

ÜBER DIE WASSERAUFNAHMEFÄHIGKEIT DER SAMEN VOM WINTERRÜBSEN, *BRASSICA RAPA* F. *OLEIFERA* SUBF. *BIENNIS*.

VILJO P. HIRSJÄRVI

Staatliches Agrikulturchemisches Laboratorium, Helsinki.

Eingegangen am 12. I. 1952.

Das Staatliche Agrikulturchemische Laboratorium erhielt im Herbst 1950 vom Margarinölkomitee den Auftrag, experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung der Wasseraufnahmefähigkeit der Samen vom Winterrübsen, *Brassica rapa* f. *oleifera* subf. *biennis*, auszuführen. Später wurden diese Untersuchungen auf Anlass des Laboratoriums selbst noch zusätzlich erweitert. Weil den Resultaten vom Standpunkt des Trocknens und der Aufbewahrung des Samengutes sowohl für den Landwirt als für den Samenhandel eine nicht unwesentliche Bedeutung zugeschrieben werden muss, werden sie hier publiziert. Die Versuche wurden im März—Juni 1951 mit Samen aus der Ernte des Jahres 1950 ausgeführt, der dem Laboratorium von der Zentralgenossenschaft Hankkija G.m.b.H. zugestellt worden war.

Der Wassergehalt der Samen wechselt fortdauernd je nach der Feuchtigkeit und Temperatur der umgebenden Luft. Solange die Dampfspannung des von den Samen aufgehaltenen Wassers geringer als die der umgebenden Luft ist, erfolgt Wasseraufnahme, im entgegengesetzten Falle geben die Samen einen Teil ihres Wassers an die Luft ab. Jedem Betrag der relativen Luftfeuchtigkeit entspricht bei den verschiedenen Samen in einer bestimmten Temperatur ein bestimmter Wassergehalt, und dieser Gleichgewichtszustand ist für den betreffenden Samen konstant. Die Geschwindigkeit, womit die Samen diesem Gleichgewichtszustand zustreben, ist abhängig von der aktuellen Grösse der Abweichung und von der Grösse der Berührungsfläche des Samens mit der umgebenden Luft. Je weiter der Wassergehalt des Samens von dem betreffenden Gleichgewichtszustand entfernt ist, desto rascher findet anfangs der Ausgleich statt. Besonders begierig zieht die in den Samen enthaltene Stärke Wasser an (vgl. 1, p. 116), und darum spielt der Stärkegehalt des Samens im Hinblick auf dessen Wasserdampfspannung eine wichtige Rolle. Je grösser der Stärkegehalt, desto geringer ist die Wasserdampfspannung des Samens unter sonst gleichen Bedingungen.

Die Versuche zur Ermittlung des Verhaltens der Wasseraufnahmefähigkeit des Winterrübensamens zur relativen Feuchtigkeit sowie zur Temperatur der Luft wurden folgenderweise ausgeführt (vgl. hierzu 2, p. 19; 3).

In sterilisierte, gläserne Wägegläschen von 5 cm Durchmesser und 3 cm Höhe wurden etwa 5 g möglichst heile Rübensamen eingewogen, die auf dem Boden des Gefäßes eine Schicht von $2\frac{1}{2}$ —3 Samen bildeten. In den Versuchen wurden jedesmal zwei offene Schalen in einen Exsikkator gestellt, an dessen Boden sich mindestens 100 ml einer solchen Salzlösung befanden, dass sich die relative Luftfeuchtigkeit im Exsikkator auf die gewünschte Höhe einstellte. Zur Erreichung des Feuchtigkeitswertes von 100 % bediente man sich destillierten Wassers. Die Versuche wurden bei den Temperaturen $4 \pm 0.5^\circ$, $20 \pm 0.05^\circ$, $30 \pm 0.2^\circ$ und $40 \pm 0.2^\circ$ C ausgeführt. Die benutzten relativen Luftfeuchten erhellten aus Tabelle 1. Zur Regulierung der Luftfeuchtigkeit wurden gemäss der Untersuchungen von EMDEN, TAMMANN, PRIDEAUX und EBERT (4, p. 1383—1385, 1393; 5, p. 2509) durch Interpolation erhaltene Salzlösungen verwendet.

Das bei den Untersuchungen verwendete Natriumchlorid war ein kristallines Produkt (Merck, »Pro analysi«), das Kaliumcarbonat, Calciumchlorid und Ammoniumnitrat waren Laboratoriumschemikalien der Firma May & Baker; beide erstgenannten wasserfrei. Vor der Bereitung der Lösungen wurden das Natriumchlorid und Kaliumcarbonat sicherheitshalber noch bei 105° nachgetrocknet.

Tabelle 1.

| Relat. Feuchtigkeit, % | 4° C | Relat. Feuchtigkeit, % | 20° C | Relat. Feuchtigkeit, % | 30° C | 40° C |
|------------------------|------------------------------|------------------------|---|------------------------|---|---|
| | g Salz in 100 g dest. Wasser | | g Salz in 100 g dest. Wasser | | g Salz in 100 g dest. Wasser | |
| | | | | 50 | 103.00 g K ₂ CO ₃ | 103.94 g K ₂ CO ₃ |
| | | | | 65 | 76.80 » » | 77.80 » » |
| 64.6 | 29.60 g CaCl ₂ | 64.2 | NH ₄ NO ₃ gesätt. | 75 | 35.50 » NaCl | 35.80 » NaCl |
| 74.4 | 24.30 » » | 75 | 36.00 g NaCl | 80 | 28.90 » » | 29.20 » » |
| 79.3 | 21.75 » » | 80 | 29.30 » » | 85 | 22.40 » » | 22.60 » » |
| 84.6 | 18.50 » » | 85 | 22.50 » » | 90 | 15.36 » » | — |
| 100 | 100 » H ₂ O | 100 | 100 » H ₂ O | 100 | 100 » H ₂ O | 100 » H ₂ O |

Sämtliche Wägungen sind mit der Genauigkeit von 0.0001 g ausgeführt worden.

Weil es darauf ankam, auch die Geschwindigkeit zu erfahren, mit welcher die Samen unter den gegebenen Bedingungen den Gleichgewichtszustand erlangen, mussten die Versuchsschalen in Zeitabständen von einigen Tagen gewogen werden. Dabei wurde der Exsikkator jedesmal nur für einen möglichst kurzen Augenblick geöffnet und die Versuchsschalen beim Herausnehmen rasch mit einem geschliffenen Deckel verschlossen. Eine andere Anordnung des Wägens (vgl. 3) erwies sich als schwierig, denn Versuche gaben zur Hand, dass die Lage der Samen in den Gefässen zeitweise geändert werden musste, weil die gefundenen Werte sonst un-

regelmässige Sprünge aufwiesen. Dies rührte offensichtlich davon her, dass, wenn die Samen während des ganzen Versuches undurchmischt in den Schalen lagen, die freie Wasseraufnahme durch ihre aneinander oder an die Gefässwand stossenden Flächen beeinträchtigt war, und darum verursachten die beim Wägen eintretenden geringen Lagenveränderungen der Samen unregelmässige Veränderungen in ihrer Wasseraufnahmefähigkeit. Aus diesem Grunde wurden die Schälchen jedesmal beim Wägen leicht geschwenkt, so dass die Samen eine neue Lage einnahmen. Die Versuche wurden fortgesetzt, bis es wahrscheinlich erschien, dass der Gleichgewichtszustand zwischen dem Wassergehalt der Samen und dem relativen Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Exsikkatorluft erreicht worden war, oder bis die eintretende kräftige Schimmelbildung das Fortsetzen der Versuche zwecklos machte. Nach Beendigung der Versuche wurden die Versuchsschalen, ohne die Samen zu zerkleinern, zuerst 24 Stunden bei Zimmertemperatur im Exsikkator über konz. Schwefelsäure und danach im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd bei 100° getrocknet, und zwar im letzteren Falle während 3 1/2 — 17 1/2 Stunden je nachdem, wie rasch sich der Gleichgewichtszustand zwischen dem Wassergehalt der Samen und der relativen Feuchtigkeit der umgebenden Exsikkatorluft (die dann auf 0 % angesetzt werden dürfte) einstellte. Auf Grund der ermittelten Werte wurden sodann die Veränderungen des Wassergehalts der Samen während des Versuches sowie auch ihr Wassergehalt im Anfang des Versuches berechnet. Nur in wenigen Fällen wurde der Wassergehalt der Samen im Anfang des Versuches direkt bestimmt. Es ergab sich aber dabei, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, stets eine vorzügliche Übereinstimmung mit der am Ende desselben Versuches ausgeführten Bestimmung. Dieselbe Tabelle 2 bringt auch einen Vergleich der befolgten Methode mit einigen gleichzeitig ausgeführten Trockenschrankversuchen, bei denen die Bestimmungen unter Einleiten von Kohlendioxyd in die Schränke erfolgte. Es ergibt sich, dass die angewandte Methode die gestellten Ansprüche bezüglich Effektivität und Genauigkeit erfüllt. Aus der Tabelle ist ferner zu ersehen, dass sich ein Zermahlen des Rübensamens bei der Bestimmung seines Wassergehalts erübrigt.

Tabelle 2.

| | Wasser, % |
|--|-------------|
| Im vorliegenden befolgte Methode | 7.01 ± 0.03 |
| Dieselbe Methode im Beginn des Versuches | 7.16 ± 0.03 |
| Im vorliegenden befolgte Methode | 7.07 ± 0.03 |
| 4 st bei 105° ungemahlen im Trockenschrank | 7.01 ± 0.00 |
| 1 st bei 130° » » » | 7.08 ± 0.00 |
| 4 st bei 105° gemahlen » » | 7.10 ± 0.01 |
| 1 st bei 130° » » » | 7.11 ± 0.01 |

Die Resultate der Versuche sind in den Tabellen 3—6 zusammengefasst, in denen die Menge des vom Winterrübensamen aufgehaltene Wassers in Prozenten vom Samengewicht angegeben ist.

Tabelle 3.

| Zeit | Wassergehalt in Prozenten bei 4° C und bei folgender relat. Feuchtigkeit | | | | |
|---------------------|--|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| | 64.6 % (Kurve I) | 74.4 % (Kurve II) | 79.3 % (Kurve III) | 84.6 % (Kurve IV) | 100 % (Kurve V) |
| Urspr. Feuchtigkeit | 6.93 ± 0.02 | 7.16 ± 0.02 | 6.86 ± 0.03 | 7.09 ± 0.08 | 6.94 ± 0.01 |
| 2 Tage | 8.23 ± 0.01 | 9.22 ± 0.01 | 9.07 ± 0.12 | 10.43 ± 0.29 | 11.46 ± 0.10 |
| 3 » | — | — | 9.37 ± 0.10 | 11.06 ± 0.30 | 12.77 ± 0.06 |
| 5 » | 8.32 ± 0.03 | 10.29 ± 0.08 | 9.92 ± 0.01 | 11.81 ± 0.14 | — |
| 6 » | — | — | — | — | 15.43 ± 0.00 |
| 8 » | 8.39 ± 0.03 | 10.69 ± 0.12 | — | — | 16.50 ± 0.09 |
| 9 » | 8.37 ± 0.03 | — | 10.62 ± 0.02 | 12.85 ± 0.01 | 16.96 ± 0.08 |
| 11 » | 8.40 ± 0.02 | — | — | — | 17.71 ± 0.07 |
| 12 » | 8.42 ± 0.02 | 10.90 ± 0.16 | 10.87 ± 0.02 | 13.39 ± 0.17 | — |
| 13 » | — | — | 11.06 ± 0.06 | 13.46 ± 0.14 | — |
| 14 » | 8.47 ± 0.02 | 10.94 ± 0.15 | 11.16 ± 0.08 | — | 18.65 ± 0.03 |
| 15 » | 8.50 ± 0.02 | 11.01 ± 0.15 | 11.25 ± 0.09 | — | 18.86 ± 0.04 |
| 17 » | — | 11.05 ± 0.15 | 11.48 ± 0.01 | — | 19.22 ± 0.05 |
| 18 » | 8.72 ± 0.01 | 11.14 ± 0.18 | — | — | — |
| 19 » | — | — | — | 14.00 ± 0.43 | — |
| 20 » | — | — | 11.70 ± 0.00 | — | 19.84 ± 0.08 |
| 22 » | 8.74 ± 0.02 | 11.21 ± 0.01 | 11.77 ± 0.04 | 14.05 ± 0.01 | 20.13 ± 0.06 |
| 23 » | — | — | — | 14.01 ± 0.09 | — |
| 25 » | — | 11.22 ± 0.03 | 11.86 ± 0.01 | — | 20.48 ± 0.03 |
| 27 » | — | — | 11.90 ± 0.00 | — | 20.59 ± 0.12 |
| 29 » | — | — | 12.04 ± 0.02 | — | 20.56 ± 0.17 |
| 30 » | — | — | 11.97 ± 0.03 | — | — |

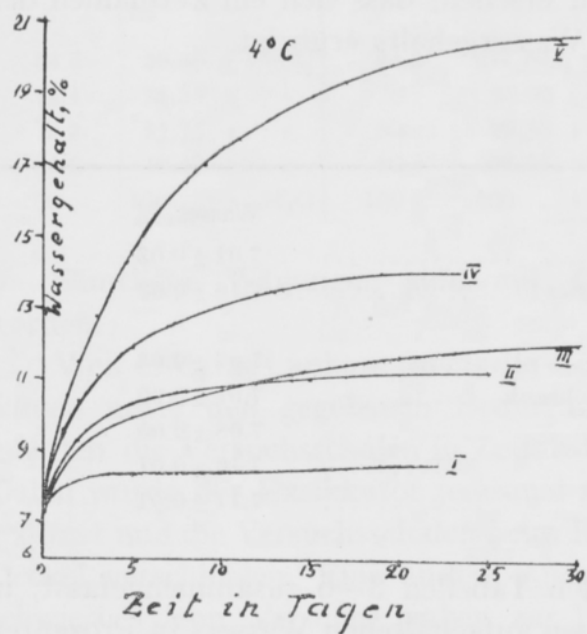


Abb. 1.

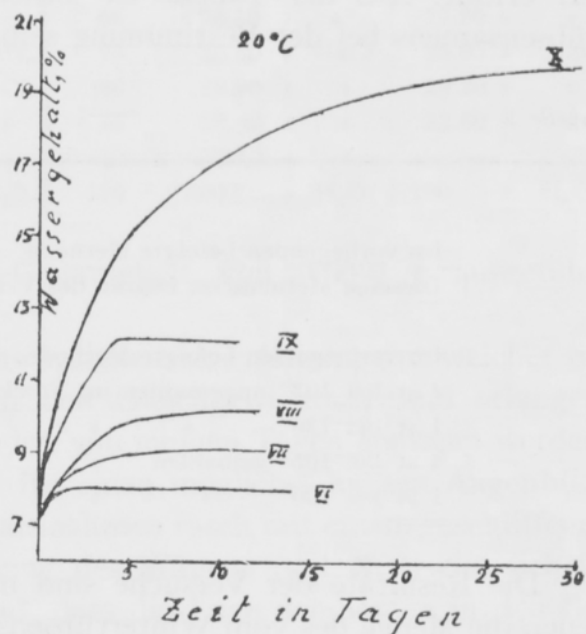


Abb. 2.

Tabelle 4.

| Zeit | Wassergehalt in Prozenten bei 20° C und bei folgender relat. Feuchtigkeit | | | | |
|--------------------------|---|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | 64.2 % (Kurve VI) | 75 % (Kurve VII) | 80 % (Kurve VIII) | 85 % (Kurve IX) | 100 % (Kurve X) |
| Urspr. Feuch- tigkeit | 7.19 ± 0.00 | 6.81 ± 0.01 | 7.19 ± 0.04 | 7.13 ± 0.08 | 7.42 ± 0.02 |
| 2 Tage | 7.96 ± 0.01 | 8.48 ± 0.04 | 8.87 ± 0.01 | 10.21 ± 0.00 | 12.27 ± 0.02 |
| 4 » | 7.98 ± 0.01 | 8.73 ± 0.02 | 9.65 ± 0.01 | 12.30 ± 0.13 | 14.31 ± 0.17 |
| 5 » | 7.96 ± 0.01 | — | — | — | 15.00 ± 0.13 |
| 6 » | 7.94 ± 0.02 | 9.03 ± 0.08 | 9.95 ± 0.02 | 12.17 ± 0.03 | — |
| 8 » | 7.92 ± 0.01 | 9.12 ± 0.03 | 10.07 ± 0.05 | — | 16.59 ± 0.05 |
| 9 » | 7.93 ± 0.02 | — | 10.14 ± 0.07 | 12.17 ± 0.07 | 16.87 ± 0.05 |
| 11 » | 7.96 ± 0.02 | — | 10.19 ± 0.14 | 12.11 ± 0.03 | 17.46 ± 0.04 |
| 12 » | 7.98 ± 0.03 | 9.04 ± 0.01 | 10.12 ± 0.13 | — | 17.75 ± 0.02 |
| 14 » | 7.98 ± 0.03 | — | — | — | 18.33 ± 0.03 |
| 16 » | — | — | — | — | 18.64 ± 0.01 |
| 17 » | — | — | — | — | 18.75 ± 0.02 |
| 19 » | — | — | — | — | 19.04 ± 0.08 |
| 21 » | — | — | — | — | 19.31 ± 0.09 |
| 24 » | — | — | — | — | 19.62 ± 0.09 |
| 25 » | — | — | — | — | 19.69 ± 0.09 |
| 27 » | — | — | — | — | 19.78 ± 0.13 |
| 29 » | — | — | — | — | 19.81 ± 0.12 |
| 30 » | — | — | — | — | 19.78 ± 0.12 |

Tabelle 5.

| Zeit | Wassergehalt in Prozenten bei 30° C und bei folgender relat. Feuchtigkeit | | | | | | |
|------------------------|---|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| | 50 % (Kurve XI) | 65 % (Kurve XII) | 75 % (Kurve XIII) | 80 % (Kurve XIV) | 85 % (Kurve XV) | 90 % (Kurve XVI) | 100 % (Kurve XVII) |
| Urspr. Feuchtigkeit | 6.90 ± 0.00 | 6.90 ± 0.00 | 7.38 ± 0.08 | 7.30 | 7.36 | 7.75 ± 0.01 | 7.95 ± 0.10 |
| 2 Tage | 6.43 ± 0.03 | — | 9.17 ± 0.06 | 9.77 ± 0.00 | 11.90 ± 0.17 | 13.23 ± 0.15 | 14.80 ± 0.73 |
| 3 » | 6.39 ± 0.02 | 8.11 ± 0.09 | — | — | — | — | 16.79 ± 0.58 |
| 4 » | — | 7.91 ± 0.02 | 9.34 ± 0.00 | 10.30 ± 0.01 | 12.74 ± 0.14 | 15.06 ± 0.15 | 18.25 ± 0.23 |
| 5 » | 6.34 ± 0.02 | — | — | — | — | — | — |
| 6 » | — | 7.84 ± 0.01 | 9.30 ± 0.10 | 10.46 ± 0.09 | 12.86 ± 0.18 | 15.80 ± 0.15 | 20.19 ± 0.25 |
| 7 » | 6.32 ± 0.02 | — | — | — | — | 15.81 ± 0.12 | 21.15 ± 0.36 |
| 8 » | — | 7.81 ± 0.01 | 9.34 ± 0.01 | 10.47 ± 0.09 | 12.89 ± 0.26 | — | 21.77 ± 0.13 |
| 9 » | 6.29 ± 0.02 | — | 9.34 ± 0.01 | — | 12.90 ± 0.03 | — | — |
| 11 » | — | 7.77 ± 0.03 | 9.32 ± 0.01 | 10.43 ± 0.06 | 12.86 ± 0.19 | — | 23.11 ± 0.17 |
| 12 » | 6.26 ± 0.02 | — | — | — | — | — | — |
| 14 » | 6.24 ± 0.02 | 7.78 ± 0.00 | — | — | — | — | — |
| 17 » | 6.22 ± 0.03 | — | — | — | — | — | — |

Tabelle 6.

| Zeit | Wassergehalt in Prozenten bei 40° C und bei folgender relat. Feuchtigkeit | | | | | |
|--------------------------|---|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| | 50 % (Kurve XVIII) | 65 % (Kurve XIX) | 75 % (Kurve XX) | 80 % (Kurve XXI) | 85 % (Kurve XXII) | 100 % (Kurve XXIII) |
| Urspr. Feuch- tigkeit | 7.17 ± 0.02 | 6.97 ± 0.03 | 7.09 ± 0.12 | 7.03 ± 0.09 | 7.08 | 10.00 ± 0.10 |
| 2 Tage | 6.30 ± 0.04 | 7.89 ± 0.07 | 9.28 ± 0.36 | 10.24 ± 0.12 | 12.53 ± 0.10 | 23.13 ± 0.21 |
| 4 » | 6.24 ± 0.05 | 7.86 ± 0.04 | 9.26 ± 0.12 | 10.50 ± 0.12 | 12.78 ± 0.37 | 27.60 ± 0.13 |
| 6 » | — | — | 9.28 ± 0.34 | 10.40 ± 0.31 | — | 30.15 ± 0.43 |
| 8 » | 6.18 ± 0.04 | 7.72 ± 0.04 | — | — | — | 31.67 ± 0.30 |
| 9 » | — | 7.73 ± 0.03 | — | — | 12.37 ± 0.33 | 31.99 ± 0.30 |
| 11 » | 6.13 ± 0.03 | — | 9.16 ± 0.12 | — | — | — |
| 14 » | 6.09 ± 0.05 | — | — | — | — | — |
| 17 » | 6.08 ± 0.04 | — | — | — | — | — |
| 18 » | 6.04 ± 0.05 | — | — | — | — | — |

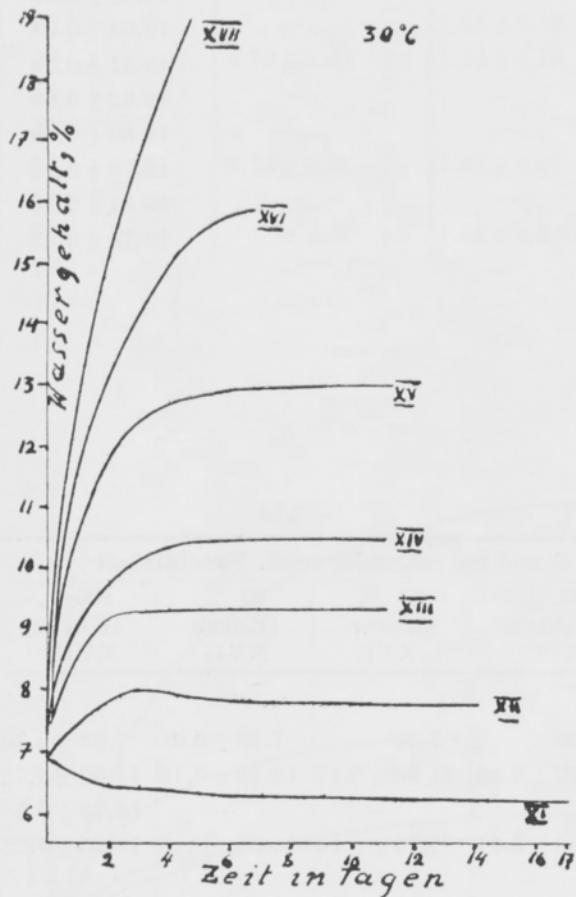


Abb. 3.

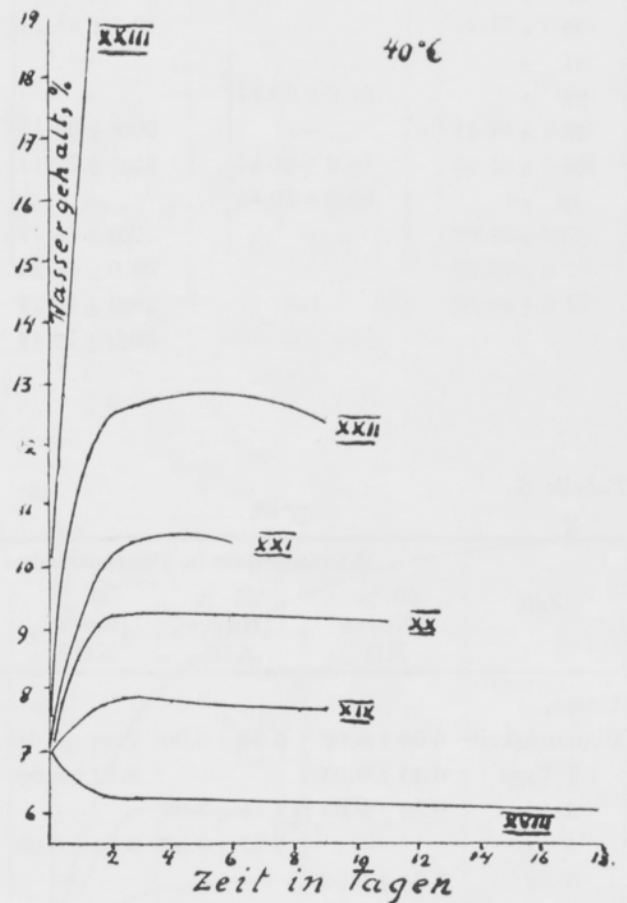


Abb. 4.

Schimmel stellte sich bei 85 % Luftfeuchtigkeit bei 30° und 40° C in 8, bei 90 % und 30° C in 7 und bei 100 % und 20° C in 10, 30° C in 7 und 40° C in 4 Tagen ein. In den zwei letztgenannten Fällen war die Schimmelbildung so kräftig, dass der

Gleichgewichtszustand zwischen dem Wassergehalt des Samens und der relativen Feuchtigkeit der Luft überhaupt nicht erreicht wurde.

Einen klareren Begriff von den Versuchsergebnissen gewähren die nach den Tabellen gezeichneten Kurven in Abb. 1—4.

Die kurze Zeit, während welcher der Exsikkator bei den Wägungen offen stand, scheint jedenfalls keine erwähnenswerte Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit im Exsikkator hervorgerufen zu haben, ausser vielleicht in den Versuchen mit 80 % und 85 % bei 40° C, denn in sämtlichen anderen Versuchen verblieb die Menge des von den Samen aufgehaltenen Wassers nach einmal erlangtem Gleichgewichtszustand ziemlich unverändert. Um besseren Aufschluss hierüber zu erhalten, wurden bei 30° und 40° C auch einige solche Versuche ausgeführt, bei denen die Zwischenwägungen gänzlich ausblieben und der Exsikkator also während des ganzen Versuches geschlossen blieb. Die Resultate dieser Versuche sind in Tabelle 7 wiedergegeben.

Tabelle 7.

| Zeit | Wassergehalt in Prozenten bei 30°C und bei 80 % relat. Feuchtigkeit | Wassergehalt in Prozenten bei 40° C und bei folgender relat. Feuchtigkeit | | |
|---------------------|---|---|--------------|--------------|
| | | 75 % | 80 % | 85 % |
| Urspr. Feuchtigkeit | 7.39 ± 0.13 | 7.04 ± 0.00 | 7.01 ± 0.12 | 7.03 |
| 11 Tage | 10.67 ± 0.09 | 7.92 ± 0.02 | 10.28 ± 0.10 | 11.73 ± 0.06 |

Auch in diesen Versuchen wurde bei 40° C und 85 % Luftfeuchtigkeit Schimmelbildung festgestellt. Die Versuche gaben annähernd das gleiche oder ein deutlich niedrigeres Resultat als die Versuche mit eingeschalteten Zwischenwägungen. Die niedrigeren Resultate waren offenbar durch dieselben eingangs erwähnten Gründe verursacht, die eine Durchmischung der Samen während des Versuches notwendig machten.

Dass das rasche Öffnen des Exsikkators tatsächlich nicht viel auf den relativen Feuchtigkeitsgehalt der im Exsikkator eingeschlossenen Luft einwirken dürfte, geht auch daraus hervor, dass die in den 4500—9000 cm³ fassenden Exsikkatoren der Versuche bei 40° C und 85 % relat. Feuchtigkeit enthaltene Luft in ihrer Gänze 40—20mal gegen die Luft des Zimmers (20° C, 50 %) ausgetauscht werden müsste, ehe die relat. Feuchtigkeit im Exsikkator um einen Prozent sinken würde.

Die ausgeführten Versuche zeigen, dass bei ziemlich unbehindertem Zutritt des Wasserdampfes der Luft der Wassergehalt des Rübensamens binnen einiger Tage das Gleichgewicht mit der betreffenden relat. Luftfeuchtigkeit erlangt, ausser bei Luftfeuchtigkeiten nahe 100 %, wo die dazu benötigte Zeit länger ist. Das Gleichgewicht stellt sich bei bestimmter relat. Feuchtigkeit um so schneller ein, je höher die Temperatur ist. Anfangs vollzieht sich die Veränderung des Wassergehalts sehr rasch, so dass bei 30° und 40° C schon binnen etwa 24 Stunden der halbe maximale Wassergehalt erreicht wird. Bei 4° und 20° C vergehen hierzu dagegen 1—5 Tage. In 100 % bei 20° C war die Schimmelbildung so unbedeutend, dass sie offenbar keinen

erwähnenswerten Einfluss auf die Erlangung der Gleichgewichtslage hatte, trotzdem der Versuch noch mehrere Tage nach dem Erscheinen des Schimmels fortgesetzt werden musste. Vielleicht ist jedoch der Wassergehalt der Samen in diesem Falle in der Gleichgewichtslage ein wenig zu hoch. Bei 4° C und 79.3 % ist bei der Ausführung des Versuches offenbar eine geringe Störung eingetreten, die sich wahrscheinlich auf ungleichmässige Vermischung des Samens zurückführen lässt.

Auf Grund der im vorhergehenden mitgeteilten Versuchsergebnisse lassen sich die dem Wassergehalt des Winterrübensamens entsprechende Dampfspannung und relat. Luftfeuchtigkeit durch die in Tabelle 8 mitgeteilten Zahlen angeben.

Weil es vom Standpunkt der Praxis wichtig ist, die Abhängigkeit der Dampfspannung und der relat. Luftfeuchtigkeit von der Temperatur bei gleichem Wassergehalt der Samen zu kennen, ist zur Veranschaulichung dieses Verhältnisses die Tabelle 9 zusammengestellt worden.

Tabelle 8.

| Relat. Feuchtigkeit, % | 4° C | | Relat. Feuchtigkeit, % | 20° C | | Relat. Feuchtigkeit, % | 30° C | | 40° C | |
|------------------------|----------|------------------|------------------------|----------|------------------|------------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| | Wasser % | Dampfspannung mm | | Wasser % | Dampfspannung mm | | Wasser % | Dampfspannung mm | Wasser % | Dampfspannung mm |
| 64.6 | 8.74 | 3.94 | 64.2 | 7.98 | 11.26 | 50 | 6.22 | 15.91 | 6.04 | 27.66 |
| 74.4 | 11.22 | 4.54 | 75 | 9.12 | 13.15 | 65 | 8.11 | 20.69 | 7.89 | 35.96 |
| 79.3 | 12.04 | 4.84 | 80 | 10.19 | 14.03 | 75 | 9.34 | 23.87 | 9.28 | 41.49 |
| 84.6 | 14.05 | 5.16 | 85 | 12.30 | 14.90 | 80 | 10.47 | 25.46 | 10.50 | 44.26 |
| 100 | 20.59 | 6.10 | 85 | 12.30 | 14.90 | 85 | 12.90 | 27.05 | 12.78 | 47.03 |
| | | | 100 | 19.81 | 17.53 | 90 | 15.81 | 28.64 | — | — |

Tabelle 9.

| Wasser % | 4° C | | 20° C | | 30° C | | 40° C | |
|----------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| | Dampfspannung mm | Relat. Feuchtigkeit, % | Dampfspannung mm | Relat. Feuchtigkeit, % | Dampfspannung mm | Relat. Feuchtigkeit, % | Dampfspannung mm | Relat. Feuchtigkeit, % |
| 6 | — | — | — | — | — | — | 27.5 | 49.7 |
| 7 | — | — | — | — | 17.9 | 56.2 | 32.0 | 57.8 |
| 8 | — | — | 11.3 | 64.3 | 20.4 | 64.1 | 36.4 | 65.8 |
| 9 | 4.0 | 65.6 | 13.0 | 73.9 | 23.0 | 72.2 | 40.4 | 73.0 |
| 10 | 4.2 | 69.6 | 13.9 | 79.1 | 24.8 | 78.0 | 43.1 | 78.0 |
| 11 | 4.5 | 73.5 | 14.4 | 81.9 | 25.8 | 81.1 | 44.9 | 81.1 |
| 12 | 4.8 | 79.1 | 14.8 | 84.3 | 26.5 | 83.2 | 46.1 | 83.3 |
| 13 | 5.0 | 81.8 | 15.2 | 86.4 | 27.1 | 85.2 | 47.3 | 85.5 |
| 14 | 5.2 | 84.5 | 15.5 | 88.4 | 27.7 | 86.9 | — | — |
| 15 | 5.3 | 86.8 | 15.9 | 90.4 | 28.2 | 88.6 | — | — |
| 16 | 5.4 | 89.2 | 16.2 | 92.4 | — | — | — | — |
| 17 | 5.6 | 91.5 | 16.5 | 94.4 | — | — | — | — |
| 18 | 5.7 | 93.9 | 16.9 | 96.4 | — | — | — | — |
| 19 | 5.9 | 96.3 | 17.3 | 98.4 | — | — | — | — |
| 20 | 6.0 | 98.6 | — | — | — | — | — | — |

Abb. 5 zeigt in graphischer Darstellung die Abhängigkeit des Wassergehalts des Winterrübensamens von der Dampfspannung und Abb. 6 ebenso dieselbe von der relat. Feuchtigkeit der Luft.

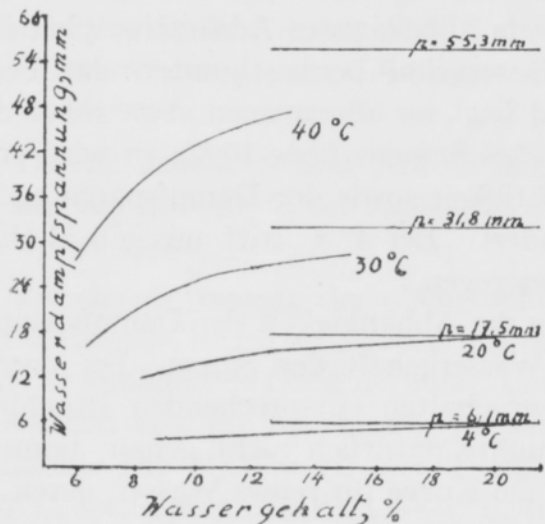


Abb 5.

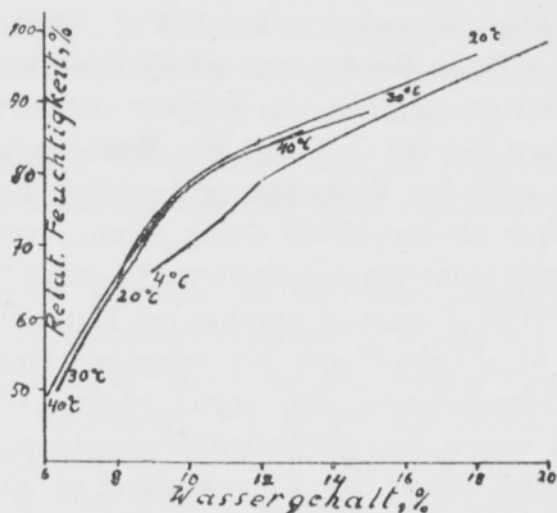


Abb. 6.

In Abb. 5 ist auch die in den entsprechenden Temperaturen herrschende Dampfspannung p über reinem Wasser eingezeichnet. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Winterrübensamens scheint sich gut damit zu decken, was man über die Wasseraufnahmefähigkeit der elastischen Gele weiss. Bei den vorliegenden Versuchen wurde bei 30° und 40° C der Gleichgewichtszustand im Wassergehalt der Samen bei 50 % relat. Feuchtigkeit durch Trocknen der Samen erlangt, während in sämtlichen

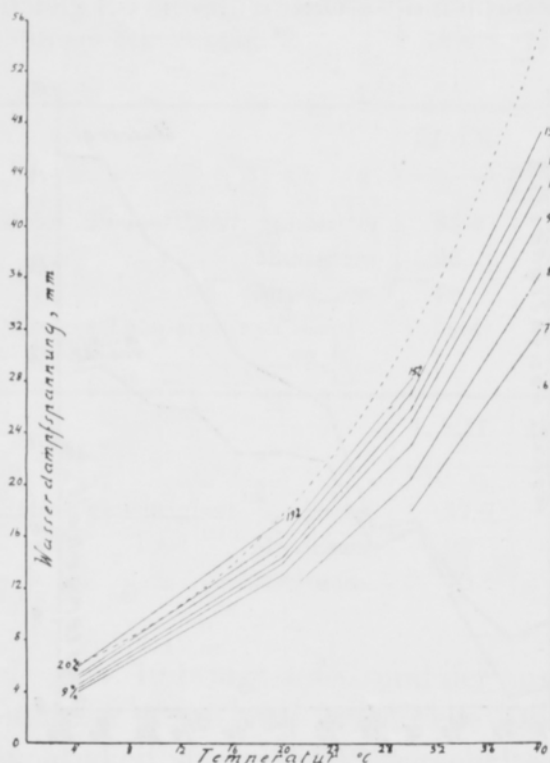


Abb. 7.

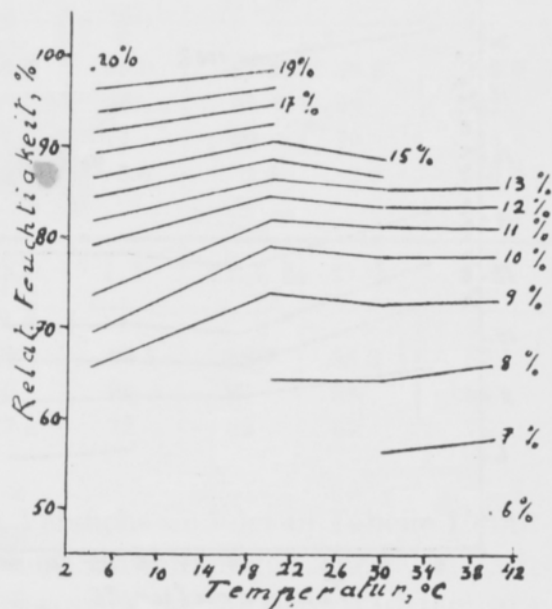


Abb. 8.

übrigen Fällen die Samen Wasser zusätzlich aufnehmen. Irgendeine Hysteresis-Erscheinung als Folge davon ist indessen nicht zu verzeichnen.

Bei 20° C ist der Wassergehalt des Rübensamens bei bestimmter relat. Luftfeuchtigkeit geringer als bei 4° C. Dies ist ein allbekanntes Adsorptionsphänomen (vgl. z.B. 3). Bei 30° und bei 40° C ist der Wassergehalt bei bestimmter relat. Feuchtigkeit grossenteils von gleicher Grösse und liegt im allgemeinen etwas über demjenigen bei 20° C. Steigt der Wassergehalt des Samens über 10 %, so wird er bei 20—40° C bei Veränderung der relat. Feuchtigkeit sowie der Dampfspannung weit stärker als unterhalb dieser Grenze verändert. Bei 4° C tritt uns ein ähnlicher Sprung beim Wassergehaltswert von 12 % entgegen.

Abb. 7 zeigt in graphischer Darstellung die Abhängigkeit der Dampfspannung von der Temperatur bei unverändertem Wassergehalt der Samen. Die daselbst wiedergegebenen, den verschiedenen Wassergehalten entsprechenden Bruchlinien sind wegen der spärlichen Beobachtungspunkte natürlich nicht genau, immerhin ziemlich brauchbar. Eingezeichnet ist auch die Kurve für reines Wasser, deren Verlauf die Bruchlinien annähernd folgen.

Es ist oft praktischer, statt der Abhängigkeit der absoluten Luftfeuchtigkeit die der relativen Luftfeuchtigkeit von der Temperatur bei unverändertem Wassergehalt des Samens zu kennen. Diese ist graphisch in Abb. 8 dargestellt. Wie oben bereits erwähnt wurde, ist infolge des Adsorptionsphänomens der Wassergehalt des Winterrübensamens bei 4° C niedriger als bei 20° C bei gleicher relat. Feuchtigkeit. Dieser Unterschied ist im allgemeinen um so grösser, je geringer die relat. Feuchtigkeit. Bei bestimmtem Wassergehalt ist der Prozentbetrag der relat. Feuchtigkeit im Ausführungsbereich der Versuche bei 4° C um 2.1—9.5 % niedriger als bei 20° C. Im Temperaturbereich von 30—40° C geben die Samen des Winterrübens bei gleich-

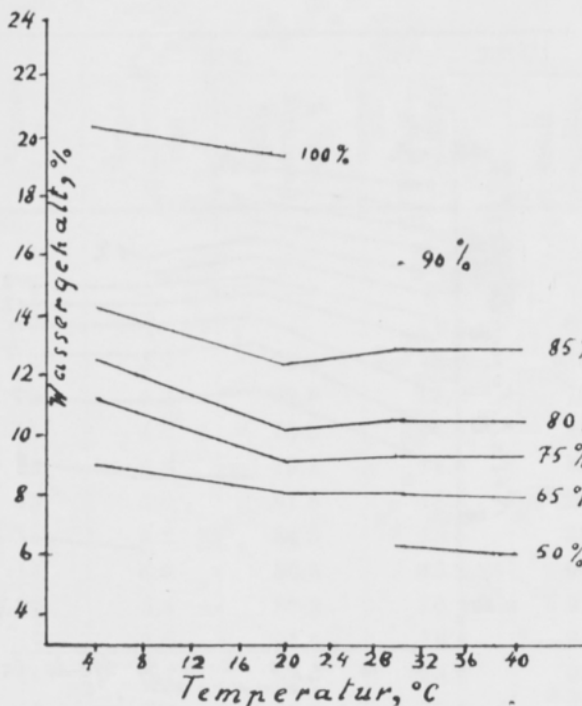


Abb. 9.

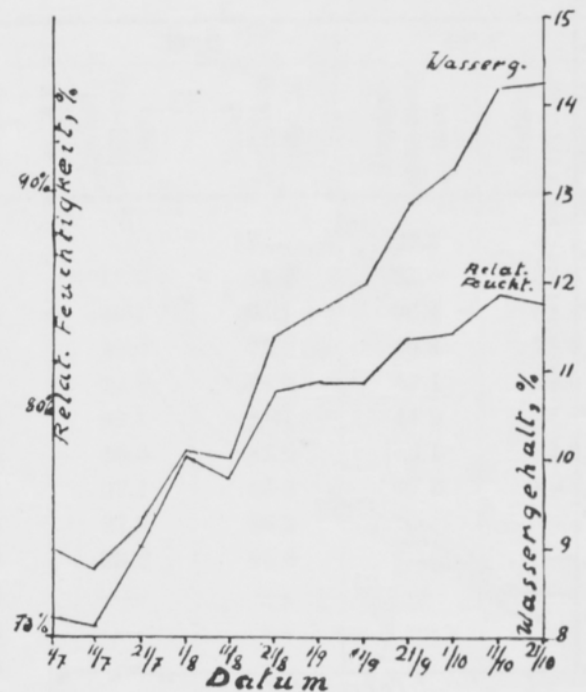


Abb. 10.

bleibender relat. Feuchtigkeit, praktisch genommen, weder Wasser ab, noch nehmen sie solches auf. Die Schwankungen im Wassergehalt belaufen sich dann auf nur 0.05—0.2 %. Das aus Abb. 8 gewonnene anschauliche Bild von diesen Verhältnissen wird noch weiterhin durch Abb. 9 verdeutlicht, in welcher die Temperaturabhängigkeit des Wassergehalts bei unveränderter relat. Luftfeuchtigkeit graphisch dargestellt ist.

Die in Tabelle 9 und Abb. 8 mitgeteilten Werte lassen sich im Temperaturbereich von 20—40° C bei vorsichtiger Handhabung offenbar auch zur Extrapolation verwenden.

Zwecks Anpassung der obengeschilderten Versuche an finnische Verhältnisse wird in Tabelle 10 nach Angaben aus dem Imlala-Observatorium in Pasila bei Helsinki der annähernde Gang der relat. Luftfeuchtigkeit sowie der Temperatur daselbst in Dekaden von Juli bis einschl. Januar als Mittelwerte für die Periode 1911—1940 mitgeteilt. Die Mittelwerte der Temperaturmaxima lagen im Juli—August etwa 4—5° C, im September etwa 3—4° C, im Oktober 2—3° C und im November etwa 2° C über der mittleren Temperatur. Im Dezember—Januar lag die mittlere Temperatur unter 0° C.

Tabelle 10.

| | 1. VII. | 11. VII. | 21. VII. | 1. VIII. | 11. VIII. | 21. VIII. | 1. IX. | 11. IX. |
|--------------------------------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|--------|---------|
| Relat. Feuchtigkeit, %, Mittel | 70.8 | 70.5 | 74.0 | 78.0 | 77.2 | 81.0 | 81.4 | 81.4 |
| » » Maximum | 95 | 94 | 92 | 96 | 95 | 96 | 93 | 92 |
| » » Minimum | 50 | 56 | 51 | 52 | 63 | 65 | 66 | 67 |
| Mittlere Temperatur, °C | 16.6 | 17.8 | 17.6 | 17.0 | 16.6 | 14.5 | 13.0 | 10.6 |

| | 21. IX. | 1. X. | 11. X. | 21. X. | 1. XI. | 11. XI. | 21. XI. |
|--------------------------------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Relat. Feuchtigkeit, %, Mittel | 83.4 | 83.7 | 85.5 | 85.0 | 87.3 | 89.2 | 89.9 |
| » » Maximum | 96 | 98 | 96 | 95 | 98 | 99 | 97 |
| » » Minimum | 70 | 65 | 67 | 74 | 69 | 70 | 76 |
| Mittlere Temperatur, °C | 9.4 | 7.5 | 5.9 | 3.6 | 2.0 | 2.0 | —0.2 |

| | 1. XII. | 11. XII. | 21. XII. | 1. I. | 11. I. | 21. I. | 1. II. |
|--------------------------------|---------|----------|----------|-------|--------|--------|--------|
| Relat. Feuchtigkeit, %, Mittel | 87.0 | 87.3 | 88.2 | 89.3 | 88.7 | 85.2 | 87.1 |
| » » Maximum | 98 | 100 | 100 | 98 | 97 | 98 | 99 |
| » » Minimum | 70 | 76 | 77 | 72 | 69 | 57 | 76 |

Abb. 10 bringt auf Grund der ausgeführten Versuche und der in Tabelle 10 mitgeteilten Werte eine graphische Darstellung der Schwankungen der relat. Luftfeuchtigkeit sowie des Wassergehalts des Rübsensamens bei mittlerer Lufttemperatur in Finnland in der Zeit vom 1. Juli bis zum 21. Oktober. Nach der nimmt der

Wassergehalt des Samens während der genannten Zeit einzig dank der aus der umgebenden Luft aufgenommenen Feuchtigkeit von 9.0 % auf 14.2 % zu. Das Diagramm deutet indessen nur die allgemeine Richtung an, in Wirklichkeit sind da selbst beträchtliche Abweichungen vorhanden, reagiert doch, wie wir gesehen haben, der Wassergehalt des Winterrübensamens empfindlich auf die Veränderungen der relat. Luftfeuchtigkeit. Der Wassergehalt des Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer- und Maiskorns ist bei 70—85 % relat. Luftfeuchtigkeit weit grösser, bei Feuchtigkeitswerten über 75 % steigt aber der Wassergehalt des Winterrübensamens bedeutend schroffer an (vgl. z.B. 1, p. 49, 116—120), so dass er bei Feuchtigkeitswerten nahe 100 % im Temperaturbereich von 4—20° C ungefähr den Betrag des Getreidekorns erreicht. Als ein Beispiel von der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Wassergehalt des Winterrübensamens schon im Verlauf eines einzigen Tages verändern kann, möge erwähnt werden, dass, wenn nach mehr als gewöhnlich strenger Dürre, während welcher der Wassergehalt der Samen auf 7 % herabgesunken ist, die relat. Luftfeuchtigkeit plötzlich auf 100 % ansteigt, der Wassergehalt des Rübensamens bei 20° C schon im Verlauf von 24 Stunden den Wert von 10.4 % erreicht. Eine derart rasche Veränderung des Wassergehalts ist indessen möglich nur bei allseitigem freiem Zutritt der Luft zum Samen. Wie es sich in den tiefen Schichten des Samengutes, in Säcken, Speichern u.dgl.m. verhält, erfordert besonders untersucht zu werden. Möglicherweise vollziehen sich die Veränderungen auch in diesem Falle unter hiesigen Durchschnittsverhältnissen rascher als beim Getreide. Eine grosse Bedeutung kommt dabei dem Umstand zu, wie dicht die Samen den betreffenden Raum ausfüllen. Von uns ausgeführte Versuche mit Winterrübensamen haben gezeigt, dass bei nicht besonders fester Lagerung des Samengutes zwischen den Samen ein Luftzwischenraum von etwa 39 % bestehen bleibt.

Bei der Ausführung der vorliegenden Untersuchung sind mir Mag. phil. BIRGIT SALOVIUS und Pharmazeut ANNA-LIISA LANU behilflich gewesen. Ihnen sei hierfür an dieser Stelle bestens gedankt.

L I T E R A T U R.

- (1) HOFFMANN, J. F. und MOHS, K. 1931. Das Getreidekorn, I, Berlin.
 - (2) OXLEY, T. A. 1948. The scientific principles of grain storage, Liverpool,
 - (3) GANE, R. 1941. The water content of wheats as a function of temperature and humidity. Journ. Soc. chem. Ind. 60, 45.
 - (4) LANDOLT-BÖRNSTEIN 1923. Physikalisch-Chemische Tabellen II, 5 Aufl., Berlin.
 - (5) LANDOLT-BÖRNSTEIN 1936. Physikalisch-Chemische Tabellen, Dritter Ergänzungsband III, 5 Aufl., Berlin.
-

S E L O S T U S.

SYYSRYPSIN, *BRASSICA RAPA* F. *OLEIFERA* SUBF. *BIENNIS*, SIEMENTEN VEDENSITOMISKYVYSTÄ.

VILJO P. HIRSJÄRVI

Valtion maanviljelyskemiallinen laboratorio, Helsinki.

Taulukoissa 3—6 sekä kuvissa 1—4 on esitetty syysrypsin siementen vedensitomiskyvyn vaihtelut erilaisissa lämpötiloissa ja ilman suhteellisissa kosteuksissa. Taulukoissa 8 ja 9 sekä kuvissa 5—9 on esitetty syysrypsin siementen vesipitoisuuden ja vastaavan höyrinpaineen riippuvaisuus ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta. Koetulokset osoittavat, että syysrypsin siementen vesipitoisuus on 70—85 %:n suhteellisessa kosteudessa huomattavasti pienempi kuin vehnän, rukiin, ohran, kauran tai maissin. Suhteellisen kosteuden noustessa yli 75 %:n muuttuu syysrypsin siementen vesipitoisuus kuitenkin paljon nopeammin, niin että suhteellisen kosteuden lähestyessä 100 %:a saavuttaa niiden vesipitoisuus 4—20° C:n lämpötilassa jokseenkin saman arvon kuin viljakin. Esimerkkinä siitä nopeudesta, jolla syysrypsin siementen vesipitoisuus saattaa muuttua jo yhden vuorokauden kuluessa, mainittakoon, että jos on ollut tavallista kuivempaa, niin että vesipitoisuus on laskenut 7 %:iin ja tämän jälkeen suhteellinen kosteus nousee 100 %:iin, muuttuu siementen vesipitoisuus lämpötilan ollessa 20° C jo yhden vuorokauden kuluessa 10.4 %:iin. 20—40° C:ssa eivät syysrypsin siemenet paljoakaan ota eivätkä luovuta vettä suhteellisen kosteuden pysyessä muuttumattomana. Lämpötilan laskiessa 4° C:een niiden vesipitoisuus kuitenkin selvästi kasvaa. Vesipitoisuuden noustua 10—12 %:iin kasvaa siementen vesipitoisuus suhteellisesti nopeammin ilman suhteellisen kosteuden edelleen kasvaessa. Siementen vesipitoisuuden muutokset tapahtuvat sitä nopeammin mitä korkeampi on lämpötila. Kokeissa todettiin myös syysrypsin siementen suhteellisen herkkä homehtuvaisuus.

Koetulosten soveltamista varten Suomessa vallitseviin olosuhteisiin on taulukossa 10 esitetty suhteellisen kosteuden ja lämpötilan likimääräinen vaihtelu Pasilassa heinä-tammikuun aikana vuosina 1911—1940. Kuvasta 10 käy ilmi, että syysrypsin siementen vesipitoisuus lisääntyy tämän mukaan heinäkuun alusta lokakuun 21 päivään mennessä yksinomaan ilmasta sitomansa veden perusteella keskimäärin 9.0 %:sta 14.2 %:iin. Tämä kuvaa luonnollisesti kuitenkin vain muutoksen yleistä suuntaa.

Syysrypsin siementen vesipitoisuus pääsee kuitenkin muuttumaan edellä esitetyllä tavalla vain vapaasti ilman kanssa kosketuksiin joutuviissa siemenissä. Miten nopeasti muutokset tapahtuvat vahvojen siemenkerrosten sisällä, kuten säikeissä, laareissa y.m.:ssa, vaatii oman tutkimuksensa.