

Ueber die Keimung von Pinus Strobus unter besonderer Berücksichtigung der Herkunft des Samens

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich
zur Erlangung der
Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte
Promotionsarbeit
vorgelegt von
Rudolf Koblet, dipl. ing. agr.
von Winterthur (Zürich)

Referent: Prof. Dr. E. Gäumann
Korreferent: Prof. Dr. A. Volkart

Nr. 699

auch insofern ein von andern Samenarten abweichendes Verhalten, als bei ihnen nach unsern Untersuchungen die Katalaseaktivität des Embryos ruhender Samen nur wenig grösser ist als die des Endosperms, während sie im Embryo des Weizens nach Knecht 1931 23 mal, nach Crocker und Harrington 1918 29 mal höher ist als im Endosperm.

Als wichtigstes Ergebnis der in diesem Abschnitt besprochenen Versuche darf festgehalten werden, dass uns *die Katalaseaktivität bei Weymouthskiefernsamen keine Erklärung für die durch tiefe Temperaturen erzielte Förderung der Keimungsbereitschaft gibt.*¹

III. Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Die Samen von *Pinus Strobus* lassen, bei *höheren konstanten* Temperaturen eingekeimt, häufig eine Hemmung der Keimung erkennen. Diese äussert sich darin, dass ein gewisser, bei den einzelnen Proben wechselnder Prozentsatz von Samen unter den genannten Bedingungen erst nach langer Zeit und sehr langsam keimt.

2. Bei *tiefen konstanten* Temperaturen (6—12° C) keimten die untersuchten Weymouthskiefernprouben nach längerem Liegen im Keimbett verhältnismässig rasch und annähernd vollständig aus.

3. Durch *kühle Vorbehandlung* und nachträgliche Uebertragung in ein warmes Keimbett konnte in relativ kurzer Zeit ein vollständiges Auskeimen der Samen von *Pinus Strobus* erzielt werden. Dabei wirkten die Temperaturen im Bereich von 0—12° C bei der Mehrzahl der Proben annähernd gleich. Auch machte sich die günstige Wirkung der kühlen Vorbehandlung bei allmählicher Uebertragung der Samen von der tiefen zur hohen Temperatur in gleicher Weise geltend wie bei plötzlichem Wechsel.

4. Bei längerem Liegen im Keimbett von 21° bzw. 24° C wurde ein Teil der Weymouthskiefernprouben derart verändert, dass sie auf eine darauffolgende kühle Vorbehandlung schwächer reagierten als die Samen, welche von Anfang an der tiefen Temperatur ausgesetzt wurden. Durch eine verlängerte Einwirkung tiefer Temperaturen liess sich aber auch nach der Vorbehandlung bei 21° und 24° C ein vollständiges Auskeimen erzielen. Bei einzelnen der bei 33° C eingekeimten Proben

¹ Es ist anzunehmen, dass eine genaues Studium der Atmung uns wahrscheinlich wertvollere Einblicke in die im Innern des Samens sich abspielenden Vorgänge geben könnte als die Bestimmung der Katalase. Wenn dieses Enzym, dessen Funktion noch keineswegs sichergestellt ist, so häufig bei der Bearbeitung von Keimungsproblemen berücksichtigt wurde, so war dabei anscheinend weniger seine Bedeutung für den Organismus massgebend, als vielmehr die Leichtigkeit, mit der die Katalasewirkung quantitativ bestimmt werden kann.

machte sich eine Schädigung der Keimkraft geltend, die auch durch eine verlängerte kühle Vorbehandlung nicht behoben werden konnte.

5. Bei *täglichem Wechsel* zwischen *tiefen* und *hohen* Keimungstemperaturen wurden im allgemeinen niedrigere Keimergebnisse erzielt als bei dauernder Anwendung hoher Temperaturen.

6. Gegenüber der Einwirkung konstanter Temperaturen und gegenüber der kühlen Vorbehandlung verhielten sich die untersuchten Weymouthskieferproben recht ungleich, und zwar unbekümmert darum, ob sie aus der gleichen oder aus verschiedenen Gegenden stammten. Sowohl unter den schweizerischen als auch unter den deutschen und amerikanischen Herkünften fanden sich Proben, die bei hohen konstanten Temperaturen rasch und verhältnismässig gut keimten, neben solchen, die auf die kühle Vorbehandlung ausgesprochen reagierten. Die ungleichen Ansprüche, welche von den verschiedenen Weymouthskieferproben an die Keimungstemperatur gestellt werden, lassen sich somit *nicht aus den allgemeinen klimatischen Verhältnissen der Herkunftsgebiete* erklären.

7. Bei den Samen von *Molinia coerulea*, deren Keimung durch eine kühle Vorbehandlung ebenfalls gefördert wurde, machten sich ähnliche Unterschiede geltend wie bei *Pinus Strobus*. Auch hier reagierten die einzelnen Proben verschieden, ohne dass ein Zusammenhang des ungleichen Keimverhaltens mit der Herkunft der Samen und dem Standort der Mutterpflanzen erkennbar ist.

8. Die Samen von *Eryngium alpinum* und *Amelanchier ovalis* keimten, unbekümmert darum, ob sie aus hohen oder tiefen Lagen stammten, unter der konstanten Einwirkung verhältnismässig niedriger Temperaturen am besten.

9. Durch künstlich veränderte Temperaturbedingungen während des Ausreifens konnte das Keimverhalten der Weymouthskiefernsamen in starkem Masse beeinflusst werden. Es ist möglich, dass die in einem bestimmten Reifestadium auf die Samen einwirkenden Temperaturen auch beim Ausreifen unter natürlichen Bedingungen von wesentlichem Einfluss sind und dass — abgesehen von eventuellen erblichen Verschiedenheiten — die lokalen Witterungsunterschiede das ungleiche Keimungsverhalten von Proben ähnlicher Herkunft mitbedingen.

10. Die bei tiefen Temperaturen im Keimbett liegenden Weymouthskiefernsamen veränderten sich bezüglich *der Reservestoffe* nur wenig; es machte sich bei ihnen im allgemeinen nur eine schwache Zunahme des Gehaltes an direkt reduzierendem Zucker und an Aminostickstoff bemerkbar. Eine ähnliche, wenn auch in der Regel etwas stärkere Zunahme löslicher Baustoffe liess sich an den bei hoher Temperatur eingekeimten Samen feststellen. Der Zuckergehalt der Embryonen, speziell der Radicula, war sowohl bei den trockenen als auch bei den im Keimbett liegenden Samen auffallend hoch. Die bei hoher

wie auch die bei tiefer Temperatur eingekeimten Samen wiesen in der Spitze der Radicula zunächst eine starke Ansammlung von Stärke auf, die aber mit dem Beginn der Verlängerung des Würzelchens wieder verschwand.

11. Die Embryonen und Endosperme der während längerer Zeit eingekeimten Samen vermochten mehr Wasser aufzunehmen als die entsprechenden Teile ungequollener oder nur während kurzer Zeit gequollener Samen. Die Zunahme der wasserhaltenden Kraft war bei höherer Temperatur stärker als bei niedriger.

12. Bei den im Keimbett liegenden Samen machte sich eine Zunahme der *Wasserstoffionenkonzentration* geltend; diese Zunahme war ebenfalls bei höheren Temperaturen stärker als bei tiefer Temperatur.

13. Unter dem Einfluss tiefer Keimungstemperaturen veränderte sich die *Katalaseaktivität* der Weymouthskiefernsamen nur wenig; bei den warm eingekeimten Samen dagegen stieg die Katalasewirkung anfänglich an, um später unter den ursprünglichen Wert zu sinken.

14. Die oft sich geltend machende erschwerte Keimung von Weymouthskiefernsamen kann nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen nicht auf einem Mangel an Zucker im Embryo beruhen; auch steht die durch die Einwirkung der tiefen Temperaturen erhöhte Keimungsbereitschaft weder direkt mit einer Mobilisierung von Reservestoffen noch mit einer Zunahme der Azidität und der Katalaseaktivität in Beziehung. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass sich die Samen unter dem Einfluss der tiefen Temperatur derart verändern, dass nach erfolgter Uebertragung in die höhere Temperatur eine rasche Mobilisierung gewisser Stoffe einsetzt und die Keimung fördert. So wäre es zum Beispiel möglich, dass während der Kühlbehandlung eine Aktivierung oder eine Neubildung von stoffabbauenden Enzymen stattfindet.

15. Vermögen die bisherigen Untersuchungen über die inneren Veränderungen der im Keimbett liegenden Samen die Wirkung der kühlen Vorbehandlung in keiner Weise zu erklären, so darf andererseits auch hier, ähnlich wie Müller-Thurgau und Schneider-Orelli es für die Wirkung des Warmwasserbades auf die Rhizomknospen von *Convallaria* tun, mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass die tiefen Temperaturen einen gewissen Reiz auf das Plasma ausüben und dadurch das Wachstum in Gang setzen. Für eine solche Reizwirkung spricht bis zu einem gewissen Grade schon die Beobachtung, dass ausser den tiefen Temperaturen noch andere Faktoren eine Förderung der Keimung von Weymouthskiefernsamen bewirken können, so zum Beispiel die sehr hohen Temperaturen, die mechanische Verletzung der Samenschale und dergleichen mehr.

16. Man könnte allerdings auch vermuten, dass nicht die Kühlbehandlung als solche, sondern der Uebergang von der tiefen zur hohen

Temperatur das Plasma aus dem stabilen Gleichgewicht bringt und so den Anstoss zum Wachstum gibt. Gegen diese Vermutung spricht indessen sowohl die Beobachtung, dass sich die günstige Wirkung der kühlen Vorbehandlung bei allmählicher Uebertragung der Samen von der tiefen zur hohen Temperatur in gleicher Weise geltend macht wie bei plötzlichem Wechsel, als auch die Feststellung, dass durch eine verlängerte Einwirkung der Kälte das prozentuale Keimergebnis und die Keimungsgeschwindigkeit immer mehr gefördert werden, bis die Keimung schliesslich selbst bei der tiefen Temperatur erfolgt.

Literatur.

- Atterberg, 1907. Die Nachreife des Getreides. Landw. Versuchsstat. 67, 129—143.
- Barton, 1928. Hastening the germination of southern pine seeds. Professional Paper of the Boyce Thompson Institute for Plant Research. Nr. 9.
- 1930. Hastening the germination of some coniferous seeds. American Journal of Botany 17, 85—130.
- Brown and Morris, 1890. Researches on the germination of some of the Gramineae. Jour. Chem. Soc. London 57, 458—528, zit. nach Lehmann und Aichele, 1931, Keimungsphysiologie der Gräser.
- Burger, 1931. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. III. Die Föhre. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen 16, 153—230.
- Choate, 1921. Chemical changes in wheat during germination. Bot. Gaz. 71, 409—425.
- Crocker, 1916. Mechanics of dormancy in seeds. Amer. Journ. Bot. 3, 99—120.
- 1930. Harvesting, storage and stratification of seeds in relation to nursery practice. Prof. Pap. Boyce Thompson Inst. Nr. 15.
- Crocker and Harrington, 1918. Catalase and oxidase activity of seeds in relation to their dormancy, age, vitality and respiration. Journ. Agr. Res. 15, 137—174.
- Davis, O. H., 1927. Germination and early growth of *Cornus florida*, *Sambucus canadensis*, and *Berberis Thunbergii*. Bot. Gaz. 84, 225—263.
- Davis, W. E., 1930. Primary dormancy, after-ripening, and the development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*. Amer. Journ. Bot. 17, 56—76.
- 1930. The development of dormancy in seeds of cocklebur (*Xanthium*). Amer. Journ. Bot. 17, 77—87.
- Davis, W. E. and Rose, R. C., 1912. The effect of external conditions upon the after-ripening of the seeds of *Crataegus mollis*. Bot. Gaz. 54, 49—62.
- Eckerson, 1913. A physiological and chemical study of after-ripening. Bot. Gaz. 55, 286—299.
- Engler, 1905. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 8, 81—236.
- 1913. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Zweite Mitteilung. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 10, 191—386.