanalyserne fortsat udtrykkes på samme måde som hidtil, at laboratoriet altså angiver analyseresultaterne i forhold til en vis vægtmængde jord. Men desuden vil korrektionsfaktoren  $f$  blive angivet, således at man let — om det ønskes — kan korrigere fosforsyre- eller kaliumtallet med hensyntagen til rumvægten.

Når laboratoriet *ikke* bør foretage korrektionen, er det fordi man næppe kan betragte korrektionsfaktoren, bestemt i laboratoriet på lufttørret, pulveriseret og sigtet jord, som andet og mere end et —

ikke alt for sikkert — holdepunkt for en korrektion. Man bør ikke tage alt for håndfast på den fundne korrektionsfaktor. Skulle denne give sikker bestemmelse af, hvor megen plantenæring der i et givet rumfang jord står til planternes rådighed, måtte man bl. a. kunne gå ud fra, at planterødderne gennemvæver jorden lige intensivt i de forskellige jorder. Men dette er næppe tilfældet. Det vil ikke være usandsynligt, om rødderne gennemvæver jorden mere i en let, løs jord end i en svær, fast jord og en ukritisk anvendelse af korrektionsfaktoren — der jo alene beror på rumvægten — vil kunne give en undervurdering af de lette og en overvurdering af de tunge jorder. Fra rodpræparater ved man endvidere, at rødderne forgrener sig mere i næringsrig end i næringsfattig jord og korrektionen burde vel derfor også afhænge af analyse-resultatet, således at korrektionsfaktoren — andre forhold lige — burde vokse med stigende fosforsyre -eller kaliumtal.

Hertil kommer et andet forhold, nemlig usikkerheden ved fra laboratorievægten at omregne til markvægten. Denne sidste vil påvirkes af jordens behandling og for en og samme jord kunne være forskellig i forskellige afgrøder. Som eksempel herpå skal anføres rumvægtsbestemmelser i 2 jordprøver, taget med få meters afstand i vedvarende græs og i roer. Laboratorievægten var henholdsvis 1045 og 1044 g/l, markvægten 1515 og 1209 g/l.

Når nu rumvægtsbestemmelse fremtidig udføres i forbindelse med bestemmelse af fosforsyretal, kaliumtal, mangantal og kobbertal, bør denne bestemmelse, udtrykt gennem en korrektionsfaktor for de anførte analysetal, da ikke ukritisk benyttes til en omregning af disse. Korrektionsfaktoren er alene et udtryk for den i laboratoriet bestemte rumvægt og selv om denne spiller en stor rolle, vel også hovedrollen for den korrektion, laboratorietallene kan underkastes, bør man erindre, at også andre faktorer end rumvægten kan spille ind, når man vil søge frem til en korrekt korrektion.

**Forholdet mellem litervægt, bestemt i laboratoriet, og omregningsfaktor.**

Faktor	Litervægt	Faktor	Litervægt	Faktor	Litervægt	Faktor	Litervægt
0,20	243—380	0,50	640—677	0,80	854— 890	1,10	1085—1130
0,25	380—463	0,55	677—713	0,85	890— 927	1,15	1130—1178
0,30	463—516	0,60	713—748	0,90	927— 966	1,20	1178—1233
0,35	516—563	0,65	748—783	0,95	966—1006	1,25	1233—1310
0,40	563—603	0,70	783—818	1,00	1006—1045	1,30	1310—1416
0,45	603—640	0,75	818—854	1,05	1045—1085	1,35	1416—1566