

Prom. Nr. 3806

B.

Diss ETH

Wurzelentwicklung einer Apfelunterlage in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit

Von der

Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

zur Erlangung der

Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

Promotionsarbeit

Vorgelegt von

Lukas Werenfels

dipl. Ing.-Agr. ETH

geboren am 4. November 1928

von Basel

Referent: Herr Prof. Dr. A. Frey-Wyssling

Korreferent: Herr Dr. R. Fritzsche



Ser.

Kat.

Unsere Resultate, wonach optimale Bodenfeuchtigkeit die Ausbreitung der Wurzeln fördert, stehen im Gegensatz zu denjenigen von Kausch (1955). Vielleicht ist diese Diskrepanz darauf zurückzuführen, dass das Wurzelwachstum im von Kausch verwendeten osmotischen Medium grösser als in Boden mit äquivalenter Saugspannung ist (Gingrich und Russell, 1956).

C. Xerophytismus beim Apfelbaum

In Wüstengebieten, wo die wenigen Niederschläge schlagartig auftreten und nicht tief in den Boden eindringen, ist ein ausgedehntes, flachgründiges Wurzelsystem, wie es viele Xerophyten besitzen, zweckmässig (z. B. Weller, 1965). In kontinentalen und gemässigten Klimazonen, wo selbst während Trockenperioden immer noch Wasser in grösseren Bodentiefen vorhanden ist, geht die evolutionäre Anpassung in Richtung Ausbildung eines tiefgründigen Wurzelsystems. Innerhalb der Spezies besteht noch zusätzlich eine grosse Anpassungsfähigkeit: In meinen Versuchen mit Apfelbäumen zeigte sich, dass bei unbewässerten Bäumchen mit einer Blattmasse, die weniger als die Hälfte derjenigen der 0,2-atm-Behandlung betrug (Abb. 28), die Wurzeln nur unwesentlich weniger tief wuchsen (Tab. 2). Diese relative Begünstigung des Tiefenwachstums liesse sich folgendermassen erklären: Durch den trockenheitsbedingten, frühzeitigen Wachstumsstopp der Seitenwurzeln verlagert sich die Kohlehydratzufuhr in Richtung der noch in feuchterem Boden in die Tiefe wachsenden Hauptwurzeln. Bei der 0,2-atm-Behandlung hingegen ziehen die weiter wachsenden Seitenwurzeln die Kohlehydrate an sich und entwickeln sich ihrerseits zu Hauptwurzeln – in diesem Falle zu flacher streichenden Hauptwurzeln. Das relativ grössere Tiefenwachstum des Wurzelwerks lässt sich somit auch ohne Annahme einer verstärkten geotropischen Reizwirkung, die bei Trockenheit wirksam würde, erklären.

V. Zusammenfassung

1. Eine Methode wird beschrieben, die es dank einer mobilen, raumsparenden Anordnung von Wurzelschaukästen ermöglicht, die ungehinderte Entwicklung der Wurzeln einer grossen Zahl von Pflanzen in zwei Dimensionen zu verfolgen.

Zur Untersuchung des Wurzel- und des Wurzelhaarwachstums unter kontrollierten Umweltsbedingungen werden die Pflanzen in kleinen Plexiglaszylindern gezogen.

2. Vier verschiedene Bewässerungsbehandlungen werden auf ihre Wirkung auf die Wurzelentwicklung eines Apfelunterlagenklons geprüft. Die

Bodensaugspannung der drei bewässerten Behandlungen erreicht Grenzwerte von 0,2 bzw. 0,4 bzw. 0,8 atm, diejenige der unbewässerten eine solche von etwa 8 atm.

3. Das Wurzel- und Triebwachstum nimmt von der unbewässerten zur 0,2-atm-Behandlung progressiv zu. Das Wachstum der Seitenwurzeln und die Entwicklung des Wurzelwerks in die Breite sind bei den bewässerten Gruppen wesentlich, das Tiefenwachstum nur unwesentlich stärker. Bei der 0,2-atm-Behandlung lässt sich eine dichtere Durchwurzelung des obersten Bodenhorizontes beobachten. Die unbewässerte Gruppe weist relativ, aber nicht absolut, mehr Wachstum in den tieferen Bodenhorizonten auf. Bezogen auf die Trockensubstanz des ganzen Baumes wird der Anteil der Wurzeln und des Stammes bei abnehmender Bewässerung grösser.
4. Die Suberisierung der Wurzeln erfolgt bei den bewässerten Bäumchen etwas rascher; die Wurzeln der unbewässerten Bäume weisen somit eine grössere, nicht suberisierte Oberfläche auf.
5. Periodische Schwankungen im Wurzelwachstum treten bei allen Feuchtigkeitsstufen gleicherweise auf. Maxima des Wurzelwachstums folgen auf Maxima der Lufttemperatur im Abstand von zwei bis zehn Tagen. Sie lassen sich durch Schwankungen in der Kohlehydratversorgung erklären.
6. Bei kleiner Transpiration und bei grossem mittlerem Bodenfeuchtigkeitsstress stossen die Wurzeln in Bodenfeuchtigkeiten, die 0,7 und 7,7 atm Saugspannung entsprechen, gleich rasch vor. Die Wurzelhaare wachsen ebenfalls zu gleicher Länge aus.
7. In feuchtem Boden (0,06–0,23 atm) bei kleiner Transpiration und in austrocknendem Boden (0,2–ca. 4,0 atm) bei grosser Transpiration entwickeln sich die Wurzelhaare ebenfalls zu gleicher Länge. Unter der zuletzt genannten Bedingung kann ein tagesperiodischer Rhythmus im Längenwachstum der Wurzeln beobachtet werden.

Die vorliegende Arbeit entstand an der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. Herrn Direktor Dr. R. Fritzsche danke ich für die tatkräftige und grosszügige Unterstützung. Herrn Professor Dr. A. Frey-Wyssling bin ich verpflichtet für seine stetige Förderung der Arbeit. Für vielseitige Beratung danke ich auch den Herren Professoren Dr. F. Richard und Dr. H. Ellenberg, für wertvolle Mithilfe den Herren F. Preisig und A. Nyfeler.

Summary

1. A method is presented describing a mobile compact arrangement of containers for root observation, permitting uninhibited growth in two dimensions of a considerable number of plants over a considerable length of time.
Root- and root hair development are observed in controlled environment using small Plexi-glass cylinders.
2. The effect of four different soil moisture treatments, namely irrigated at 0.2, at 0.4, at 0.8 atmospheres soil suction and non irrigated, on root- and top growth of a clonal apple rootstock (East Malling Type VII) is studied.
3. Root- and shoot growth increase progressively from non-irrigated to irrigated at 0.2 atmospheres. Growth of lateral roots and horizontal extension of the root system are considerably and significantly, vertical extension only slightly greater with the 0.2 atmospheres treatment. This treatment has a denser root distribution in the top layer. The non irrigated trees grow relatively but not absolutely more roots in the bottom layer. Root/shoot and stem/shoot ratios increase significantly from the 0.2 atmospheres to the non irrigated treatment.
4. Rate of suberization of roots is slightly greater with the frequently irrigated trees. Thus the roots of the non irrigated trees have a larger non suberized surface.
5. A periodicity in root growth is observed occurring in all treatments similarly. Root growth peaks follow air temperature peaks with a 2-10 day delay and may be explained by changing carbohydrate supply to roots.
6. Roots extend into soil of 0.7 and 7.7 atmospheres soil suction equally fast under conditions of high mean soil moisture, but low atmospheric stress. Root hairs grow to the same length under both conditions too.
7. Root hairs develop to the same length under conditions of continuously moist soil (0.06-0.23 atmospheres) and low atmospheric stress as well as in drying soil (0.2-approx. 4 atmospheres) and high atmospheric stress. Under the latter conditions a daily rhythm in root hair extension occurs.