

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Band:** 42 (1933)  
**Heft:** 1  
  
**Artikel:** Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Wachstum und die Reifezeit der Tomaten  
**Autor:** Riethmann, Otto  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-28396>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Wachstum und die Reifezeit der Tomaten.**

Von *Otto Riethmann*, Obergärtner.

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule  
in Zürich.)

Eingegangen am 21. März 1933.

Als im Vorsommer 1932 eine grössere Anzahl von Tomatenpflanzen in Versuchstöpfen zur Verfügung standen, welche für einen Infektionsversuch bestimmt waren, hierfür aber nicht ausgenutzt werden konnten, erlaubte mir Herr Prof. Dr. E. Gäumann, das vorhandene Versuchsmaterial, sowie die technischen Einrichtungen für einen Versuch über den Einfluss der Bodentemperatur auf Wachstum, Ernte und Frühreife der Tomaten auszunützen.

Ich danke an dieser Stelle meinem verehrten Vorgesetzten, Herrn Prof. Dr. E. Gäumann, für diese freundliche Einwilligung.

### *Einleitung.*

Die Bodenerwärmung findet in der gärtnerischen Praxis schon sehr lange praktische Anwendung, so vor allem in der Erwärmung der Treibbeete im Frühjahr, in der Treiberei von Blütenpflanzen, sowie zur Anzucht und Vermehrung diverser gärtnerischer Kulturpflanzen.

Immerhin wurde früher die künstliche Erwärmung des Bodens nur in beschränktem Umfange und mit primitiven Mitteln durchgeführt. Erst in neuerer Zeit wird dieser Frage erneutes Interesse entgegengebracht, angeregt durch die Erfahrungen der Kriegsjahre, sowie der modernen wirtschaftlichen Depression, welche die Länder zwecks Ausgleichung ihrer Handelsdefizite zur Selbstversorgung bzw. zur erhöhten Tätigkeit in der eigenen Produktion schreiten lässt.

Währenddem aber bisher zur Erwärmung der Erde in den Treibbeeten meist tierische Exkreme, die durch Gärung Wärme erzeugen, verwendet wurden, erschloss der Fortschritt der Technik der Bodenheizung neue Möglichkeiten und stellte sie auf eine hoffnungsreiche Basis.

Die elektrische Energie, die nun auch nebst ihrer vielseitigen Verwendung als geeignete Wärmequelle für Bodenheizung erkannt wird, scheint für diese Zwecke besonders berufen zu sein, indem bereits in in- und ausländischen Gärtnereibetrieben grössere, mit Glas bedeckte Flächen mit elektrischer Bodenheizung ausgerüstet sind. Auch der Dampf, welcher durch ein Rohrnetz unter dem Boden geleitet und

an denselben abgegeben wird, ist als billiges und zweckmässiges Wärmemedium sehr anempfohlen. Berichte über derartige Versuche finden sich beispielsweise in Möllers « Deutsche Gärtner-Zeitung », 1929, S. 398, ferner im Jahresbericht der bernischen Gartenbauschule Oeschberg-Koppigen für das Jahr 1931/32.

Die vorliegende Arbeit will nicht die technische und wirtschaftliche Seite der Bodenerwärmung behandeln, sondern möchte allein zur Lösung der Frage der Beeinflussung des Wachstums und des Ertrages durch die Bodenwärme an Hand eines praktischen Versuches beitragen.

#### *Methodisches.*

Die Versuche wurden im Versuchshaus des Instituts für spezielle Botanik in zwei nebeneinander liegenden, hell und gleichmässig belichteten Abteilungen durchgeführt. Die Einrichtungen bestehen in jedem Raume aus 14 170 cm langen, 90 cm breiten und 90 cm tiefen Pitchpine-Trögen, welche mit elektrischer Heizung und Thermoregulator versehen und mit Wasser gefüllt sind. Durch diese Einrichtung kann das Wasser jederzeit auf die gewünschte Wärme eingestellt und annähernd konstant gehalten werden. Für tiefere Temperaturen wird genau reguliert und gleichmässig verteild dem Wasser in den Trögen zur Kühlung Leitungswasser zugeführt und wiederum erhalten die Tröge für sehr tiefe Temperaturen aus einem Autofrigor besonders gekühltes Wasser zugepumpt. So ist es möglich, selbst die tiefen Temperaturen trotz grosser Luftwärme annähernd konstant zu erhalten. Die Tröge sind mit Deckel abgedeckt, diese sind mit zehn gleichmässig verteilten Löchern versehen, in welche die Versuchstöpfe ins Wasser eintauchend eingehängt werden.

Die Versuchstöpfe bestehen aus glasiertem Ton, sind wasserundurchlässig, aber gut wärmeleitend, so dass die Erde darin ganz unter dem Einfluss der Temperatur des Wassers steht.

Das Versuchsmaterial bestand aus Tomaten der Sorte « Schöne von Lothringen ». Sie wurden direkt in die Versuchstöpfe gesät, bei Versuch A Anfang Mai, bei Versuch B zwei Wochen später.

Die Versuchstöpfe wurden alle erst auf 5 kg Gewicht tariert und alsdann mit 5 kg guter Landerde mit einem kleinen Zusatz von Torfmull gleichmässig angefüllt.

Die aufgegangenen Pflanzen lichtete ich auf zwei gleichmässig starke Exemplare und nachdem dieselben eine Höhe von 25—30 cm erreicht hatten, kamen sie am 1. Juli unter den Einfluss der 14 verschiedenen Temperaturen zu stehen. Der Versuch konnte erfreulicherweise ungefähr zu gleicher Zeit doppelt geführt werden, bezeichnet mit Versuch A und Versuch B.

Indem jeder Thermostatentrog für zehn Töpfe Platz bietet, 14 Tröge bzw. 14 verschiedene Temperaturen für einen Versuch zur

Verfügung standen, konnten jeweils 20 Pflanzen für eine Temperatur, also im ganzen für jeden Versuch 280 Pflanzen Verwendung finden (Tafel 10).

Wie bereits eingangs erwähnt, waren die Versuchspflanzen ursprünglich für einen andern Zweck bestimmt, wo es mehr auf eine grössere Anzahl von Versuchspflanzen als auf deren kräftige Entwicklung ankam. Für meinen Versuch wäre eine nährstoffreichere Erde und nur eine Pflanze pro Topf kultiviert wohl vorteilhafter gewesen. Vielleicht sind anderseits durch die grössere Anzahl von Versuchspflanzen die Durchschnittszahlen günstig beeinflusst worden.

Zur Begünstigung eines normalen Wachstums wurde, allerdings sehr mässig, in folgenden Abständen mit Nitrophoska = 16,5 N., 16,5 PS. und 20 K. gedüngt.

|              |                  |       |                 |          |
|--------------|------------------|-------|-----------------|----------|
| 23. Juni     | flüssige Düngung | 1 g   | pro Liter; 4 dl | pro Topf |
| 26. »        | »                | 1 »   | »               | »        |
| 30. »        | »                | 1 »   | »               | »        |
| 12. Juli     | »                | 1 »   | »               | »        |
| 23. »        | »                | 1 »   | »               | »        |
| 1. August    | »                | 1 »   | »               | »        |
| 12. »        | »                | 1 »   | »               | »        |
| 25. »        | feste            | 2,5 » | »               | Topf     |
| 6. September | »                | 2,5 » | »               | »        |
| 14. »        | 2 g pro Liter    | 8 dl  | »               | »        |

Die Düngung wurde also mässig gegeben, um keine ungünstigen Bodenreaktionen besonders bei den niedrigen Temperaturen mit rückständigem Pflanzenwachstum hervorzurufen.

Am 1. Juli erhielt zur vollständigen Anfüllung jeder Topf 1 kg Komposterde.

Die Wassertemperatur eines jeden Troges wurde alle Tage morgens 8 Uhr einmal abgelesen.

#### *Stand der Kulturen innerhalb der Versuchszeit.*

Die Einflüsse der Bodentemperaturen auf die Pflanzen waren sehr bald deutlich zu erkennen. Das Wachstum unter der Einwirkung hoher Bodenwärme kam wesentlich gegenüber den kühleren in Vorsprung. Die Unterschiede waren während der ersten Halbzeit grösser und schienen sich gegen das Ende mehr und mehr auszugleichen. Die Pflanzen bei 42° Bodentemperatur blieben im Wachstum anfänglich sehr zurück, die Blätter waren gelblich und die Pflanzen sahen leidend aus. Nach der zweiten Hälfte der Versuchszeit erholten sie sich plötzlich, wurden auffallend dunkelgrün, was sie bis ans Ende der Kulturzeit kennzeichnete. Es ist diese Erscheinung zum Teil leicht zu erklären, wenn wir den Einfluss der Bodentemperatur auf das Wurzelwachstum mit in Vergleich nehmen.

Der Ansatz der Früchte schien bei allen Temperaturen gleichmässig zu sein, er war nicht besonders gross; es ist dies aber eine bekannte Erscheinung bei der Kultur in Gewächshäusern und ist meistens die Folge von mangelhafter Bestäubung der Blüten.

Was das gesundheitliche Aussehen betrifft, machten unzweideutig alle Pflanzen bei Bodentemperaturen über 20° den bessern Eindruck. Das bei Tomaten bekannte Rollen der Blätter trat zuerst bei den niederen Temperaturen von 10—18° sehr stark auf, um aber später bei allen Pflanzen, ausgenommen bei den beiden extremen Temperaturen 6° und 42°, aufzutreten.

Kürzere Zeit vor der Abernte trat noch die Blattkrankheit *Cladosporium fulvum* auf. Stark von ihr befallen wurden die Pflanzen der Temperaturen 10—18° und 30°. Schwachen Befall wiesen diejenigen von 20, 24, 27 und 33° auf, und als gesund durften die Pflanzen bei Bodentemperaturen über 33° angesehen werden.

Die glücklicherweise sehr spät aufgetretene Blattkrankheit hatte die Versuchsergebnisse, vor allem die Ernte, nicht oder nur unwesentlich beeinflusst.

*Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Längenwachstum.*

Tabelle 1, Abb. 1 und Tafel B.

Das Längenwachstum war am Ende des Versuches nicht mehr so unterschiedlich wie in der ersten Halbzeit. Rasch ansteigend erreichen

Tabelle 1.

Einfluss der Bodentemperatur auf das Längenwachstum.

| Versuch A                    |                                       |                     | Versuch B                    |                                       |                     |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Durchschnitts-<br>temperatur | Durchschnitt-<br>liche<br>Längenmasse | Mittlerer<br>Fehler | Durchschnitts-<br>temperatur | Durchschnitt-<br>liche<br>Längenmasse | Mittlerer<br>Fehler |
| °C                           | cm                                    |                     | °C                           | cm                                    |                     |
| 6.0                          | 95                                    | ± 4.0               | 7.1                          | 85                                    | ± 4.6               |
| 9.8                          | 125                                   | ± 4.5               | 9.7                          | 129                                   | ± 4.7               |
| 13.7                         | 127.5                                 | ± 5.8               | 12.4                         | 137.5                                 | ± 5.34              |
| 15.0                         | 150                                   | ± 7.5               | 14.6                         | 136.4                                 | ± 3.18              |
| 16.9                         | 147                                   | ± 3.5               | 16.8                         | 156                                   | ± 13.2              |
| 17.4                         | 148                                   | ± 6.8               | 18.7                         | 164                                   | ± 5.7               |
| 21.0                         | 142                                   | ± 6.0               | 20.3                         | 147                                   | ± 5.7               |
| 23.9                         | 152                                   | ± 6.5               | 24.3                         | 153                                   | ± 3.8               |
| 27.0                         | 150                                   | ± 3.5               | 27.2                         | 149                                   | ± 4.16              |
| 30.3                         | 159                                   | ± 5.6               | 29.3                         | 169                                   | ± 4.1               |
| 32.9                         | 166                                   | ± 6.6               | 32.8                         | 176.8                                 | ± 5.38              |
| 35.9                         | 142.5                                 | ± 7.4               | 36.5                         | 135.8                                 | ± 4.3               |
| 39.4                         | 142.5                                 | ± 5.5               | 38.7                         | 130                                   | ± 4.4               |
| 42.0                         | 133                                   | ± 5.0               | 42.8                         | 120                                   | ± 5.46              |

die Pflanzen bei 12—15° Bodentemperatur, für Tomaten eine noch sehr niedrige Temperatur, bereits die normale Höhe, wie sie nur bei 30° und 33° wesentlich überschritten wird. Bei 33° ist das Optimum erreicht; es ist diejenige Bodentemperatur, welcher wir im Laufe des Versuches in dieser Rolle noch mehr begegnen.

Auffällig wirkt die sehr rasch abfallende Kurve bei Temperaturen über 33°, die aber, wenn wir das Wurzelwachstum mitvergleichen, begreiflich wird.

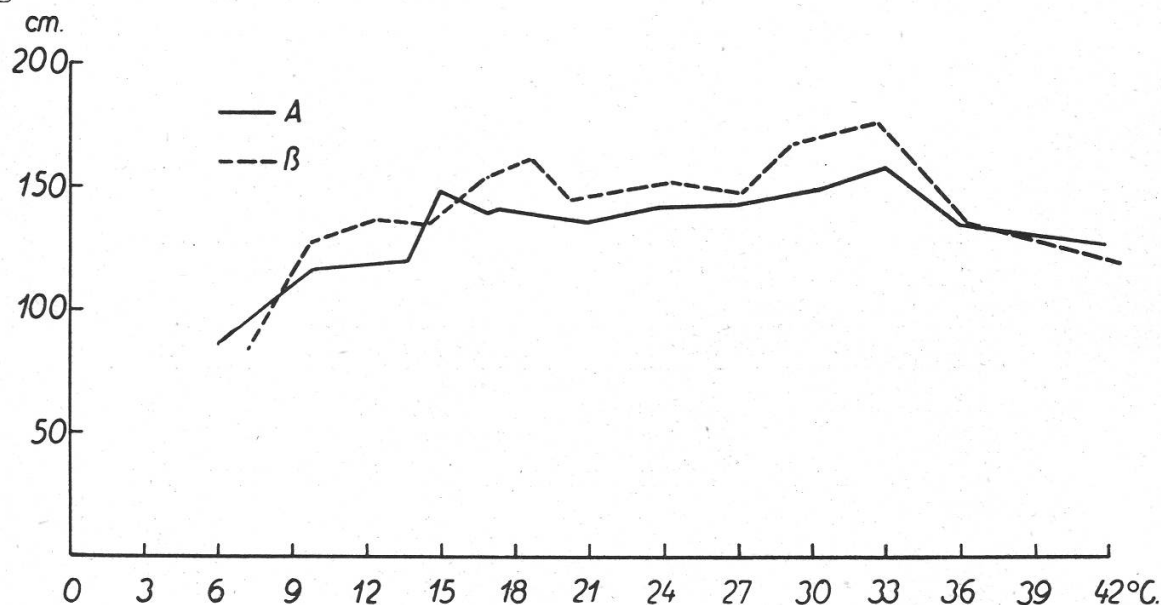


Abbildung 1.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Längenwachstum der Tomaten.

Tafel 11 (Fig. 1) zeigt uns Durchschnittspflanzen in der Reihenfolge der ansteigenden Temperaturen nebeneinander gestellt. Indem zwei Pflanzen in einem Topfe gezogen wurden, blieb eine derselben oft im Wachstum rückständig. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Durchschnittslängen dadurch etwas ungünstig beeinflusst wurden und dass nur eine Pflanze pro Topf eine grössere Gleichmässigkeit gezeitigt hätte.

#### *Grüngewicht der Pflanzensubstanz.*

Tabelle 2, Abb. 2.

Dasselbe wurde festgestellt durch Berechnung des Durchschnittsgewichtes aller Pflanzen einer Temperatur. Die Gewichtszahlen von Versuch B wurden erst nach starkem Welken der Blätter festgestellt, was die kleineren Zahlen, sowie die tiefer laufende Kurve ergab. Was sich bereits im Längenwachstum zeigt, wird hier noch deutlicher: eine Aufwärtsbewegung mit zunehmender Wärme bis zu 33° Bodentemperatur, um hier ebenfalls das Optimum zu erreichen. Es fällt, entgegengesetzt dem Längenwachstum, erst sehr wenig, indem die Pflanzen ihre geringere Höhe durch kompakteren Wuchs ausglich.

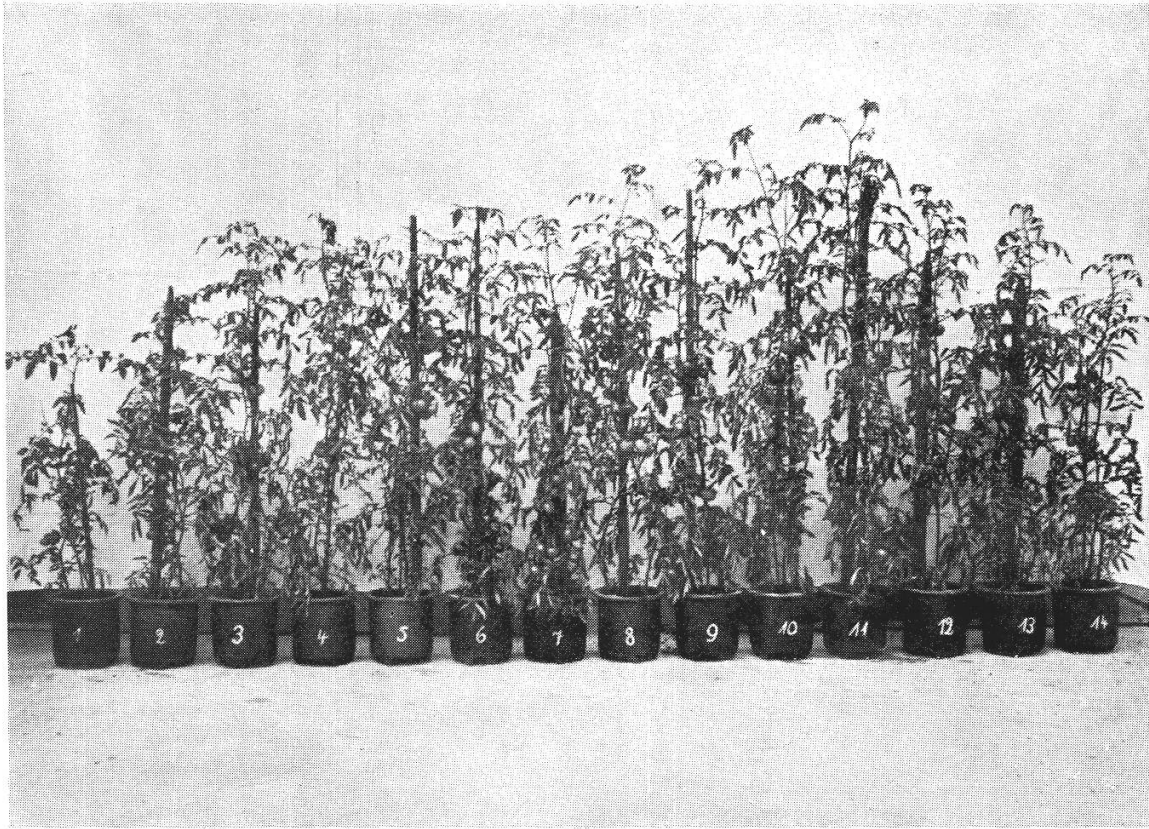
Tafel 10



Teilansicht der Versuchseinrichtung.

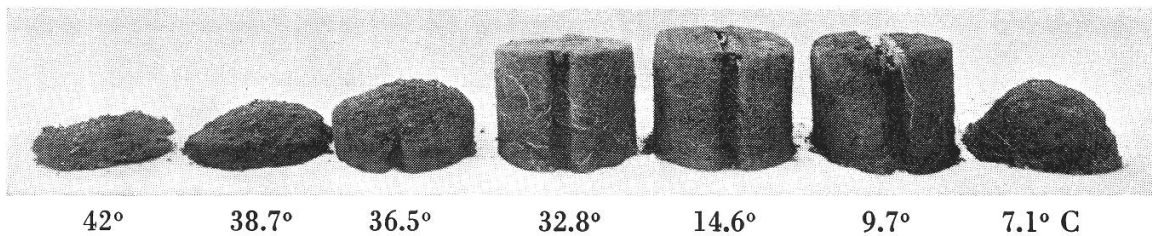
## Tafel 11

Fig. 1



Der Einfluss der unterschiedlichen Bodentemperatur auf die Höhe der Versuchspflanzen. Die Zahlen auf den Töpfen entsprechen den Bodentemperaturen von 6—42° C in den Intervallen, wie sie in Tabelle 1, Versuch A, angegeben sind.

Fig. 2



Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Wurzelwachstum der Tomaten.



Tabelle 2.  
Grüengewicht der Pflanzensubstanz.

| Versuch A  |                      | Versuch B  |                      |
|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Temperatur | Durchschnittsgewicht | Temperatur | Durchschnittsgewicht |
| °C         | g                    | °C         | g                    |
| 6.0        | 160                  | 7.1        | 105                  |
| 9.8        | 217                  | 9.7        | 162                  |
| 13.7       | 217                  | 12.4       | 168                  |
| 15.0       | 285                  | 14.6       | 212                  |
| 16.9       | 297                  | —          | —                    |
| 17.4       | 345                  | 18.7       | 247                  |
| 21.0       | 300                  | 20.3       | 217                  |
| 23.9       | 355                  | 24.3       | 265                  |
| 27.0       | 400                  | 27.2       | 262                  |
| 30.3       | 394                  | 29.3       | 274                  |
| 32.9       | 450                  | 32.8       | 283                  |
| 35.9       | 400                  | 36.5       | 250                  |
| 39.4       | 400                  | 38.7       | 270                  |
| 42.0       | 367                  | 42.8       | 190                  |

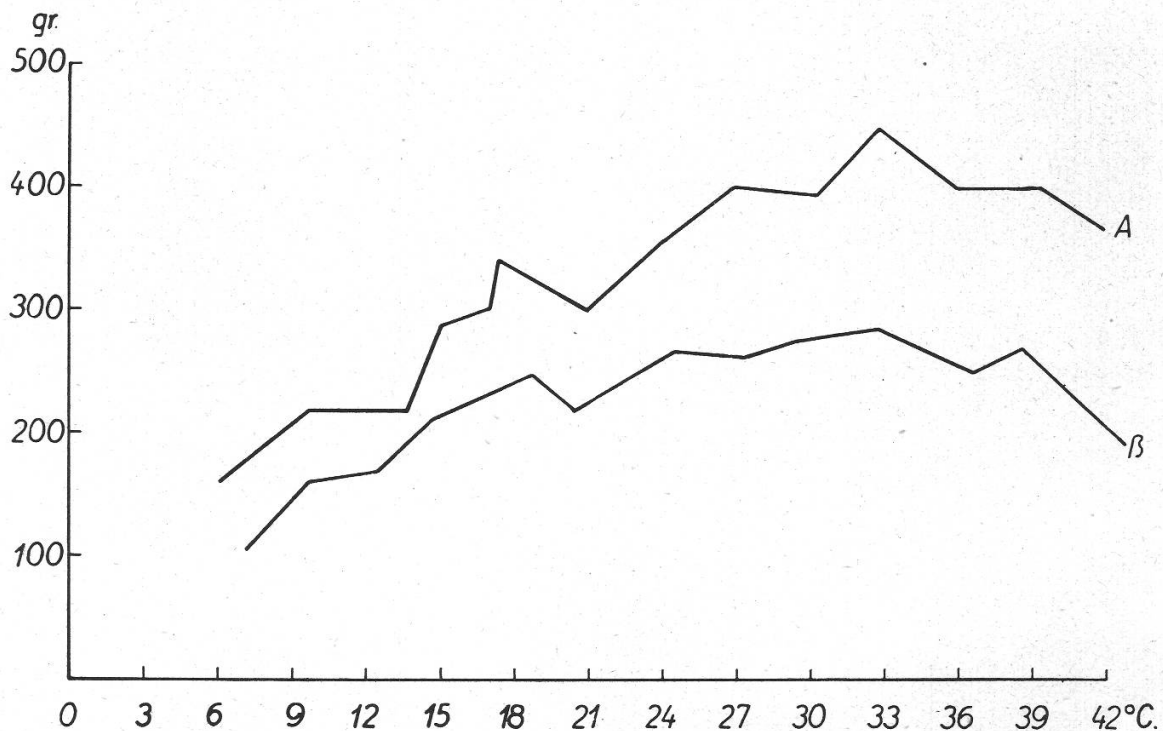


Abbildung 2.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Grüengewicht der Pflanzensubstanz.

*Der Einfluss der Bodentemperatur auf den Ertrag an Früchten.*

Tabelle 3, Abb. 3.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Ernte ist sehr bedeutend. Was Längenwachstum und das Gewicht der Pflanzensubstanz

Tabelle 3.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf den Ertrag an Früchten.

| Versuch A  |                               | Versuch B  |                               |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| Temperatur | Durchschnitts-<br>ertrag in g | Temperatur | Durchschnitts-<br>ertrag in g |
| °C         |                               | °C         |                               |
| 6.0        | 456                           | 7.1        | 255                           |
| 9.8        | 717                           | 9.7        | 697                           |
| 13.7       | 1021                          | 12.4       | 856                           |
| 15.0       | 868                           | 14.6       | 1084                          |
| 16.9       | 1073                          | 16.8       | 1047                          |
| 17.4       | 981                           | 18.7       | 1079                          |
| 21.0       | 985                           | 20.3       | 1247                          |
| 23.9       | 1204                          | 24.3       | 1328                          |
| 27.0       | 1311                          | 27.2       | 1280                          |
| 30.3       | 1289                          | 29.3       | 1293                          |
| 32.9       | 1343                          | 32.8       | 1586                          |
| 35.9       | 1315                          | 36.5       | 1433                          |
| 39.4       | 930                           | 38.7       | 1148                          |
| 42.0       | 826                           | 42.8       | 753                           |

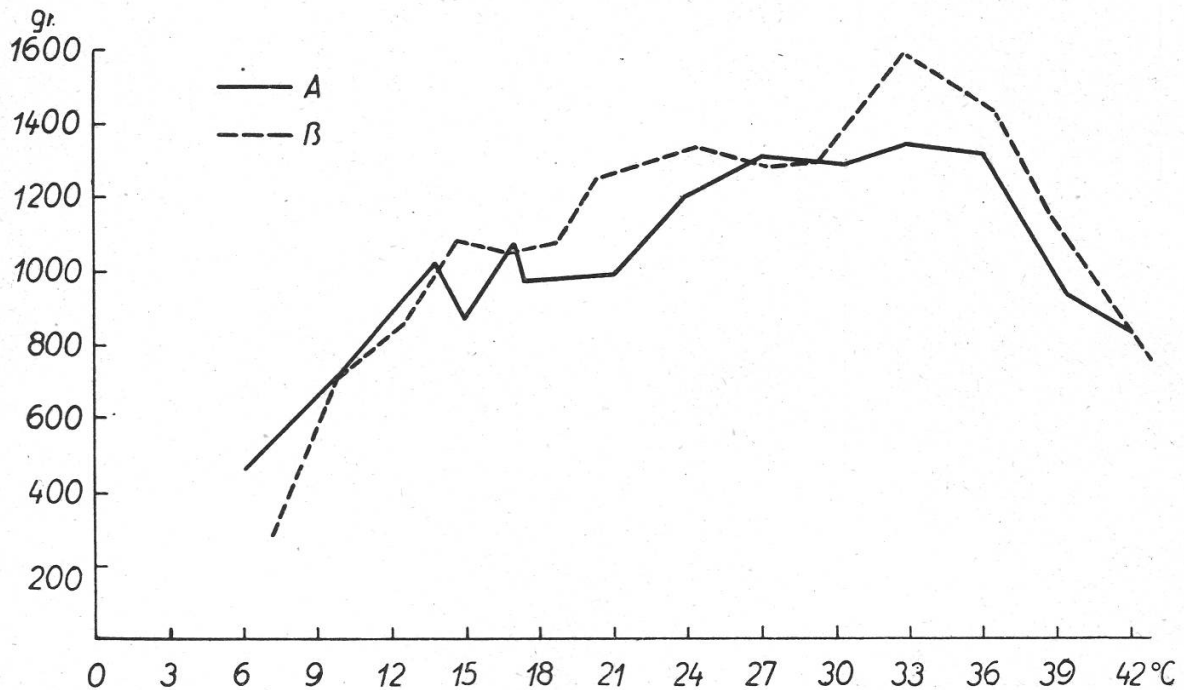


Abbildung 3.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf den Ertrag an Früchten.

zeitigten, kam in den Ertragskurven noch deutlicher zum Ausdruck. Wieder ist es auch die Bodentemperatur von 33°, die das Optimum im Ertrag für beide Versuche für sich gewinnt. Ihr folgt nur wenig tiefer die Bodentemperatur von 36°, wogegen sich bei 39° die Kurven rasch abwärts bewegen, um bei 42° sich wieder dem Minimum bei 6°

zu nähern. In steil ansteigender Kurve werden bei der für Tomaten noch tiefen Bodentemperatur von 12° schon auffallend hohe Erträge erzielt, insbesondere im Vergleich mit den folgenden höhern Bodenwärmern bis zu 20°. Erst 24° bewegt die Kurven wieder deutlich aufwärts.

Der Einfluss sehr hoher Bodentemperaturen auf die Erträge bei Tomaten scheint sehr günstig zu sein. Eine Bodentemperatur von 33° zählt in der Praxis als sehr hoch und wird andauernd selten angewendet. Im Freien allerdings erreichen während andauernder Sommerhitze besonders im Süden dunkel gefärbte Böden ebenso hohe Temperaturen. Wie günstig die Einwirkung sehr hoher Temperaturen auf die Erträge ist, beweisen weiter die Zahlen bei 36° und 39° im Hinblick auf ihr stark eingeschränktes Wurzelwachstum, wovon später noch zu sprechen sein wird.

*Anzahl der Früchte.*

Tabelle 4.

Die Anzahl der Früchte stimmt mit den Ertragszahlen nur teilweise überein. Die höhern Erträge der Bodentemperaturen von 24°, 27° und 30° wiesen keine oder eine nur unwesentlich grössere Zahl von Früchten auf, gegenüber den geringern Erträgen tieferer Temperaturen. Wir entnehmen daraus, dass die Erträge nicht immer von der Anzahl der Früchte bedingt wurden, sondern wie wir aus Tabelle 5 ersehen, oft mehr durch ihre Grösse. Die Temperaturen 33° und 36° brachten sprunghaft höhere Zahlen, ohne Einbusse des Fruchtgewichtes, was die

Tabelle 4.

Anzahl der Früchte.

| Versuch A  |                          | Versuch B  |                          |
|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| Temperatur | Durchschnittliche Anzahl | Temperatur | Durchschnittliche Anzahl |
| °C         |                          | °C         |                          |
| 6          | 148                      | 7.1        | 109                      |
| 9.8        | 189                      | 9.7        | 181                      |
| 13.7       | 233                      | 12.4       | 193                      |
| 15         | 208                      | 14.6       | 205                      |
| 16.9       | 198                      | 16.8       | 222                      |
| 17.4       | 214                      | 18.7       | 220                      |
| 21         | 196                      | 20.3       | 244                      |
| 23.9       | 199                      | 24.3       | 232                      |
| 27         | 230                      | 27.2       | 226                      |
| 30.3       | 226                      | 29.3       | 204                      |
| 32.9       | 270                      | 32.8       | 274                      |
| 35.9       | 261                      | 36.5       | 266                      |
| 39.4       | 191                      | 38.7       | 227                      |
| 42         | 194                      | 42.8       | 224                      |

Höchstserträge besonders bei Versuch B dieser Temperaturen verursachte. Die hohe Bodenwärme erzeugte hier eine rasche Entwicklung aller gebildeten Früchte.

*Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Gewicht der Früchte.*

Tabelle 5, Abb. 4.

Sie ergibt ein sichtbares Ansteigen zugunsten der höhern Temperaturen. Das Optimum liegt zwischen 24° und 33°. Weit mehr als die Anzahl der Früchte wurde das Fruchtgewicht bestimmend für die Ertragszahlen, was besonders bei den Temperaturen von 24—30° zum

Tabelle 5.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf das mittlere Gewicht der Früchte.

| Versuch A  |                      | Versuch B  |                      |
|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Temperatur | Durchschnittsgewicht | Temperatur | Durchschnittsgewicht |
| °C         | g                    | °C         | g                    |
| 6          | 42.7                 | 7.1        | 33.4                 |
| 9.8        | 52.1                 | 9.7        | 48.4                 |
| 13.7       | 49.6                 | 12.4       | 53.4                 |
| 15         | 51.9                 | 14.6       | 56.5                 |
| 16.9       | 63                   | 16.8       | 55                   |
| 17.4       | 52.1                 | 18.7       | 55.4                 |
| 21         | 58.8                 | 20.3       | 58.2                 |
| 23.9       | 71.1                 | 24.3       | 55.3                 |
| 27.0       | 66.6                 | 27.2       | 61.8                 |
| 30.3       | 65.2                 | 29.3       | 66.6                 |
| 32.9       | 60.4                 | 32.8       | 65.8                 |
| 35.9       | 56.3                 | 36.5       | 59.1                 |
| 39.4       | 54.7                 | 38.7       | 58.5                 |
| 42         | 46.3                 | 42.8       | 41.6                 |

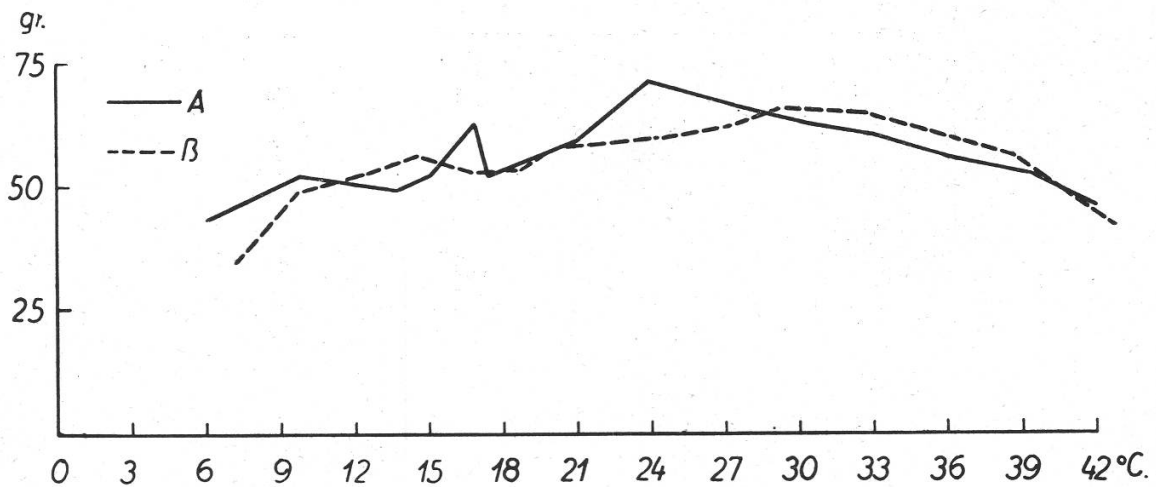


Abbildung 4.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf das mittlere Gewicht der Früchte.

Ausdruck kommt. Das Verhältnis der Anzahl der Früchte zur Pflanzensubstanz war bestimmend für die Entwicklung der Früchte, indem einer geringern Anzahl von Früchten dieselbe Menge von Stoffen aus der Pflanze zukommt wie einer grössern.

*Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Reifezeit der Früchte.*

Tabelle 6 und 7, Abb. 5 und 6.

Die Frühreife spielt für den Kultivateur eine wesentliche Rolle; sie beeinflusst den Erlös oft mehr als die Ertragshöhe. Bei Frühkulturen wird schon durch wenige Tage früherer Ernte ein bedeutend höherer Preis erzielt. Das Angebot und damit verbunden die Preissenkung nehmen um so rascher zu, je mehr sie sich der normalen Reifezeit nähern.

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen, dass der Einfluss der Bodenwärme auf die Frühreife nicht unwesentlich ist; sie fallen besonders zugunsten sehr hoher Temperaturen aus. In den ersten beiden Ernteabschnitten erscheint die Frühreife sehr auffällig bei 12° und 13°, insbesondere verglichen mit den Gesamterträgen. Etwas verzögernd sehen wir sie bei 24° und 27°, und 33° und 36° bringen wieder eine deutliche Zunahme. Die folgenden Ernteabschnitte führen die Kurven in einer ansteigenden Linie den Gesamterträgen angleichend. Die Frühreife bei der verhältnismässig tiefen Temperatur von 12° erklärt sich durch die kleine Fruchtgrösse, andererseits wird anfangs bei 24° und 27° die Frühreife durch die Bildung grösserer Früchte verspätet. Nur

Tabelle 6.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Reifezeit der Früchte (Versuch A).

| Temperatur<br>°C | Ernteergebnisse bis zum |               |            |                         |
|------------------|-------------------------|---------------|------------|-------------------------|
|                  | 31. August              | 14. September | 3. Oktober | 3. Oktober <sup>1</sup> |
| 6.0              | 175                     | 305           | 347        | 397                     |
| 9.8              | 212                     | 351           | 537        | 620                     |
| 13.7             | 233                     | 440           | 870        | 973                     |
| 15.0             | 167                     | 311           | 765        | 800                     |
| 16.9             | 187                     | 382           | 774        | 958                     |
| 17.4             | 212                     | 378           | 829        | 892                     |
| 21.0             | 173                     | 357           | 869        | 924                     |
| 23.9             | 149                     | 433           | 894        | 1102                    |
| 27.6             | 218                     | 328           | 878        | 1206                    |
| 30.3             | 206                     | 383           | 999        | 1200                    |
| 33.0             | 216                     | 433           | 993        | 1238                    |
| 35.9             | 276                     | 418           | 1135       | 1215                    |
| 39.4             | 227                     | 350           | 682        | 832                     |
| 42.0             | 145                     | 223           | 543        | 703                     |

<sup>1</sup> Ausgewachsene, aber noch grüne Früchte.

Tabelle 7.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Reifezeit der Früchte (Versuch B).

| Temperatur<br>°C | Ernteergebnisse bis zum |            |             |                          |
|------------------|-------------------------|------------|-------------|--------------------------|
|                  | 14. September           | 3. Oktober | 10. Oktober | 10. Oktober <sup>1</sup> |
| 7.1              | 66                      | 118        | 137         | 186                      |
| 9.7              | 265                     | 473        | 557         | 625                      |
| 12.4             | 359                     | 638        | 699         | 791                      |
| 14.6             | 191                     | 620        | 892         | 1045                     |
| 16.8             | 210                     | 647        | 880         | 991                      |
| 18.7             | 339                     | 755        | 875         | 1019                     |
| 20.3             | 391                     | 895        | 995         | 1180                     |
| 24.3             | 225                     | 747        | 1145        | 1297                     |
| 27.2             | 253                     | 733        | 1164        | 1195                     |
| 29.3             | 231                     | 743        | 1183        | 1279                     |
| 32.8             | 403                     | 958        | 1355        | 1508                     |
| 36.5             | 429                     | 978        | 1165        | 1369                     |
| 38.7             | 231                     | 695        | 994         | 1100                     |
| 42.8             | 219                     | 451        | 549         | 633                      |

<sup>1</sup> Ausgewachsene, aber noch grüne Früchte.

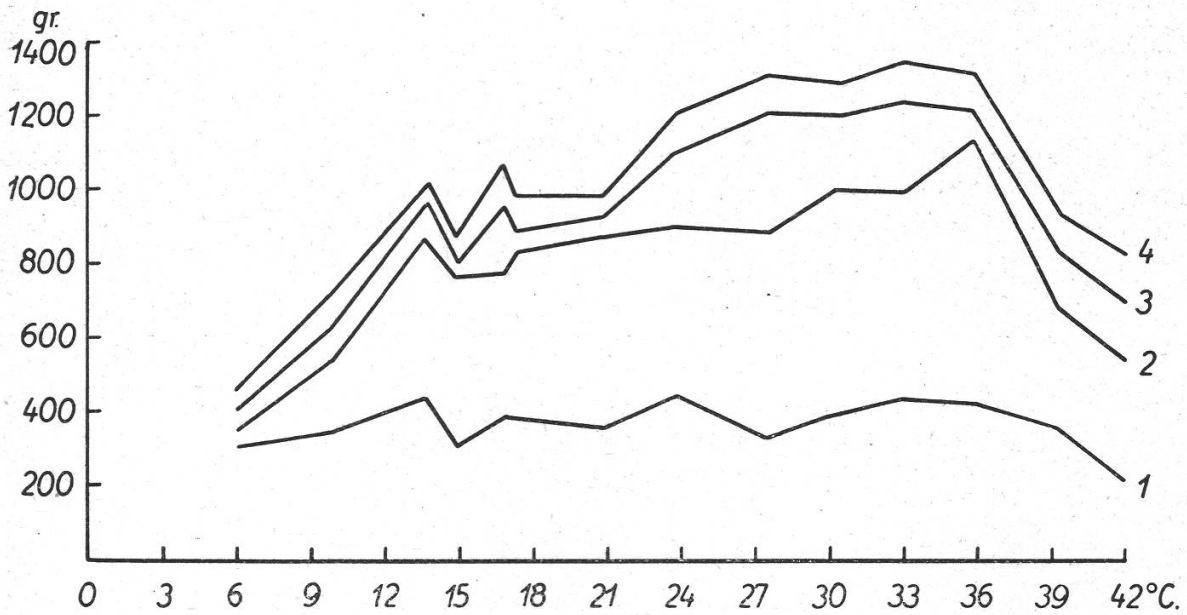


Abbildung 5.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Reifezeit der Früchte. (Versuch A.)

- Kurve 1 : Ernte bis zum 31. August
- » 2 : » » » 14. September
- » 3 : » » » 3. Oktober
- » 4 : » » » 3. Oktober, mitsamt den ausgewachsenen, aber noch grünen Früchten.

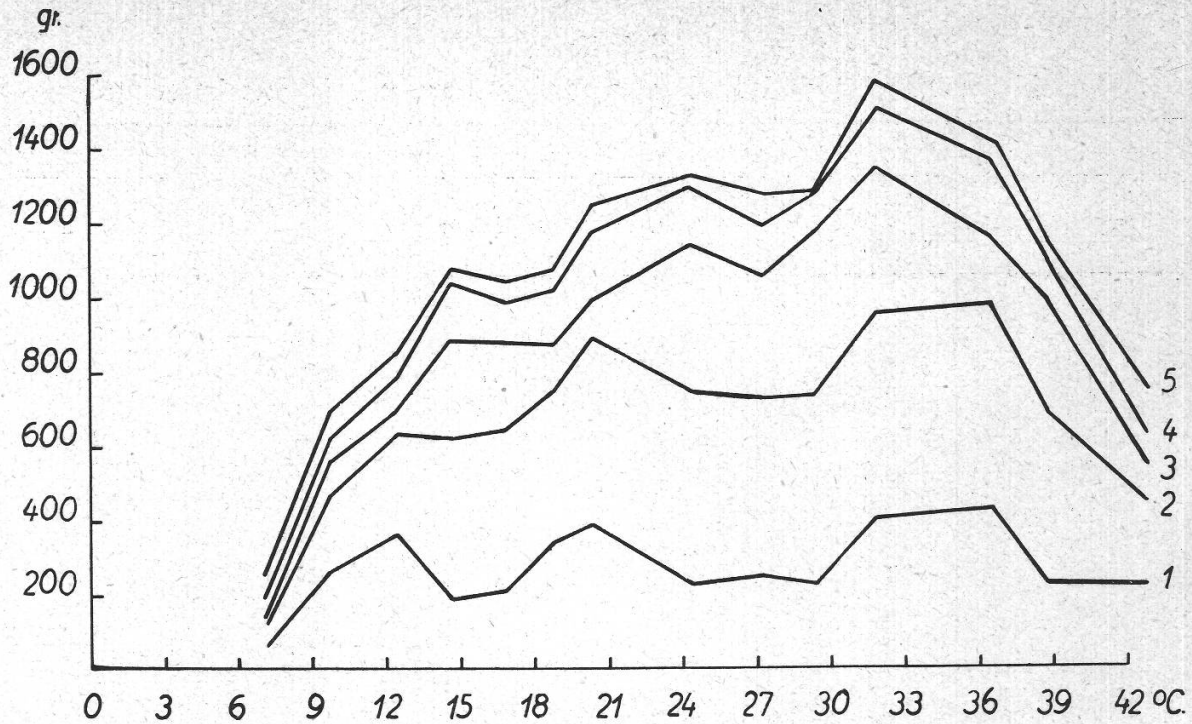


Abbildung 6.

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Reifezeit der Früchte. (Versuch B.)

Kurve 1 : Ernte bis zum 14. September

» 2 : » » » 3. Oktober

» 3 : » » » 10. Oktober

» 4 : » » » 10. Oktober, mitsamt den ausgewachsenen, aber noch grünen Früchten.

» 5 : Gesamternte.

eine sehr hohe Bodenwärme von 33° und 36° konnte trotz Grossfrüchtigkeit wieder eine Steigerung bringen. Die Frühreife wird naturgemäss wesentlich beeinflusst durch hohe Luftwärme und Sonnenbestrahlung. Indem dieser Versuch in die wärmsten Sommermonate fiel, waren die erwähnten Bedingungen voll erfüllt für die Pflanzen aller Temperaturen. Bei kühlerer Lufttemperatur, wie sie im Spätherbst oder Frühjahr auch in Glashäusern vorhanden ist, wäre die Frühreife mit Sicherheit noch bedeutend mehr zugunsten höherer Bodentemperaturen ausgefallen, indem die Wärmeausstrahlung des Bodens wesentlich mitgewirkt hätte. Bei der verhältnismässig hohen Luftwärme, wie sie während unseres Versuches vorhanden war, blieb diese Wärmeausstrahlung zum Teil wirkungslos.

*Anzahl der Früchte und Ertrag auf 100 g Pflanzensubstanz berechnet.*

Tabelle 8.

Die engen Beziehungen zwischen der Ertragszunahme und der Wachstumsvermehrung, wie sie die Kurven Abb. 2 und 3 zu erkennen geben, finden ihren Ausdruck in der Tabelle 8 durch Berechnung der Anzahl der Früchte und der Erträge auf eine gleiche Menge Pflanzen-

Tabelle 8.

Anzahl der Früchte und Ertrag auf 100 g Pflanzensubstanz berechnet.

| Versuch A  |                    |              | Versuch B  |                    |              |
|------------|--------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|
| Temperatur | Anzahl der Früchte | Gewicht in g | Temperatur | Anzahl der Früchte | Gewicht in g |
| °C         |                    |              | °C         |                    |              |
| 6.0        | 92.5               | 205          | 7.1        | 104                | 243          |
| 9.8        | 87                 | 330          | 9.7        | 111                | 430          |
| 13.7       | 107                | 471          | 12.4       | 115                | 509          |
| 15.0       | 73                 | 305          | 14.6       | 90                 | 512          |
| 16.9       | 63.6               | 358          | 18.7       | 89                 | 437          |
| 17.4       | 62                 | 284          | 20.3       | 112                | 575          |
| 21.0       | 65                 | 328          | 24.3       | 87.5               | 501          |
| 23.4       | 56                 | 339          | 27.2       | 86                 | 488          |
| 26.9       | 57.5               | 328          | 29.3       | 74.5               | 472          |
| 30.3       | 57                 | 327          | 32.8       | 96.8               | 560          |
| 32.9       | 60                 | 298          | 36.5       | 106                | 567          |
| 35.9       | 65                 | 329          | 38.7       | 84                 | 425          |
| 39.4       | 47.7               | 233          | 42.8       | 118                | 395          |
| 42.0       | 53                 | —            | —          | —                  | —            |

substanz. So ersehen wir, wie 100 g Pflanzensubstanz bei der sehr tiefen Bodentemperatur von 10° bereits dasselbe Gewicht an Früchten hervorbringt wie bei hohen Temperaturen mit den optimalen Erträgen. Die Gewichtszahlen sind durch alle Temperaturen auffällig ausgeglichen, was zur Annahme berechtigt, dass eine bestimmte Menge Pflanzensubstanz auch nur einen bestimmten Fruchtertrag hervorzubringen vermag; es kann derselbe wenigstens durch die Bodenwärme nicht beeinflusst werden. Inwieweit die Anzahl der Früchte die Gewichtszahlen beeinflusste, erscheint nicht sehr deutlich, es fällt aber auf, dass die Erträge trotz Zu- oder Abnahme von Früchten oft nicht beeinflusst wurden.

*Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Wurzelwachstum.*

Tafel C.

Sehr interessante Resultate ergab bei der Abernte die Prüfung des Wurzelwachstums. Da die innerhalb der extremen Bodentemperaturen fallenden Wurzelballen eine gleichmässige Bewurzelung aufwiesen, unterliess ich, diese photographisch festzuhalten und beschränkte die Darstellung allein auf die auffälligen Abweichungen.

Die Tafel 11, Fig. 2, zeigt uns sieben Wurzelballen, entnommen den Bodentemperaturen von rechts nach links 7.1°, 9.7°, 14.6°, 32.8°, 36.5°, 38.7° und 42°.

Bei 7.1°, der tiefsten Temperatur, erkennen wir eine sehr schwache Bewurzelung, nur wenige Stränge durchzogen den durch die Luftwärme



beeinflussten oberen Teil des Ballens. In dem konstant 6—7° aufweisenden untern Teil konnte ich keine Wurzeln beobachten. 10° zeigt die Bewurzelung etwas stärker, immerhin waren es nur wenige schwach verzweigte Wurzelstränge, die aber die ganze Tiefe des Ballens durchzogen. 12° wies eine gleichmässig gute Bewurzelung auf; die reichverzweigte intensive Durchwurzelung hingegen trat erst bei 14.6° auf. Die Leistungen der Pflanzen bei 9.7°, 12° und 15° sind mit Berücksichtigung ihres Wurzelwachstums sehr gross. Die folgenden höhern Temperaturen wiesen keine ersichtlichen Unterschiede auf, erst von 24° an schien sie intensiver zu sein, um bei 33° (siehe Abbildung) auffallend stark und kräftig zu erscheinen. Der Boden des Ballens und die Luftkanäle (letztere auf der Tafel 11 [Fig. 2] bei 7° gut ersichtlich) waren hier dermassen verfilzt, dass die Kanäle unsichtbar waren. Was bei dieser Bodentemperatur im Wachstum und Ertrag bereits zur Genüge zum Ausdruck kam, scheint sich sehr auffallend auch im Wurzelwachstum zu bestätigen. Bei 36°, der folgenden höhern Bodenwärme, trat plötzlich eine überraschende Abweichung im bisherigen Wurzelwachstum zutage. Die Wurzeln drangen kaum zur halben Tiefe des Topfes vor, bildeten einen festen, dicht durchdrungenen und sehr reich verzweigten Wurzelkomplex, der sich von der untern wurzelfreien Hälfte des Topfballens leicht abheben liess. Die abgehobenen Ballen waren unterseits borstenartig dicht besetzt mit kurzen, abwärts gerichteten gesunden, weissen, gleich langen Wurzelspitzen. Eine tiefer vorgedrungene Wurzel liess sich nicht finden, ebenso fehlten Spuren von abgestorbenen. 39° und 42° zeigen die genau gleiche Erscheinung, nur waren diese Wurzelballen noch flacher. Sie erreichen bei 39° kaum mehr als ein Viertel der Topfballentiefe und sind bei 42° nur noch etwa 3—4 cm dicke fladenartige Wurzelfilze.

Als eine typische Erscheinung dieser Wurzelballen wird die kegelförmige Zuspitzung nach der Mitte auffällig. Diese Form der Wachstumsgrenze ist identisch mit der Abkühlungsgrenze, welche logischerweise in der Mitte des Topfes weiter vorzudringen vermochte als am Rande des Topfes, der unter dem Einfluss der Wassertemperatur steht (siehe Einfluss der Luftwärme auf die Temperatur der Topfballen).

Das sehr intensive, als Optimum erscheinende Wurzelwachstum bei 33°, verglichen mit demjenigen bei 36°, lässt uns innerhalb dieser geringen Temperaturdifferenz eine scharf gezogene Wachstumsgrenze erkennen.

#### *Einfluss der Bodentemperatur auf den Geschmack der Früchte.*

Die Beobachtungen hierüber stützen sich nicht auf genaue Untersuchungen, sondern auf mehrere zufällige Geschmacksproben. Es stellte sich heraus, dass die Früchte sehr tiefer Temperaturen auffallend würzig und aromatisch waren. Ebenso fielen die Früchte sehr hoher

Tabelle 9.

Beeinflussung der Bodenwärme durch die Temperatur der Luft.

| Lufttemperatur 15° C         |   |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatur<br>des<br>Wassers | Abgelesene Bodentemperaturen bei folgenden Tiefen |       |       |       |       |       |       |
|                              | 2 cm  | 4 cm  | 6 cm  | 8 cm  | 10 cm | 12 cm | 14 cm |
| 5.9°                         | 7.0°  | 6.9°  | 6.5°  | 6.3°  | 6.1°  | 6°    | 5.8°  |
| 8.5°                         | 9.6°  | 9.6°  | 9.2°  | 8.9°  | 8.7°  | 8.6°  | 8.5°  |
| 10.6°                        | 11.4°   | 11.2° | 11°   | 10.8° | 10.7° | 10.6° | 10.6° |
| 12.2°                        | 12.7°   | 12.7° | 12.6° | 12.5° | 12.4° | 12.3° | 12.2° |
| 30.6°                        | —   | 26.2° | 27.8° | 28.7° | 29.3° | 29.7° | 30°   |
| 33.5°                        | 25.7°   | 28.9° | 30.3° | 31.2° | 31.9° | 32.3° | 32.5° |
| 37°                          | 29.4°   | 31.7° | 33.7° | 34.7° | 35.5° | 36°   | 36.3° |
| 38.9°                        | 30.9°   | 34.5° | 36.3° | 37.5° | 38.2° | 38.6° | 39.1° |
| 44.7°                        | 34°   | 37.2° | 39.2° | 40.8° | 41.9° | 42.7° | 43.5° |

Temperaturen wie 39° und 42° auf. Diesen haftete oft noch ein eigenartiger unnatürlicher Geschmack an. Im übrigen konnte man keine nennenswerten Unterschiede feststellen. Es erschienen die Früchte der Temperaturen mit den Höchsterträgen etwas fader.

*Zusammenfassung der Ergebnisse.*

A. Der Einfluss der Bodentemperatur auf das Wachstum.

Die untere Wachstumsgrenze zeigte sich ungefähr zwischen 5°—6° und die obere Wachstumsgrenze zwischen 33° und 36° C. Ein annähernd normales Wachstum stellte sich bereits mit Bodentemperaturen von 12° C ein.

Für eine gesunde, kräftige Entwicklung scheint eine Mindesttemperatur von 20° Bedingung zu sein und ist eine Steigerung des Wachstums bis zu einer Bodenwärme von 33° C möglich.

Die Wachstumszunahme erreichte in diesen Topfversuchen nicht sehr grosse Unterschiede. Die Pflanzen dürften, auf freies Land ausgepflanzt, also bei normalen Wachstumsverhältnissen, grössere Unterschiede ergeben haben. Als Beweis diene allein schon das kräftigere Wurzelwachstum der hohen Temperaturen, besonders von 33° C. Die Wurzeln mussten hier in den Töpfen nutzlos verfilzen, hätten sich hingegen in freiem Boden kräftig ausgebreitet.

Als eine interessante Erscheinung fiel das Zusammentreffen von Optimum und Wachstumsgrenze auf, welche zwischen 33° und 36° C einander scharf berührten. Das noch weiter erfolgte Wachstum bis 42° war nur in der abgekühlten Erdoberfläche möglich.

B. Der Einfluss der Bodentemperatur auf den Ertrag.

Diese vom praktischen Standpunkte aus sehr wichtige Frage löste sich zugunsten hoher Temperaturen. Wie beim Wachstum erreichten

Tabelle 10.

Beeinflussung der Bodentemperatur durch die Temperatur der Luft.

| Lufttemperatur 30—28,5°      |   |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatur<br>des<br>Wassers | Abgelesene Bodentemperaturen bei folgenden Tiefen |       |       |       |       |       |       |
|                              | 2 cm  | 4 cm  | 6 cm  | 8 cm  | 10 cm | 12 cm | 14 cm |
| 5.9°                         | 8.3°  | 7.4°  | 6.4°  | 6.3°  | 6.1°  | 5.9°  | —     |
| 7.2°                         | 10.8°   | 9.4°  | 8.4°  | 7.8°  | 7.5°  | 7.2°  | —     |
| 9.5°                         | 13°   | 11.6° | 10.9° | —     | 9.9°  | 9.5°  | —     |
| 11.3°                        | 15.4°   | 13.8° | 12.6° | 12°   | 11.7° | 11.4° | —     |
| 13.3°                        | 17°   | 15.5° | 14.6° | 14.1° | 14°   | 13.3° | —     |
| 18.6°                        | 21.8°   | 20.2° | 19.5° | 19.1° | 18.7° | 18.6° | —     |
| 20.1°                        | 22.3°   | 21.6° | 21.2° | 21°   | 20.8° | 20.6° | —     |
| 24.2°                        | 24.6°   | 24°   | 24.1° | 24.2° | —     | —     | —     |
| 27.5°                        | 25.6°   | 26.6° | 26.7° | 27°   | 27.1° | 27.5° | —     |
| 29.8°                        | 26.9°   | 28.1° | 28.6° | 29.1° | 29.4° | 29.6° | 29.8° |
| 32.7°                        | 28.8°   | 30.6° | 31.4° | 31.9° | 32.2° | 32.4° | 32.5° |
| 36.4°                        | 30.6°   | 32.5° | 33.8° | 34.7° | 35.3° | 35.8° | 36°   |
| 38.2°                        | 34.4°   | 35.9° | 36.8° | 37.2° | 37.6° | 38°   | 38.4° |
| 42.7°                        | 37°   | 39°   | 40.4° | 41.4° | 42°   | 42.5° | 42.6° |

die Erträge bei 14° Bodentemperatur bereits als normal zu bezeichnende Ergebnisse. Die guten Erträge hingegen fielen nur Bodenwärmern über 20° C zu und konnten besonders mit 23° C auf ein sichtbares Optimum gesteigert werden.

Die Unterschiede im Ertragszuwachs zugunsten der Temperaturen über 20° bis 33° C waren erheblich grösser als im Wachstum, sie übertrafen bis ein Drittel und mehr die mittlere Ertragshöhe.

Auch hier muss auf Grund der Topfkultur mit kleinerem Maßstabe gerechnet werden. Normale Wachstumsverhältnisse, also auf freiem Boden, hätten mit Sicherheit die Erträge der hohen Temperaturen bis 33° C wesentlich gesteigert.

Wie günstig der Einfluss sehr hoher Temperaturen auf Tomaten wirkt, beweisen die hohen Erträge, wie sie noch bei 36° und 39° erzielt wurden, trotzdem diese Pflanzen bereits ein stark verringertes Wurzelwerk besaßen.

Auch die Fruchtgrösse nahm zu mit steigender Bodenwärme. Kräftige Pflanzen mit zahlreichen gesunden Blättern beeinflussten das Fruchtgewicht sehr günstig. Ebenso war es die Anzahl der Früchte an einer Pflanze, welche das Fruchtgewicht bestimmte. Die höhern Erträge wurden jedoch nicht immer durch eine grössere Anzahl von Früchten, sondern mehr durch ein grösseres Gewicht der einzelnen Früchte erreicht.

Die Frühreife konnte nur durch sehr hohe Bodentemperaturen gesteigert werden. Im Verhältnis zu den Gesamterträgen reiften aber

auch die Früchte niederer Temperaturen sehr früh. Die Zunahme der Fruchtgrösse, wie sie sich bei Temperaturen über 20° einstellte, schien die Frühreife etwas zu verzögern, was die sehr hohen Temperaturen von 33° und 36° wieder ausglich.

Die Resultate dürften sich bei niederer Luftwärme noch deutlicher zugunsten höherer Bodentemperaturen gestalten, indem in diesem Falle die Ausstrahlung der Erdwärme keine unwesentliche Rolle spielen würde.

#### *Praktische Folgerungen.*

Die Anwendung hoher Bodentemperaturen für die Kultur der Tomaten erscheint auf Grund dieser Versuchsergebnisse empfehlenswert, sofern sie sich auch als wirtschaftlich erweist. Eine künstliche Bodenerwärmung bis zu 20° C wird unzweckmässig sein, nur Temperaturen über 20° C steigern die Erträge wesentlich.

Die Anwendung künstlicher Bodenerwärmung für verschiedene Kulturpflanzen verlangt jedoch Vorsicht und Ueberlegung. Hier liegt dem Studium über den Einfluss der Bodentemperatur auf das Wachstum für verschiedene Pflanzen noch ein weites Feld offen.

---