

**Beitrag zur Ökologie von Laubholzarten
(*Quercus pubescens* WILLD. und *Cornus mas* L.)
im xerothermen Gebiet Mittel-böhmens**

**Príspevek k ekologii dřevin (*Quercus pubescens* WILLD. a *Cornus mas* L.)
v xerothermní oblasti středních Čech**

Karin S t r n a d o v á

Forschungsinstitut für Naturarzneimittel, Praha-Hloubětín

Abstrakt — Die Autorin löst die Frage, wie die Arten *Quercus pubescens* WILLD. und *Cornus mas*. L. auf verschiedene ökologische Bedingungen verschiedener Standorte in Mittelböhmen reagieren. Das Vorkommen der Flaumeiche und des gelben Hartriegels auf extrem trockenen und warmen Standorten (auf sogenannten Steppen) ist vor allem durch die Fähigkeit beider Holzarten, ihr Wasserregime selbst zu regulieren, ermöglicht, und zwar insbesondere durch eine wirksame Begrenzung der Wasserabgabe. Der Verlauf der Transpiration und der grössere Wassergehalt der Blätter auf Waldstandorten und Waldsteppen zeugen von viel günstigeren Bedingungen für beide Arten auf mehr schattigen und feuchten Ökotope, von wo sie aber durch konkurrenzstärkere Hölzer verdrängt werden. Ihre relativ grosse Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit und Wärmemaxima ermöglicht diesen Arten eine Existenz auch unter ökologischen Bedingungen, die andere Hölzer nicht vertragen.

Der für das mittelböhmisches xerotherme Gebiet charakteristische Bewuchs sind Bestände von Flaumeichen, welche sich entweder zu lichten unzusammenhängenden Wäldern entwickeln, oder in Form der sogenannten Waldsteppe vorkommen, welche in ihrer Verbreitung an extreme Lagen vorwiegend an Südhänge gebunden ist (extrem vom Gesichtspunkt des Mikroklimas und des Bodens). Der typische Vertreter der Baumbestände ist also vor allem die Flaumeiche (*Quercus pubescens* WILLD.) und unter den Sträuchern der gelbe Hartriegel (*Cornus mas* L.). Beide Laubholzarten können als charakteristische Xerophyten angesehen werden.

Das auf extreme Standorte beschränkte Auftreten der Flaumeiche ist ökologisch durch ihre geringen Ansprüche an Bodentiefe und Bodenfeuchtigkeit begründet. KLIKA (1932 p. 323, 1933 p. 760) behauptet sogar, dass diese Laubholzart einen hohen Wassergehalt im Boden nicht verträgt. Eine weitere Erklärung für dieses Auftreten der Flaumeiche stützt sich auf phytozoologische Beziehungen: infolge der geringen Konkurrenzfähigkeit pflügt die Flaumeiche aus allen günstigeren Standorten, vor allem durch die Traubeneiche und die Hainbuche, verdrängt zu werden. Nichtsdestoweniger kann man in der Verbreitung der Flaumeiche wesentliche Standortsunterschiede sowohl im Bezug auf das Mikroklima als auch auf die Bodenbeschaffenheit feststellen (insbesondere betreffs der Feuchtigkeit und Tiefe des Bodens).

Trockene, sonnige meistens gegen Süden gelegene Hänge werden auch als optimaler Standort für den Hartriegel angeführt (HEGI 1926, p. 1550). Gleichzeitig finden wir aber diese Laubholzart auch umgekehrt an schattigen, kühleren und feuchteren Orten auf Schutthalden und auf Talböden.

Es bietet sich also die Erwägung an, wie diese beiden Laubholzarten auf die unterschiedlichen Standortsbedingungen reagieren — wie breit ihre ökologische Amplitude ist.

Zur Beurteilung der Eignung des Standortes für die gegebene Pflanzenart, sowie für die Bestimmung der Widerstands- und Anpassungsfähigkeit der Pflanze an die jeweiligen Standortsbedingungen, wäre vom ökologischen Stand-

punkt aus der verlässlichste Maststab die Gesamtwasserbilanz, d. h. das Verhältnis der Wasseraufnahme zu den Transpirationsverlusten. Die Ökologie entbehrt indessen bisher eine Methode für die direkte und quantitative Bestimmung der Wasseraufnahme aus dem Boden im Freiland. Genauer kann nur der Wasserstand innerhalb der Pflanze und deren Wasserabgabe verfolgt werden.

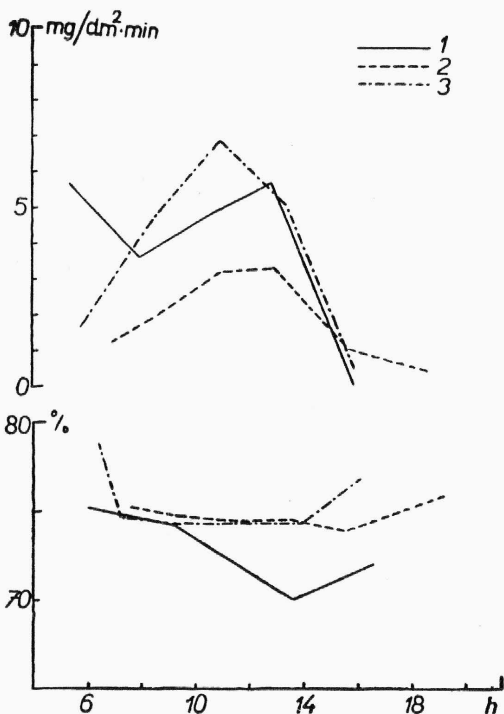


Abb. 1. — *Quercus pubescens*. Die Transpiration in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$. und der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes; 1 — Steppe (15. V. 57), 2 — Wald (14. V. 57), 3 — Waldsteppe (16. V. 57). — Transpirace v $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$. a obsah vody v listech v % čerstvé váhy; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep.

Zur Gegenüberstellung des Wasserhaushaltes bei der Flaumeiche und dem Hartriegel an verschiedenen Standorten haben wir im Jahre 1957 einige kurzfristige Messungen im Verlaufe der Vegetationsperiode vorgenommen, bei denen der Tagesverlauf der Transpiration und der Wassergehalt der Blätter verfolgt wurden. (Zu den Messungen verwendeten wir deshalb die Blätter, weil diese als Organe des intensivsten Wasseraustausches und der grössten Verdunstung den Wasserhaushalt der Pflanze am stärksten beeinflussten.) Der Wasserhaushalt der Knospen und Blätter beider Laubholzarten wurde gleichzeitig, fortlaufend während eines ganzen Jahres, verfolgt. Die kurzfristigen Messungen konzentrierten sich indessen an jedem Standort immer auf einem Flaumeichenbaum und einen Hartriegelstrauch. Zugleich mit der Messung der Transpiration wurde der Tagesverlauf der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und der Verdunstung registriert.

Als Messungsorte wählten wir hinlänglich verschiedenartige Standorte beider Laubholzarten im Rahmen des verhältnismässig beschränkten Gebietes des Hügels

Velká hora bei Karlštejn (im Zentrum des Böhmisches Karstgebietes). Die phytozöologischen, bodenkundlichen und bodenmikrobiologischen Verhältnisse der Velká hora waren bereits Gegenstand eingehender Studien im Rahmen der komplexen wissenschaftlichen Durchforschung dieser Reservation (KLIKA 1942, MAŘAN 1942, KÁŠ 1942). Einzelheiten über die mikroklimatischen und Boden-Messungen, mit Hilfe derer an den einzelnen Messungsortn die tägliche Periodizität der Luft- und Bodentemperatur, der Verdunstung und Luftfeuchtigkeit gemessen wurden, sowie der Jahresverlauf der Niederschläge, der Bodenfeuchtigkeit und der Veränderungen der Intensität der Belichtung, haben wir andernorts angeführt (STRNADOVÁ-HERMANSKÁ 1958).

Die Messungsstandorte wurden, dem Charakter des Bewuchses entsprechend, als Steppe, Waldsteppe, Wald und Schutthaldenwald bezeichnet,

eiche veränderte sich die Breite der Apertur der Spaltöffnungen nur unmerklich; während des Sommers waren sie zum grössten Teil völlig geschlossen. Nichtsdestoweniger konnte gleichzeitig mit dem Absinken der Transpiration auch ein Schliessen der Spaltöffnungen und nachmittags wieder ein schwaches Sich-öffnen beobachtet werden (Abb. 3). Eine geringe Beweglichkeit der Spaltöffnungen, insbesondere bei ungünstigen Bedingungen, erachtet YOCUM (1935) für eine charakteristische Eigenschaft fast aller Arten der Gattung *Quercus*.

Wesentlich auffallender waren die Bewegungen der Spaltöffnungen des Hartriegels. Im Frühjahr und Sommer waren beim Hartriegel in der Steppe die Spaltöffnungen schon um 6 Uhr früh bei der ersten Messung stark geöffnet. In den Mittagsstunden schlossen sie sich zum Teil; zugleich verringerte sich die Transpiration. Das zweite Transpirationsmaximum am Nachmittag war dagegen mit dem Öffnen der Spaltöffnungen verbunden (als Folge des Ansteigens des Wassergehaltes in den Blättern stieg auch der Turgor in den Schliesszellen). (Abb. 4.) Das Schliessen der Spaltöffnungen am Abend trat in gleicher Weise wie das Öffnen am Morgen unter dem Einfluss des Lichtes ein.

Im Wald, in der Waldsteppe und im Schutthaldenwald, bei ausreichendem Wasservorrat im Boden und verhältnismässig geringerem Absinken der Luftfeuchtigkeit als auf der Steppe, spielte wahrscheinlich während des ganzen Tages die fotoaktive Reaktion eine vorwiegende Rolle bei der Regulierung der Spaltöffnungen; den eingipfeligen Transpirationskurven entsprechen auch eingipfelige Kurven der Spaltöffnungsbewegungen.

Der regulierende Einfluss der Spaltöffnungen auf den Transpirationsprozess bei verschlechterten Wasserversorgungsbedingungen bestätigte sich also auch in unserem Falle bei der Flaumeiche und dem Hartriegel.

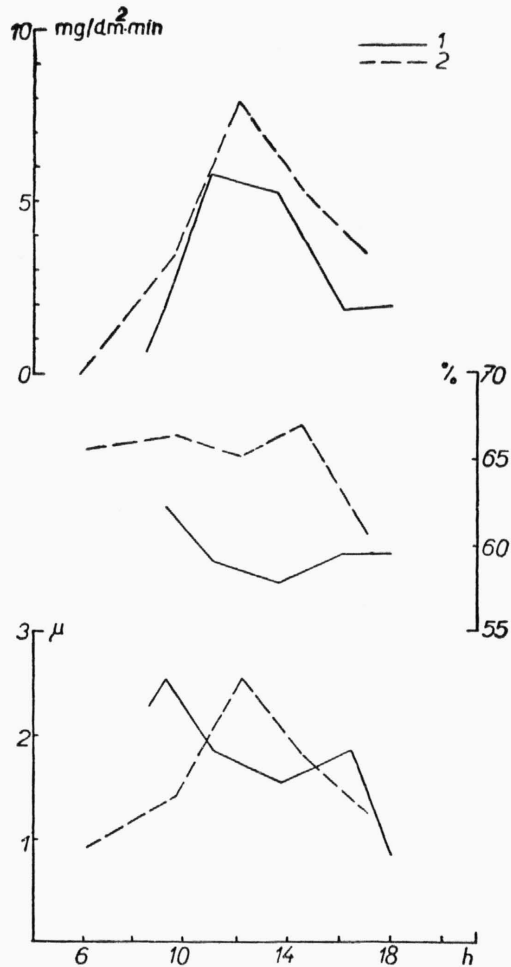


Abb. 6. — *Cornus mas*. Die Transpiration in $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$, der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber; 1 — Steppe (5. IX. 57), 2 — Schutthaldenwald (5. IX. 57). — Transpirace v $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$, obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne; 1 step, 2 suťový les.

**Beitrag zur Ökologie von Laubholzarten
(*Quercus pubescens* WILLD. und *Cornus mas* L.)
im xerothermen Gebiet Mittel-böhmens**

**Príspevek k ekologii dřevin (*Quercus pubescens* WILLD. a *Cornus mas* L.)
v xerothermní oblasti středních Čech**

Karin S t r n a d o v á

Forschungsinstitut für Naturarzneimittel, Praha-Hloubětín

Abstrakt — Die Autorin löst die Frage, wie die Arten *Quercus pubescens* WILLD. und *Cornus mas*. L. auf verschiedene ökologische Bedingungen verschiedener Standorte in Mittelböhmen reagieren. Das Vorkommen der Flaumeiche und des gelben Hartriegels auf extrem trockenen und warmen Standorten (auf sogenannten Steppen) ist vor allem durch die Fähigkeit beider Holzarten, ihr Wasserregime selbst zu regulieren, ermöglicht, und zwar insbesondere durch eine wirksame Begrenzung der Wasserabgabe. Der Verlauf der Transpiration und der grössere Wassergehalt der Blätter auf Waldstandorten und Waldsteppen zeugen von viel günstigeren Bedingungen für beide Arten auf mehr schattigen und feuchten Ökotope, von wo sie aber durch konkurrenzstärkere Hölzer verdrängt werden. Ihre relativ grosse Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit und Wärmemaxima ermöglicht diesen Arten eine Existenz auch unter ökologischen Bedingungen, die andere Hölzer nicht vertragen.

Der für das mittelböhmisches xerotherme Gebiet charakteristische Bewuchs sind Bestände von Flaumeichen, welche sich entweder zu lichten unzusammenhängenden Wäldern entwickeln, oder in Form der sogenannten Waldsteppe vorkommen, welche in ihrer Verbreitung an extreme Lagen vorwiegend an Südhänge gebunden ist (extrem vom Gesichtspunkt des Mikroklimas und des Bodens). Der typische Vertreter der Baumbestände ist also vor allem die Flaumeiche (*Quercus pubescens* WILLD.) und unter den Sträuchern der gelbe Hartriegel (*Cornus mas* L.). Beide Laubholzarten können als charakteristische Xerophyten angesehen werden.

Das auf extreme Standorte beschränkte Auftreten der Flaumeiche ist ökologisch durch ihre geringen Ansprüche an Bodentiefe und Bodenfeuchtigkeit begründet. KLIKA (1932 p. 323, 1933 p. 760) behauptet sogar, dass diese Laubholzart einen hohen Wassergehalt im Boden nicht verträgt. Eine weitere Erklärung für dieses Auftreten der Flaumeiche stützt sich auf phytozoologische Beziehungen: infolge der geringen Konkurrenzfähigkeit pflegt die Flaumeiche aus allen günstigeren Standorten, vor allem durch die Traubeneiche und die Hainbuche, verdrängt zu werden. Nichtsdestoweniger kann man in der Verbreitung der Flaumeiche wesentliche Standortsunterschiede sowohl im Bezug auf das Mikroklima als auch auf die Bodenbeschaffenheit feststellen (insbesondere betreffs der Feuchtigkeit und Tiefe des Bodens).

Trockene, sonnige meistens gegen Süden gelegene Hänge werden auch als optimaler Standort für den Hartriegel angeführt (HEGI 1926, p. 1550). Gleichzeitig finden wir aber diese Laubholzart auch umgekehrt an schattigen, kühleren und feuchteren Orten auf Schutthalden und auf Talböden.

Es bietet sich also die Erwägung an, wie diese beiden Laubholzarten auf die unterschiedlichen Standortsbedingungen reagieren — wie breit ihre ökologische Amplitude ist.

Zur Beurteilung der Eignung des Standortes für die gegebene Pflanzenart, sowie für die Bestimmung der Widerstands- und Anpassungsfähigkeit der Pflanze an die jeweiligen Standortsbedingungen, wäre vom ökologischen Stand-

punkt aus der verlässlichste Maststab die Gesamtwasserbilanz, d. h. das Verhältnis der Wasseraufnahme zu den Transpirationsverlusten. Die Ökologie entbehrt indessen bisher eine Methode für die direkte und quantitative Bestimmung der Wasseraufnahme aus dem Boden im Freiland. Genauer kann nur der Wasserstand innerhalb der Pflanze und deren Wasserabgabe verfolgt werden.

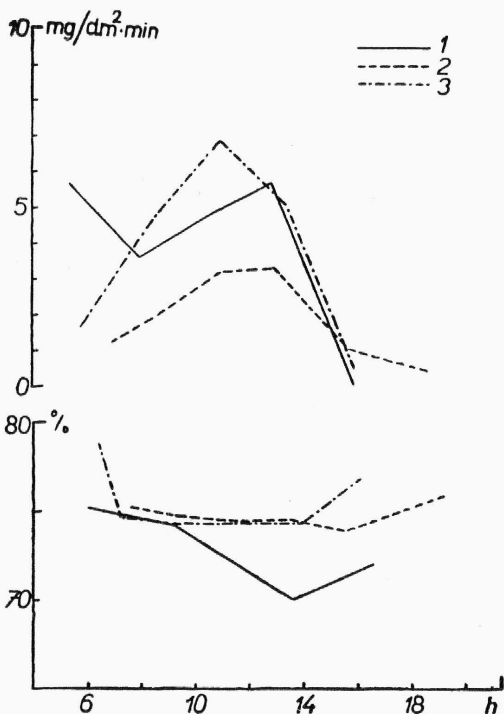


Abb. 1. — *Quercus pubescens*. Die Transpiration in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$. und der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes; 1 — Steppe (15. V. 57), 2 — Wald (14. V. 57), 3 — Waldsteppe (16. V. 57). — Transpirace v $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$. a obsah vody v listech v % čerstvé váhy; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep.

Zur Gegenüberstellung des Wasserhaushaltes bei der Flaumeiche und dem Hartriegel an verschiedenen Standorten haben wir im Jahre 1957 einige kurzfristige Messungen im Verlaufe der Vegetationsperiode vorgenommen, bei denen der Tagesverlauf der Transpiration und der Wassergehalt der Blätter verfolgt wurden. (Zu den Messungen verwendeten wir deshalb die Blätter, weil diese als Organe des intensivsten Wasseraustausches und der grössten Verdunstung den Wasserhaushalt der Pflanze am stärksten beeinflussten.) Der Wasserhaushalt der Knospen und Blätter beider Laubholzarten wurde gleichzeitig, fortlaufend während eines ganzen Jahres, verfolgt. Die kurzfristigen Messungen konzentrierten sich indessen an jedem Standort immer auf einem Flaumeichenbaum und einen Hartriegelstrauch. Zugleich mit der Messung der Transpiration wurde der Tagesverlauf der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und der Verdunstung registriert.

Als Messungsorte wählten wir hinlänglich verschiedenartige Standorte beider Laubholzarten im Rahmen des verhältnismässig beschränkten Gebietes des Hügels

Velká hora bei Karlštejn (im Zentrum des Böhmisches Karstgebietes). Die phytozöologischen, bodenkundlichen und bodenmikrobiologischen Verhältnisse der Velká hora waren bereits Gegenstand eingehender Studien im Rahmen der komplexen wissenschaftlichen Durchforschung dieser Reservation (KLIKA 1942, MAŘAN 1942, KÁŠ 1942). Einzelheiten über die mikroklimatischen und Boden-Messungen, mit Hilfe derer an den einzelnen Messungsortn die tägliche Periodizität der Luft- und Bodentemperatur, der Verdunstung und Luftfeuchtigkeit gemessen wurden, sowie der Jahresverlauf der Niederschläge, der Bodenfeuchtigkeit und der Veränderungen der Intensität der Belichtung, haben wir andernorts angeführt (STRNADOVÁ-HERMANSKÁ 1958).

Die Messungsstandorte wurden, dem Charakter des Bewuchses entsprechend, als Steppe, Waldsteppe, Wald und Schutthaldenwald bezeichnet,

wobei die Steppe der trockenste Standort war, mit hoher Verdunstung und sehr extremen Lufttemperaturen, der Schutthaldenwald dagegen der feuchteste und kühlfste, am meisten beschattete. Die Waldsteppe und der Wald nahmen durch die Ausgleichung ihrer Standortbedingungen eine Mittelstellung zwischen den beiden zuerst angeführten Standorten ein.

Methoden

Zur Messung der Transpiration verwendeten wir die Methode der in kurzen Intervallen wiederholten Wägungen abgechnittener Blätter (IVANOV 1918, 1928, 1950, HUBER 1927, STOCKER 1929, PFLEIDERER 1933, RAWITSCHER 1955, SLAVÍK 1954 p. 277—326). Diese Wägungen wurden auf der Torsionswaage durchgeführt. Am Blattstiel wurde noch vor der Abtrennung vom Zweige eine Kanzleiklammer befestigt, an welcher das Blatt nachher am Waagearm aufgehängt wurde. Die durch das Abbrechen des Blattstiels entstandene Wunde liessen wir unverschlossen; es wurde nämlich statistisch festgestellt, dass der durch die Verdunstung aus der Wunde am Blattstiel entstandene Fehler den Methodenfehler nicht übertrifft (RODINOV 1955, 1957). Die Torsionswaage wurde unmittelbar in der Baumkrone angebracht und war gegen den Wind durch eine Pappschachtel geschützt. Das Blatt wurde längstens eine Minute nach dem Abbrechen gewogen und dann möglichst an der Ursprungstelle noch 2½ Minuten exponiert; noch vor Ablauf der dritten Minute wurde es dann nochmals gewogen. Die Intensität der Transpiration wurde aus dem Gewichtsverlust errechnet. Für eine Bestimmung wurden 8—12 Blätter gewogen, welche nach Möglichkeit gleich alt und gleich belichtet waren (aus dem südlichen Teil der Baumkrone) und aus der gleichen Höhenlage in der Baumkrone (150 cm über dem Erdboden) stammten. Die für die Bestimmung einer Serie benötigte Zeitspanne betrug rund 15 Minuten. Die Ergebnisse rechneten wir auf die beiderseitige Blattoberfläche um. So war es möglich, die Transpiration mit der Verdunstung zu vergleichen (die mit Hilfe des feuchten Filtrierpapiers des Evaporimeters festgestellt wurde).

Gleichzeitig mit der Messung der Transpiration, wurde auch die kurzfristige Evaporation mit der Methode von Stocker gemessen (STOCKER 1929). Ein angefeuchtetes grünes Filtrierpapierscheibchen mit einem Durchmesser von 4 cm wurde vor der Durchführung der Transpirationsmessung und nach deren Abschluss gewogen. In der Zwischenzeit, also für die Dauer von 15—20 Minuten, wurde das Scheibchen mittels einer Kanzleiklammer in waagerechter Lage an der Stelle der Baumkrone expo-

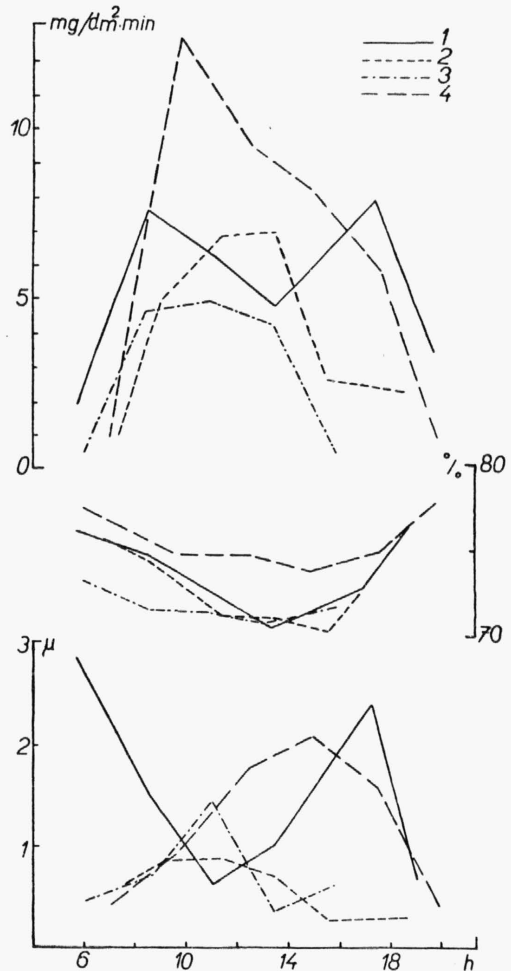


Abb. 2. — *Cornus mas*. Die Transpiration in $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$., der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber; 1 — Steppe (15. V. 57), 2 — Wald (14. V. 57), 3 — Waldsteppe (16. V. 57), 4 — Schutthaldenwald (15. V. 57). — Transpirace v $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$., obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep, 4 — suťový les.

niert, von der die geprüften Blätter stammten. Die Evaporation wurde gleichfalls auf die beidseitige Oberfläche bezogen.

Die Apertur der Spaltöffnungen haben wir mit Kolloidumabzügen der Blattfläche festgestellt (BUSCALLIONI und POLLACCI 1902, SLAVÍK 1954 p. 303—304). Eine 4%ige Kolloidumlösung in Aether wurde auf die untere Blattseite aufgetragen; nach Verdunstung des Aethers löste sich die durchsichtige Folie von selbst ab. Diese Folien unterzogen wir einer mikroskopischen Untersuchung im wässrigen Präparat. Die Breite der Apertur der Spaltöffnungen (in der Mitte) wurde mit dem Mikrometer ermittelt. Für jede Bestimmung wurden Kolloidumabzüge von je 5 Blättern untersucht; an jedem Abzug wurde die Apertur von 25 Spaltöffnungen festgestellt.

Zur Ermittlung des Wassergehaltes im Verlaufe eines Jahres wurden von jeder der beiden Laubholzarten an jedem Messstandort drei Exemplare ausgewählt, von welchen während des Frühjahrs in wöchentlichen oder vierzehntägigen, während des Sommers in monatlichen Intervallen von jedem Exemplar 15—20 Blätter und 20—30 Knospen immer um 9 Uhr Früh entnommen wurden. (Die häufigere Entnahme im Frühjahr ist wegen der raschen Veränderungen des Wasserhaushaltes der Pflanzen unumgänglich.) Diese Proben wurden in Eprovetten mit Gummistöpseln verschlossen und unmittelbar nach Zustellung ins Laboratorium, jedenfalls aber noch am selben Tag, gewogen. Die Trockentemperatur war 95—100° C. Der Wassergehalt ist in % des Frischgewichtes ausgedrückt.

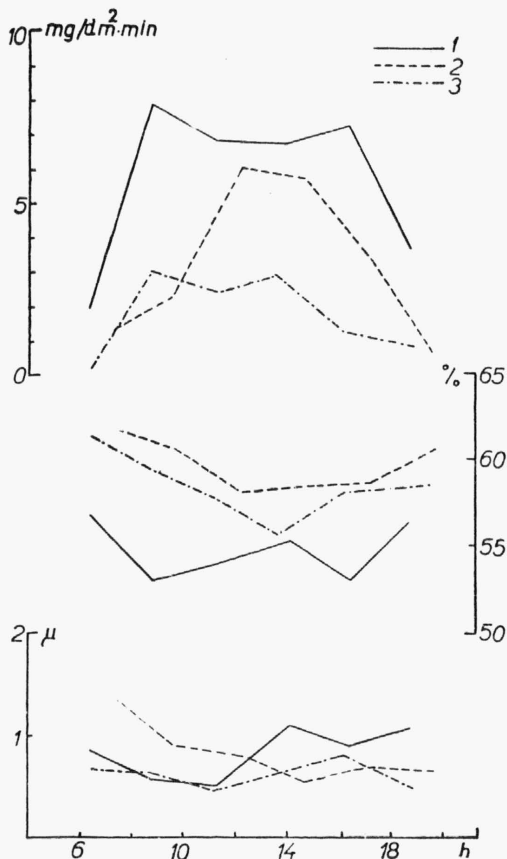


Abb. 3. — *Quercus pubescens*. Die Transpiration in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$., der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber; 1 — Steppe (4. VII. 57), 2 — Wald (3. VII. 57), 3 — Waldsteppe (3. VII. 57). — Transpirace v $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min}$., obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep.

Transpiration

Die tägliche Periodizität der Transpiration steht in unmittelbarer Verbindung mit den Bedingungen der Wasserversorgung der Pflanze. STÖCKER und WALTER (1951) unterscheiden einige Grundtypen der Transpirationskurven. Bei optimaler Wasserzufuhr ist der Transpirationsverlauf während des ganzen Tages gleichlaufend mit der Evaporation. Die Transpirationskurve ist eingipfelig, mit dem Maximum in den Mittagsstunden. Dieser Kurventypus ist für Standorte mit hinlänglichem und zugänglichem Wasservorrat im Boden, oder aber für Tage mit bedecktem Himmel und andauernd geringer Verdunstung charakteristisch. An sonnigen Tagen ist die Pflanze indessen auch bei ausreichendem Wasservorrat im Boden in der Regel nicht imstande, die erhöhte Wasserausgabe zu decken, die der erhöhten Evaporation ents-

pricht. Die Steigerung des Wasserdefizites in der Pflanze wird gewöhnlich dadurch verhindert, dass die Transpiration in den Mittagsstunden gleich bleibt, auch wenn die Verdunstung steigt. Die Transpirationskurve weist also gleichfalls nur einen Gipfel auf, dieser ist indessen, verglichen mit dem ersten Typus, herabgesetzt und das Mittagsmaximum ist nicht mehr nachweisbar. Ist eine erhöhte Evaporation noch überdies mit Wassermangel im Boden verbunden, so kommt es meistens zu einer viel deutlicheren Einschränkung der Transpiration. Morgens steigt zu nächst die Transpiration, aber schon in den Mittagsstunden beginnt sie bei ständig steigender

Verdunstung zu fallen, und erst am Nachmittag erreicht sie ein neues Maximum, so dass die Kurve zwei Gipfel aufweist. Sie kann aber auch drei Gipfel aufzeigen, wenn ausser der mittäglichen Depression noch eine weitere am Vormittag eintritt (POLJAKOFF 1945, POLSTER 1950), oder sie kann auch nur ein Maximum am Morgen aufweisen, wenn andauernder Wassermangel ein erneutes Ansteigen der Transpiration am Nachmittag zu einem zweiten Maximum nicht mehr gestattet (ROUSCHAL 1938). Der extreme Fall einer Einschränkung der Transpiration ist eine völlig flache Kurve, die deren Absinken während des ganzen Tages auf ein Minimum beweist.

Von den angeführten Typen wurden für die Transpiration von Kräutern (MÜLLER-STOLL 1935) sowie Holzgewächsen (BOSIAN 1933, BIRAND 1939, ROUSCHAL 1938, PISEK und CARTELLIERI 1939, POLJAKOFF 1945, SILINA 1958) an trockenen Standorten am häufigsten Transpirationskurven mit zwei Gipfeln beschrieben.

Bei unseren Messungen auf der Velká hora bei Karlštejn stellten wir im Frühjahr bei den beiden Laubholzarten auf der Steppe zweigipfelige Transpirationskurven fest, im Sommer auch beim Hartriegel im Schutthaldenwald und bei der Flaumeiche in der Waldsteppe. Im Wald selbst hatte der Tagesverlauf der Transpiration immer nur ein Maximum.

Mit Ausnahme der Flaumeiche, deren Kurve während der im Mai vorgenommenen Messung einigermaßen verschoben war, war der Tagesverlauf der Transpiration im Frühjahr und Sommer auf der Steppe bei beiden Laubholzarten sehr ähnlich: mit ziemlich steilem Anstieg erreichte die Transpiration ihr erstes Maximum schon nach 8 Uhr früh. Der darauffolgende Abfall war in den Mittagsstunden, in der Zeit der intensivsten Verdunstung, am tiefsten. Das zweite Maximum, das sich erst spät am Nachmittag (annähernd um 17 Uhr) zeigte, war bei beiden Laubholzarten etwas niedriger als das erste. Auch das mittägliche Absinken der Transpiration war im Sommer nicht so deutlich wie im Frühjahr (Abb. 1, 2, 3, 4). Ähnliche Abweichungen beobachtete bei Transpirationskur-

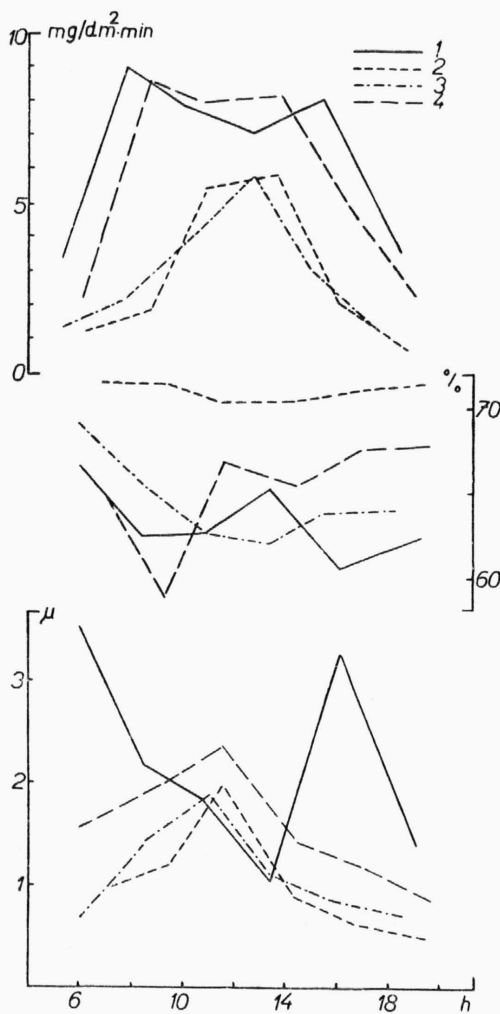


Abb. 4. — *Cornus mas*. Die Transpiration in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min.}$, der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber; 1 — Steppe (4. VII. 57), 2 — Wald (3. VII. 57), 3 — Waldsteppe (3. VII. 57), 4 — Schutthaldenwald (4. VII. 57). — Transpirace v $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min.}$, obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep, 4 — suťový les.

ven mit zwei Gipfeln auch ROUSCHAL (1938), welcher den Transpirationsausgleich für eine Auswirkung eines gesteigerten Wassermangels im Boden erachtet. In Anbetracht der verschlechterten Feuchtigkeitsverhältnisse auf der Steppe während des Sommers (im Vergleich zu den Verhältnissen im Mai) ist diese Erklärung auch in unserem Falle möglich.

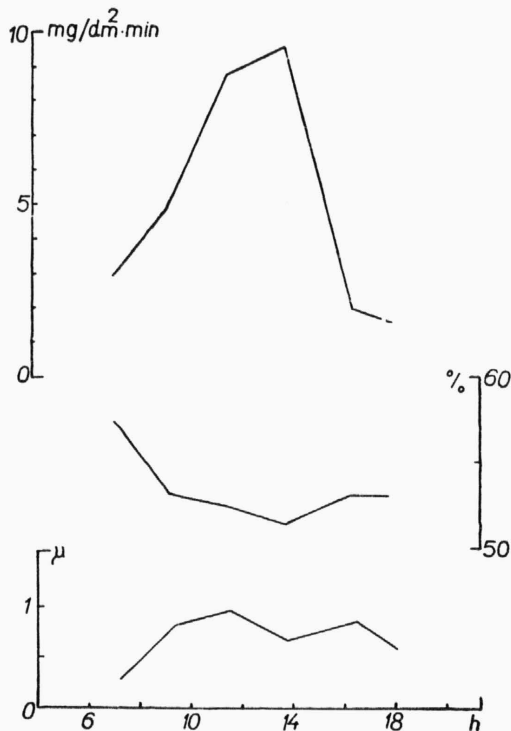


Abb. 5. — *Quercus pubescens*. Die Transpiration in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min.}$, der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber, in der Steppe (5. IX. 57). — Transpirace v $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{min.}$, obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne na stepi (5. IX. 57).

Die eingipfeligen Transpirationskurven der Messungen im Wald und im Frühjahr auch im Schutthaldenwald und in der Waldsteppe unterscheiden sich nur in der zeitlichen Verlagerung der Maxima, welche auch hier, im Vergleich mit der Verdunstung, einigermassen herabgesetzt waren. Die spätere Kulmination der Transpirationskurve im Wald wurde indessen wahrscheinlich nur durch die nordwestliche Lage dieses Standortes verursacht (im Gegensatz zur Waldsteppe mit südöstlicher Lage).

Bei der Messung im Herbst (anfangs September) konnte nur ein einziger sonniger Tag ausgenutzt werden, an dem die Messungen auf der Steppe und im Schutthaldenwald durchgeführt wurden. Der eingipfelige Verlauf der Transpiration bei beiden Laubholzarten, diesmal auch auf der Steppe, war hier wahrscheinlich das Ergebnis hinreichender Wasservorräte im Boden nach anhaltenden Regenfällen im Juli und August (Abb. 5, 6).

Die erhöhte Intensität der Transpiration und insbesondere ihr während des Tages eingeschränkter Verlauf in der Steppe im Frühjahr

und Sommer waren die Folge der extremen Luft- und Bodentrockenheit an diesem Standort. Beim Hartriegel äusserte sich der Einfluss der Trockenheit durch Rotfärbung und Faltung der Blätter. Ähnliche Merkmale des Wassermangels beschreibt VOLK (1937) bei *Cornus sanguinea*. Im Wald waren umgekehrt eingipfelige Transpirationskurven der Beweis genügender Wasserzufuhr.

Die Ergebnisse der mikroklimatischen Messungen, welche zur Kontrolle gleichzeitig mit den Transpirationmessungen erfolgten, führen wir in den Tabellen 1, 2, und 3 an.

Mit Ausnahme der Frühjahrmessung verfolgten wir gleichzeitig mit der Transpiration immer auch den Zustand der Spaltöffnungen. Bei der Flaum-

eiche veränderte sich die Breite der Apertur der Spaltöffnungen nur unmerklich; während des Sommers waren sie zum grössten Teil völlig geschlossen. Nichtsdestoweniger konnte gleichzeitig mit dem Absinken der Transpiration auch ein Schliessen der Spaltöffnungen und nachmittags wieder ein schwaches Sich-öffnen beobachtet werden (Abb. 3). Eine geringe Beweglichkeit der Spaltöffnungen, insbesondere bei ungünstigen Bedingungen, erachtet YOCUM (1935) für eine charakteristische Eigenschaft fast aller Arten der Gattung *Quercus*.

Wesentlich auffallender waren die Bewegungen der Spaltöffnungen des Hartriegels. Im Frühjahr und Sommer waren beim Hartriegel in der Steppe die Spaltöffnungen schon um 6 Uhr früh bei der ersten Messung stark geöffnet. In den Mittagsstunden schlossen sie sich zum Teil; zugleich verringerte sich die Transpiration. Das zweite Transpirationsmaximum am Nachmittag war dagegen mit dem Öffnen der Spaltöffnungen verbunden (als Folge des Ansteigens des Wassergehaltes in den Blättern stieg auch der Turgor in den Schliesszellen). (Abb. 4.) Das Schliessen der Spaltöffnungen am Abend trat in gleicher Weise wie das Öffnen am Morgen unter dem Einfluss des Lichtes ein.

Im Wald, in der Waldsteppe und im Schutthaldenwald, bei ausreichendem Wasservorrat im Boden und verhältnismässig geringerem Absinken der Luftfeuchtigkeit als auf der Steppe, spielte wahrscheinlich während des ganzen Tages die fotoaktive Reaktion eine vorwiegende Rolle bei der Regulierung der Spaltöffnungen; den eingipfeligen Transpirationskurven entsprechen auch eingipfelige Kurven der Spaltöffnungsbewegungen.

Der regulierende Einfluss der Spaltöffnungen auf den Transpirationsprozess bei verschlechterten Wasserversorgungsbedingungen bestätigte sich also auch in unserem Falle bei der Flaumeiche und dem Hartriegel.

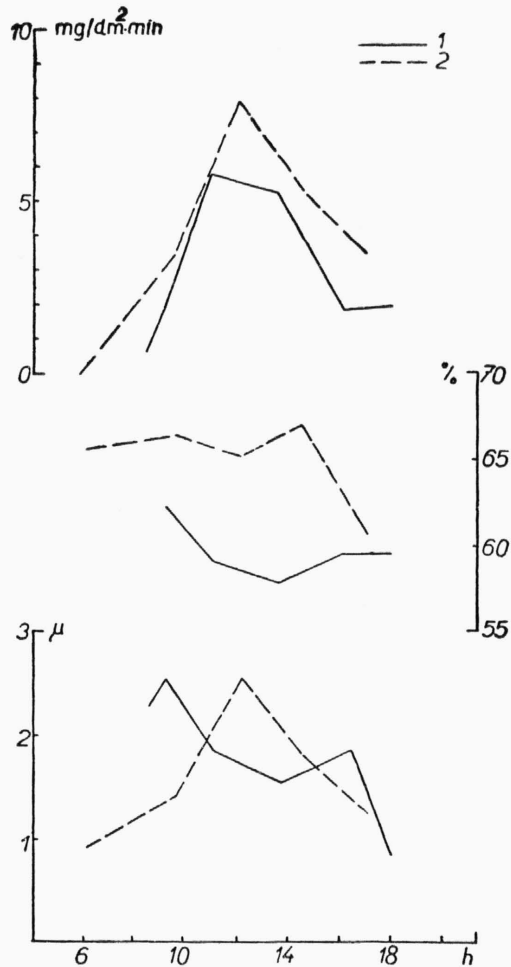


Abb. 6. — *Cornus mas*. Die Transpiration in $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$, der Wassergehalt der Blätter in Prozenten des Frischgewichtes und die Apertur der Spaltöffnungen an Blättern tagsüber; 1 — Steppe (5. IX. 57), 2 — Schutthaldenwald (5. IX. 57). — Transpirace v $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$, obsah vody v listech v % čerstvé váhy a stav průduchů na listech během dne; 1 step, 2 suťový les.

Zur Veranschaulichung des Grades der Regulationsfähigkeit des Wasserhaushaltes bei der Flaumeiche und dem Hartriegel an einzelnen Standorten verwenden wir das Verhältniss der Transpiration zur Verdunstung, welche gleichzeitig und unter den gleichen Bedingungen gemessen wurde. Durch

Tab. 1

Der Tagesverlauf der Lufttemperatur, der Verdunstung und der Luftfeuchtigkeit bei den Frühjahrsmessungen. — Denní průběh vzdušné teploty, výparu a vzdušné vlhkosti při jarním měření

	Steppe (15. V. 57)					
	5-50	8-25	11-00	13-45	16-10	18-45
Lufttemperatur °C	6,6	16,0	20,4	21,0	21,4	20,2
Verdunstung ml/St	—	0,06	0,96	1,42	1,45	0,91
Luftfeuchtigkeit %	98	70	35	33,5	36	35
	Wald (14. V. 57)					
	7-15	9-00	11-00	13-30	15-45	18-30
Lufttemperatur °C	11,0	15,2	16,2	18,2	18,8	16,8
Verdunstung ml/St	—	0,11	0,62	0,85	0,44	0,16
Luftfeuchtigkeit %	90	67	59	39	44	60
	Waldsteppe (16. V. 57)					
	5-50	8-30	11-00	13-30	16-00	—
Lufttemperatur °C	8,2	18,5	24,5	24,4	24,0	
Verdunstung ml/St	—	0,23	0,84	1,12	1,02	
Luftfeuchtigkeit %	85	46	34	26	32	
	Schutthaldenwald (15. V. 57)					
	j7-00	10-15	12-30	14-55	17-45	19-45
Lufttemperatur °C	9,3	19,7	21,8	22,1	22,0	14,2
Verdunstung ml/St	—	—	0,86	0,99	0,81	0,35
Luftfeuchtigkeit %	92	38	31	30	29,5	66
	Meteorologische Station Karlštejn					
	Lufttemperatur °C			Luftfeuchtigkeit %		
	7-00	14-00	21-00	7-00	14-00	21-00
14. V. 57	11,4	19,1	14,6	95	45	65
15. V. 57	8,4	22,3	13,5	89	30	49
16. V. 57	12,1	26,5	12,8	90	26	70

diese Relation, welche als „relative Transpiration“ bezeichnet wird, werden nach LIVINGSTON und BROWN (1912) gerade alle jene Faktoren am besten erfasst, welche die Transpiration der Blätter, die im Grunde auch nur eine Art der Verdunstung ist, von der bloss physikalischen Verdunstung unterscheiden, wie sie an der Oberfläche von Gewässern oder am angefeuchteten

Filtrierpapier des Evaporimeters auftritt. Es kann also vorausgesetzt werden, dass sich auch der Grad der Einschränkung der Transpiration in dieser Relation äussert. Es werden allerdings auch Einwände gegen die Anwendung der relativen Transpirationswerte geltend gemacht, welche auf der Behaup-

T a b. 2

Der Tagesverlauf der Lufttemperatur, der Verdunstung und der Luftfeuchtigkeit bei den Messungen im Sommer. — Denní průběh vzdušné teploty, výparu a vzdušné vlhkosti při letním měření

	Steppe (4. VII. 57)					
	6-00	8-30	10-45	13-30	16-00	19-30
Lufttemperatur °C	19,0	24,5	32,4	35,5	36,8	30,8
Verdunstung ml/St	—	0,24	0,66	1,60	1,76	1,47
Luftfeuchtigkeit %	79	61	46	29	20	32
	Wald (3. VII. 57)					
	7-00	9-30	11-55	14-20	16-45	19-30
Lufttemperatur °C	15,5	20,5	24,5	27,5	24,2	22,0
Verdunstung ml/St	—	0,08	0,33	0,54	0,45	0,15
Luftfeuchtigkeit %	100	79	67	60	83	89
	Waldsteppe (3. VII. 57)					
	6-00	8-30	11-00	13-25	16-00	18-30
Lufttemperatur °C	13,5	19,0	23,0	25,0	24,0	23,0
Verdunstung ml/St	—	0,12	0,48	0,58	0,53	0,36
Luftfeuchtigkeit %	100	76	64	57	63	64
	Schutthaldenwald (4. VII. 57)					
	6-45	9-20	11-30	14-30	17-00	19-45
Lufttemperatur °C	12,5	21,0	26,3	29,4	25,4	20,0
Verdunstung ml/St	—	0,26	0,54	1,16	1,24	0,36
Luftfeuchtigkeit %	89	57	43	38	50	79
	Meteorologische Station Karlštejn					
	Lufttemperatur °C			Luftfeuchtigkeit %		
	7-00	14-00	21-00	7-00	14-00	21-00
3. VII. 57	16,8	28,9	22,4	94	47	77
4. VII. 57	20,4	33,8	23,9	82	28	67

tung beruhen, dass in Anbetracht der sich dauernd verändernden äusseren Bedingungen — insbesondere des Windes — der Verlauf der Verdunstung am feuchten Filtrierpapier des Evaporimeters mit dem Transpirationsprozess nicht vergleichbar sei (SEYBOLD 1930, FÜSSER 1933, BREWIG 1933). Eine gewisse Beziehung — wenn auch nicht in direkter Proportion — muss aber

trotzdem zwischen der Transpiration und der Evaporation angenommen werden (STÄLFELT 1932).

Wenn die Transpiration tagsüber mit der Verdunstung parallel verläuft, bleibt der Wert der relativen Transpiration fast konstant (PISEK und CARTEL-

T a b. 3

Der Tagesverlauf der Lufttemperatur, der Verdunstung und der Luftfeuchtigkeit bei den Messungen im Herbst. — Denní průběh vzdušné teploty, výparu a vzdušné vlhkosti při podzimmím měření

	Steppe (5. IX. 57)						
	7-05	9-10	10-50	12-20	14-30	16-45	18-20
Lufttemperatur °C	4,2	16,1	21,5	24,2	22,5	17,4	13,1
Verdunstung ml/St	—	0,50	0,60	1,27	1,06	0,76	0,25
Luftfeuchtigkeit %	100	83	55	40	35	55	56
	Wald (5. IX. 57)						
	6-30	9-30	10-30	12-05	14-35	17-10	18-35
Lufttemperatur °C	2,6	11,6	15,1	17,8	17,6	16,3	15,0
Verdunstung ml/St	—	0,06	0,10	0,63	0,90	0,58	0,42
Luftfeuchtigkeit %	100	78	61	43	43	50	53
	Waldsteppe (5. IX. 57)						
	6-45	9-45	10-55	12-30	14-45	17-20	19-00
Lufttemperatur °C	3,1	13,0	16,0	18,5	17,8	15,6	14,1
Verdunstung ml/St	—	0,2	0,2	0,66	0,66	0,54	0,07
Luftfeuchtigkeit %	100	70	61	39	43	65	60
	Schutthaldenwald (5. IX. 57)						
	6-00	9-55	11-15	13-00	15-00	17-30	19-10
Lufttemperatur °C	2,5	12,1	16,6	17,9	18,0	16,2	11,0
Verdunstung ml/St	—	0,03	0,3	0,69	0,85	0,60	0,03
Luftfeuchtigkeit %	100	81	52	43	43	55	94
	Meteorologische Station Karlštejn						
	Lufttemperatur °C			Luftfeuchtigkeit %			
	7-00	14-00	21-00	7-00	14-00	21-00	
5. IX. 57	5,0	21,0	13,4	90	34	86	

LIERI 1939). Kommt es indessen in den Mittagsstunden, bei dauernd ansteigender Verdunstung, zu einer Einschränkung der Transpiration, dann fallen auch die Zahlenwerte der relativen Transpiration. Nach STÄLFELT (1956 p. 366—367 in: RUHLAND 1956) hängt die relative Transpiration auch vom Zustand der Spaltöffnungen ab.

T a b. 4

Die relative Transpiration der Flaumeiche. (Die Zahlenreihe 1—6 bezeichnet nacheinander folgende Messungen tagsüber entsprechend Tab. 1—3). — Relativní transpirace šipáku. (Pořadová čísla 1—6 vyjadřují postupná měření během dne podle tab. 1—3)

		1	2	3	4	5	6
14.—16. V. 57	Steppe	11,4	0,31	0,16	0,39	0,0	—
	Wald	1,26	0,29	0,23	0,44	0,15	0,09
	Waldsteppe	0,85	0,51	0,46	0,32	0,05	—
3.—4. VII. 57	Steppe	0,13	0,13	0,07	0,06	0,11	0,05
	Wald	0,76	0,15	0,16	0,15	0,23	0,06
	Waldsteppe	0,43	0,14	0,07	0,07	0,05	0,03
5. IX. 57	Steppe	2,32	0,86	0,82	0,27	0,44	—

In den Tabellen 4 und 5 führen wir die Zahlenwerte der relativen Transpiration aus den Frühjahrs-, Sommer- und Herbstmessungen an allen Messorten an. Beide Maxima der absoluten Transpiration äussern sich auch bei der relativen Transpiration. Schon bei der Frühjahrsmessung, wo der Unterschied zwischen der Verdunstung auf der Steppe und im Walde noch nicht so gross war (Abb. 7), sind die Zahlenwerte der relativen Transpiration beim Hartriegel auf der Steppe in den Mittagsstunden fast um die Hälfte niedriger als im Wald.

T a b. 5

Die relative Transpiration des Hartriegels. (Die Zahlenreihe 1—6 bezeichnet nacheinander folgende Messungen tagsüber entsprechend Tab. 1—3). — Relativní transpirace dřínu. (Pořadová čísla 1—6 vyjadřují postupná měření během dne podle tab. 1—3)

		1	2	3	4	5	6
14.—16. V. 57	Steppe	3,60	0,93	0,34	0,33	0,70	0,48
	Wald	0,94	0,72	0,47	0,92	0,38	0,53
	Waldsteppe	0,20	0,49	0,33	0,26	0,30	—
	Schutthaldenwald	0,79	1,71	0,67	0,63	0,50	—
3.—4. VII. 57	Steppe	0,24	0,15	0,08	0,06	0,13	0,05
	Wald	0,71	0,14	0,15	0,15	0,21	0,76
	Waldsteppe	0,48	0,12	0,13	0,14	0,13	0,53
	Schutthaldenwald	0,35	0,34	0,16	0,10	0,15	0,15
5. IX. 57	Steppe	—	0,48	0,57	0,46	0,24	0,51
	Schutthaldenwald	—	0,73	1,13	0,61	0,68	—

Noch viel augenfälliger zeigte sich die Regulationsfähigkeit der Flaumeiche und des Hartriegels bei der Sommermessung. Die Intensität der Transpiration erhöhte sich bei beiden Laubholzarten im Vergleich zu dem beträchtlichen Ansteigen der Evaporation, gegenüber den im Frühjahr gemessenen Werten,

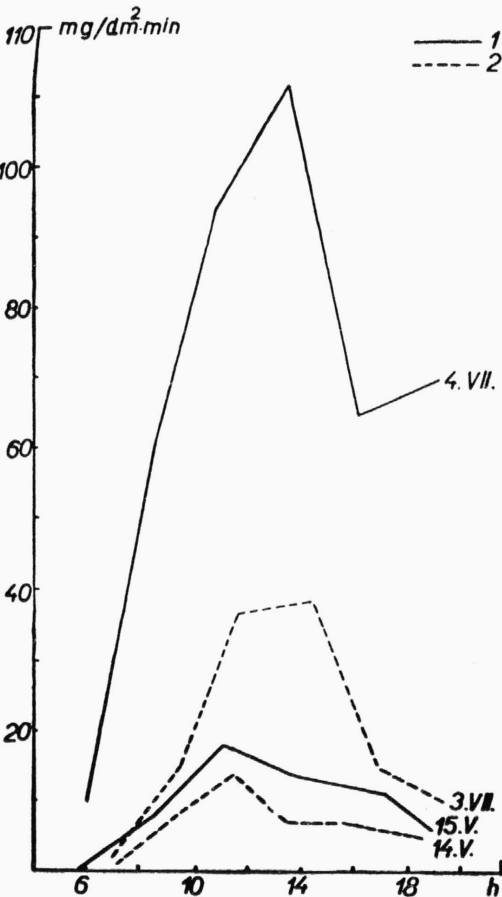


Abb. 7. — Die kurzfristige Verdunstung an grünen Filtrierpapierscheibchen ausgedrückt in $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$, in der Steppe (1) und im Wald (2). — Krátkodobý výpar z kotoučku zeleného filtračního papíru vyjádřený v $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}$. na stepi (1) a v lese (2).

in Prozenten des Frischgewichtes oder der Trockensubstanz der Blätter — nicht einmal für den Ausdruck des absoluten Wassergehaltes. Die Veränderungen in dem solcherweise bestimmten Wassergehalt der Blätter verdienen aber nichtsdestoweniger unsere Aufmerksamkeit, insbesondere in ihrer Beziehung zum täglichen Verlauf der Transpiration.

Im allgemeinen werden für den Wassergehalt während des Tages die höchsten Werte am Morgen und Abend und die niedrigsten in den Mittagsstunden angeführt. Solche Kurven führen zum Beispiel LIVINGSTON und BROWN (1912), SCHRATZ (1931) oder KRASNOSIELSKAJA-MAKSIMOVA (1917) an. Diese Autorin setzt einen Zusammenhang zwischen den Veränderungen des Wasser-

nur unmerklich; dieser Umstand allein beweist schon eine deutliche Regulierung. Besonders bemerkenswert ist aber der unbedeutende Unterschied zwischen der Intensität der Transpiration bei beiden Laubholzarten auf der Steppe und im Wald bei den Messungen im Sommer, wo der Unterschied der Evaporation zwischen diesen beiden Standorten sehr bedeutend war. Bei der relativen Transpiration äussert sich diese starke Einschränkung durch niedrigere Zahlenwerte auf der Steppe und durch ein Absinken in den Mittagsstunden; im Wald bleibt die relative Transpiration während des ganzen Tages ziemlich konstant. Die Zahlenwerte der relativen Transpiration im Walde übertreffen die Werte aus der Steppe im Sommer um das Doppelte.

Bei der Flaumeiche wie beim Hartriegel sind die höheren Zahlenwerte der relativen Transpiration im Herbst auf der Steppe, ebenso wie die eingipfeligen Kurven der absoluten Transpiration, ein Beweis für die günstige Wasserversorgung beider Laubholzarten im Herbst (selbst an diesem Standort).

Wassergehalt

Die absolute Wassermenge in den Blättern, durch Wägung festgestellt, ist an sich kein besonders bezeichnender Masstab zur Beurteilung des Wasserstandes in der Pflanze (SLAVÍK 1954 p. 305). RUYNŮN (1936) erachtet diesen Zahlenwert — ob nun schon

gehalten und der Luftfeuchtigkeit voraus. Eine Reihe von Autoren verzeichnete aber bei Krautpflanzen (KELLER 1952, POPLAVSKAJA 1953), sowie auch in den Blättern von Holzgewächsen (STANESCU 1936, POLJAKOFF 1945) weniger regelmässige Schwankungen im Wassergehalt während des Tages. STÄLFELT (1929) bringt diese Erscheinung in Zusammenhang mit der Transpiration; vormittags sinkt der Wassergehalt mit steigender Transpiration. Schränkt sich in den Mittagsstunden die Transpiration ein und verringert sich demnach der Wasserverlust, so verbessern sich die Wasserverhältnisse einigermassen und die Wassergehaltskurve steigt wieder an. Ein neuerliches Absinken tritt mit dem nachmittägigen Ansteigen der Transpiration ein. Am Abend steigt der Wassergehalt infolge der allgemeinen Verbesserung der Feuchtigkeitsverhältnisse. Wenn die Transpiration den ganzen Tag über uneingeschränkt vorsichgeht, das heisst, wenn sie nur ein Maximum um die Mittagszeit erreicht, dann senkt sich der Wassergehalt auch nur in den Mittagsstunden. Die Kurve der Wassergehaltsänderungen der Blätter sollte also im grossen und ganzen zur Transpirationskurve verkehrt proportional sein. Diesen Zusammenhang zwischen Transpiration und Wassergehalt bestätigten mit ihren Ergebnissen zum Beispiel SHREVE (1923), POLJAKOFF (1945), NOVOGRUDSKIJ (1947) und POPLAVSKAJA (1953).

Bei unseren Messungen waren im Walde und der Waldsteppe bei günstigen Bedingungen der Boden- und Luftfeuchtigkeit im Frühjahr und im Sommer die Veränderungen im Wassergehalt unbeträchtlich (Abb. 1, 2, 3, 4, 5 und 6). Im Mai senkte sich mit ansteigender Transpiration beim Hartriegel im Wald die Wassermenge in den Blättern um 5% gegenüber den Zahlenwerten am Morgen, bei der Flaumeiche nur um 1%. Demgegenüber war im Sommer der Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wassergehalt während des Tages bei der Flaumeiche grösser (um 4%) als beim Hartriegel. Die geringeren Schwankungen im Wassergehalt beim Hartriegel im Sommer waren wahrscheinlich die Folge einer grösseren Beschattung der Hartriegelsträucher durch die vollbelaubten Baumkronen der Flaumeiche. SCHRATZ (1931) hält derartig geringe Änderungen im Wassergehalt während des Tages für eine charakteristische Eigenschaft der Xerophyten.

In der Steppe entsprachen die Veränderungen des Wassergehaltes bei beiden Laubholzarten im Sommer, bei der Flaumeiche auch im Frühjahr, dem zweipfeligen Verlauf der Transpiration. Während des vormittägigen und des nachmittägigen Transpirationsmaximums senkte sich auch gleichzeitig nachweisbar der Wassergehalt der Blätter. Während der mittäglichen Einschränkung der Transpiration erhöhte sich demgegenüber immer die Wassermenge in den Blättern um einige Prozente.

Unsere Ergebnisse erweisen auch den geringeren Wassergehalt in Blättern, die der Sonnenbestrahlung intensiver ausgesetzt sind (MARSH 1941). Im Sommer war auf der Steppe der Wassergehalt in den Blättern beim Hartriegel im südlichen Teil des Strauches um 7% niedriger als im Wald, bei der Flaumeiche durchschnittlich um 5%. Der Gesamtwassergehalt war bei beiden Laubholzarten im Frühjahr in jungen Blättern am höchsten — rund um 70%. Im Sommer sank der Wassergehalt bei der Flaumeiche im Wald und der Waldsteppe um mehr als 10%, in der Steppe sogar um 20%. Beim Hartriegel verblieb im Walde der Wassergehalt im Sommer im Vergleich zum Frühjahr mehr oder weniger gleich, in der Steppe senkte er sich nur um 10%. Bei den Herbstmessungen waren bei beiden Laubholzarten die Zahlenwerte auf der Steppe gleich niedrig wie im Sommer.

Ausser kurzfristigen Veränderungen im Wassergehalt während des Tages bestimmten wir den Wassergehalt der Knospen und Blätter während des ganzen Jahres. Bei der Flaumeiche veränderte sich während der Wintermonate — von Dezember bis März — der prozentuelle Wassergehalt der Knospen fast gar nicht. Ein heftiges Ansteigen des Wassergehaltes trat erst gleichzeitig mit den ersten Symptomen des Blattausbruches Ende März ein.

Nach Erreichung des Maximums in jungen Blättern Mitte Mai folgte ein Absinken des Wassergehaltes, anfangs ebenso heftig wie das Ansteigen im Frühjahr. Während des Sommers stabilisierte sich der Wassergehalt in den Blättern der Flaumeiche. Auf der Steppe war er anhaltend um 5% niedriger als in der Waldsteppe, zu einem teilweisen Ausgleich kam es erst vor dem Welken der Blätter anfangs November. In den neu angelegten Knospen waren die Unter-

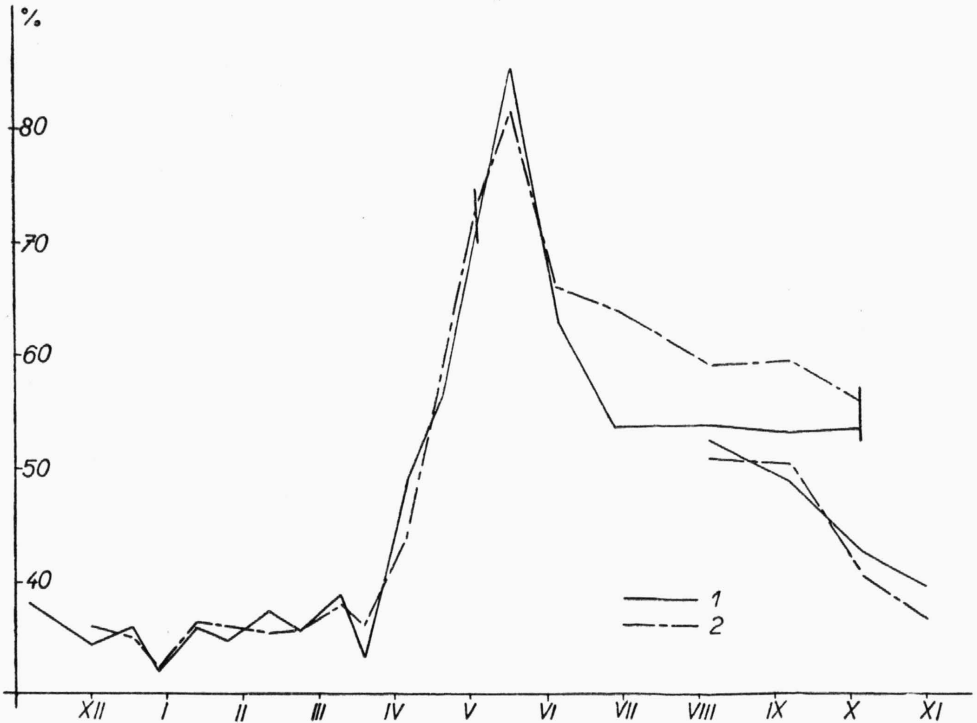


Abb. 8. — Der Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes der Knospen und der Blätter der Flaumeiche im Laufe eines Jahres (Abszisse — Monate); der Übergang von den Knospen zu Blättern ist mit Hilfe eines vertikalen Striches bezeichnet; 1 — Steppe, 2 — Waldsteppe. — Obsah vody v % čerstvé váhy v pupenech a listech šipáku během jednoho roku (osa x — měsíce); přechod do listů je označen svislou čarou; 1 — step, 2 — lesostep.

schiede im Wassergehalt an beiden Standorten wiederum gering. Vom August an senkte sich der Wassergehalt der Knospen fortschreitend und war im November ungefähr gleich wie im Vorjahr (Abb.8).

Der Wassergehalt der Hartriegelknospen war in den Wintermonaten an allen Standorten sozusagen der gleiche. Die Schwankung der Wassergehaltskurve im Dezember (Abb.9) hatte weder in einem Sinken des Wassergehaltes im Boden noch in einem merklichen Wechsel der Lufttemperatur oder Luftfeuchtigkeit eine Analogie. Der Blattausbruch verlief beim Hartriegel um mehr als einen Monat früher als bei der Flaumeiche und deshalb war auch der Anstieg des Wassergehaltes in den Knospen schon von Anfang Feber an zu beobachten. Der Wassergehalt in den jungen Blättern war nicht so hoch

wie bei der Flaumeiche, dafür war auch sein Absinken nicht so schnell und heftig. Die Unterschiede im Wassergehalt an den einzelnen Messorten entwickelten sich erst im Juli bei den erwachsenen Blättern; die Zahlenwerte auf der Steppe waren die niedrigsten. Ein Ausgleich vor dem Blattfall trat nur auf der Steppe und in der Waldsteppe ein; im Wald und im Schutthaldenwald blieb der Wassergehalt in den Blättern dauernd um mehr als um 5% höher.

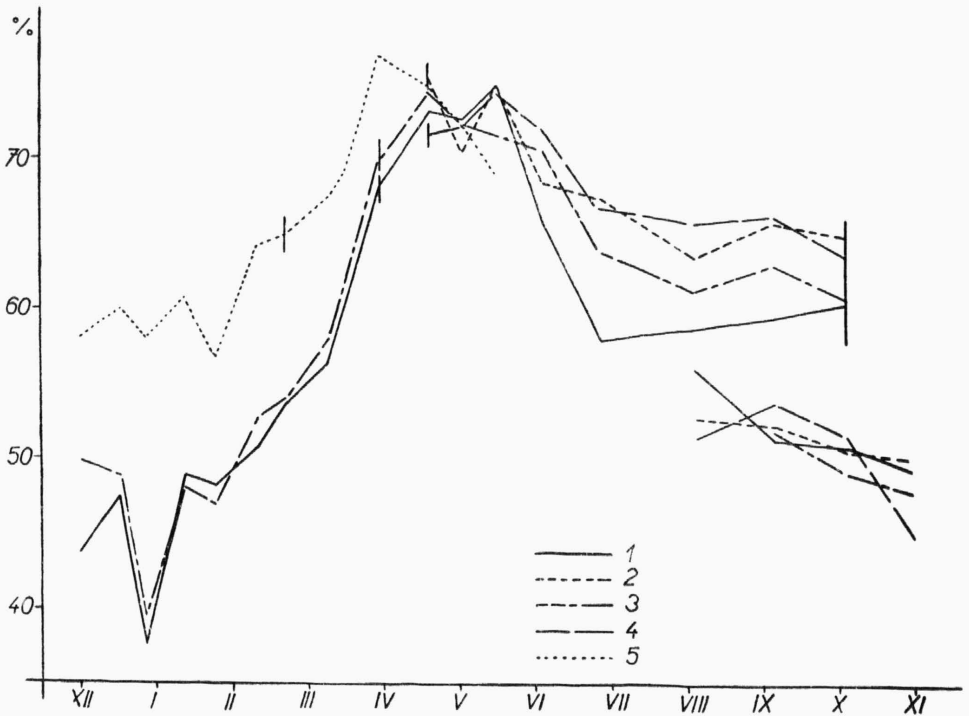


Abb. 9. — Der Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes der Knospen und Blätter des Hartriegels im Laufe eines Jahres (Abszisse — Monate); der Übergang von den Knospen zu Blättern ist mit Hilfe eines vertikalen Striches bezeichnet; 1 — Steppe, 2 — Wald, 3 — Waldsteppe, 4 — Schutthaldenwald, 5 — Blütenknospen. — Obsah vody v % čerstvé váhy v pupenech a listech dřinu během jednoho roku (osa x — měsíce); přechod do listů je označen svislou čarou; 1 — step, 2 — les, 3 — lesostep, 4 — suťový les, 5 — květní pupeny.

Die Blütenknospen waren schon während des Winters viel wasserreicher als die Blattknospen. Sehr hoch war der Wassergehalt insbesondere in geöffneten Blüten.

Schlussfolgerungen

Die zu Beginn der Arbeit gestellte Frage — wie die Flaumeiche (*Quercus pubescens* WILLD.) und der Hartriegel (*Cornus mas* L.), zwei typische Laubholzarten des xerothermen Gebietes Mittelböhmens, auf verschiedene ökologische Bedingungen an verschiedenen Standorten reagieren — kann auf Grund des Verlaufes einiger Teilprozesse des Wasserhaushaltes folgendermassen beantwortet werden:

Das Auftreten der Flaumeiche und des Hartriegels an extrem trockenen und

warmen Standorten, deren Bedingungen in unserer Arbeit durch den Messtandort „Steppe“ repräsentiert waren, ist vor allem durch die Fähigkeit beider Laubholzarten, ihren Wasserhaushalt insbesondere durch wirksame Einschränkung der Wasserabgabe zu regulieren, ermöglicht. Der Verlauf der Transpiration und der höhere Wassergehalt der Blätter an Standorten im Walde und der Waldsteppe, beweist indessen viel günstigere Lebensbedingungen für beide Laubholzarten an schattigeren und feuchteren Ökotoxen.

Das Auftreten an trockenen, exponierten Hängen kann also weder für die Flaumeiche, noch für den Hartriegel als physiologisches Optimum betrachtet werden; beide Laubholzarten beschränken sich auf solche Standorte eher infolge ihrer geringen Konkurrenzfähigkeit, weil sie aus günstigeren Standorten verdrängt zu werden pflegen. Gleichzeitig ermöglicht ihnen aber ihre relativ bedeutende Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenheit und maximalen Sommertemperaturen die Existenz unter ökologischen Bedingungen, welche für andere Laubholzarten nicht mehr ausreichend sind.

Die vorliegende Arbeit wurde in der Geobotanischen Abteilung des Botanischen Institutes der Karls-Universität unter der Leitung vom Herrn Doc. Ing. Jan Jeník ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit an dieser Stelle nochmals zu danken.

S o u h r n

Otázku položenou úvodem práce — jak reagují šipák (*Quercus pubescens* WILLD.) a dřín (*Cornus mas* L.), dvě typické dřeviny xerothermní oblasti středních Čech, na odlišné ekologické podmínky různých stanovišť — je možno na základě průběhu některých dílčích procesů vodního režimu zodpovědět takto:

Výskyt šipáku a dřínu na extrémně suchých a teplých stanovištích, jejichž podmínky byly v naší práci reprezentovány měříštěm „step“, je umožněn především schopností obou dřevin regulovat svůj vodní režim, zejména účinným omezováním výdeje vody. Průběh transpirace a vyšší obsah vody v listech na stanovištích v lese a v lesostepi svědčí však o mnohem příznivějších podmínkách pro obě dřeviny na stinnějších a vlhčích ekotopech.

Výskyt na suchých exponovaných svazích není tedy možno pokládat ani pro šipák ani pro dřín za fyziologické optimum; obě dřeviny se omezují na taková stanoviště spíše v důsledku své malé konkurenční schopnosti, protože z příznivějších stanovišť jsou vytlačovány. Zároveň jim však jejich relativně značná odolnost vůči suchu a teplotním maximum umožňuje existenci v ekologických podmínkách, které jiným dřevinám již nevyhovují.

L i t e r a t u r

- BIRAND H. B. (1939): Untersuchungen zur Wasserökologie der Steppenpflanzen bei Ankara. — Jahrbücher für wiss. Botanik 87 : 93—170.
- BOSIAN G. (1933): Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Pflanzen des Zentralkaiserstuhls. — Zeitschrift für Botanik 26 : 209—284.
- BREWIG A. (1933): Ein Beitrag zur Analyse des Transpirationswiderstandes. — Planta 20 : 734—791.
- BUSCALLIONI L. et POLLACCI G. (1902): L'applicazione delle pelicole di collodio allo studio di alcuni processi fisiologici nelle pianta ed in particular modo alla transpirazione. — Atti Inst. bot. Univ. Pavia 2 : 127—170.
- FÜSSER K. (1933): Die Transpiration und die Transpirationswiderstände verschiedener Pflanzentypen. — Planta 19 : 485—533.
- HEGI G. (1926): Illustrierte Flora von Mittel-Europa. — München 1906—1939, p. 1549—1552.
- HUBER B. (1927): Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. — Ber. deutsch. bot. Ges. 45 : 611—618.
- IVANOV L. A. (1918): O metodě opreděljenija isparenija rastenij v estěstvennyh uslovijach ich proizrastanija. — Lesnoj žurnal 48.
- (1928): Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. — Ber. deutsch. bot. Ges. 46 : 306—310.
- IVANOV L. A., SILINA A. A. et CELNIKER J. L. (1950): O metodě bystrogo izvěščivania dlja opreděljenija transpiracii v estěstvennyh uslovijach. — Bot. žurnal 35 : 171—185.
- KÁŠ V. (1942): Mikrobiologická charakteristika půd Velké hory. — Sborník ČAT 16 : 659—667.
- KELLER B. A. (1952): Osmotičeskoje davlenije i soděržanije vody v assimilirujuščich organach

- rastěnj kak sredstvo dlja vyjasněnija i ocenki ich ekologo-fiziologičeskich i ekologo-morfoložičeskich osobennostěj. — Rastěnije i sreda 3 : 171—212.
- KLIKA J. (1932): Lesy v xerothermní oblasti Čech. — Sborník Čes. akad. zemědělské, odd. A, 7 : 321—359.
- (1933): Studien über die xerotherme Vegetation Mitteleuropas. II. Xerotherme Gesellschaften in Böhmen. — Beihefte zum bot. Zentralblatt Abt. II., 50 : 707—773.
- (1942): Rostlinná společenstva Velké hory. — Sborník ČAT 16 : 580—602.
- KRASNOSELSKAJA-MAKSIMOVA T. A. (1917): Sutočnyje kolebanija soděržanija vody v listjach. — Trudy Tiflis. bot. Sada, 1917 : 1—22.
- LIVINGSTON B. E. et BROWN W. H. (1912): The relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage leaves. — Bot. Gazette 53 : 309—330.
- MARSH F. L. (1941): Water content and osmotic pressure of sun and shade leaves of certain woody prairie plants. — Bot. Gazette 102 : 812—814.
- MAŘAN B. (1942): Pedologický výzkum půd na Velké hoře. — Sborník ČAT 16 : 602—610, 644—658.
- MÜLLER-STOLL W. R. (1935): Ökologische Untersuchungen an xerothermen Pflanzen des Kraichgaues. — Zeitschrift für Botanik 29 : 162—253.
- NOVOGRUDSKIJ D. M. (1947): O fiziologičeskom značeniji sutočnych kolebanij soděržanija vody v listjach. — Doklady AN SSSR 55 : 553—556.
- PFLIEDERER H. (1933): Kritische Untersuchungen zur Methodik der Transpirationsbestimmung an abgeschnittenen Sprossen. — Zeitschrift für Botanik 26 : 305—327.
- PISEK A. et CARTELLIERI E. (1939): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. IV. Bäume und Sträucher. — Jahrbücher für wiss. Botanik 88 : 22—68.
- POLJAKOFF A. (1945): Ecological investigations in Palestina. I. The water balance of some mediterranean trees. — Palestine Jour. of Bot., Jerusalem Serie, 3 : 138—150.
- POLSTER H. (1950): Die physiologischen Grundlagen der Stoffherzeugung im Walde. — München, ed. Bayer, Landwirtschaft. Verlag.
- POPLAVSKAJA G. I. (1953): O dněvnom soděržaniji vody v listjach rastěnj v raznych asociacijach. — Bot. Žurnal 38 : 350—359.
- RAWITSCHER F. (1955): Beobachtungen zur Methodik der Transpirationsmessungen bei Pflanzen. — Ber. deutsch. bot. Ges. 68 : 287—296.
- RODIONOV M. S. (1955): K metodikě opredělenija intensivnosti transpiracii drevesnych porod. — Bot. Žurnal 40 : 97—98.
- (1957): O priměneniji parafina v metodikě L. A. Ivanova. — Fiziologija Rastěnj 4 : 106—109.
- ROUSCHAL E. (1938): Zur Ökologie der Macchien. I. Der sommerliche Wasserhaushalt der Macchienpflanzen. — Jahrbücher für wiss. Bot. 87 : 436—523.
- RUHLAND W. (1956): Handbuch der Pflanzenphysiologie. III. Pflanze und Wasser. — Berlin-Göttingen-Heidelberg, ed. Springer.
- RUYNON E. H. (1936): Ratio of water content to dry weight in leaves of the creosote bush. — Bot. Gazette 97 : 518—553.
- SCHRATZ E. (1931): Zum Vergleich der Transpiration xeromorpher und mesomorpher Pflanzen. — Jour. of Ecology 19 : 292—296.
- SEYBOLD A. (1930): Untersuchungen über den Transpirationswiderstand und die Temperatur ägyptisch-arabischer Wüstenpflanzen. — Planta 9 : 270—314.
- SHREVE E. B. (1923): Seasonal changes in the water relations of desert plants. — Ecology 6 : 266—292.
- SILINA A. A. (1958): Transpiracija rano- i pozdnoraspuskajuščichsja ras duba v uslovijach lesostepi. — In: Fiziologija drevesnych rastěnj, p. 104—110, Trudy inst. lesa r. 41.
- SLAVÍK B. (1954): Rostliny a stanovištní vlhkost. — In: Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství, Klika J., Novák V., Gregor A. (red.), p. 277—326. — Praha, ed. ČSAV.
- STÄLFELT M. G. (1929): Die Abhängigkeit der Spaltöffnungsreaktionen von der Wasserbilanz. — Planta 8 : 287—340.
- (1932): Der stomatäre Regulator der pflanzlichen Transpiration. — Planta 17 : 22—85.
- STANESCU P. P. (1936): Daily variations in products of photosynthesis, water content and acidity of leaves toward end of vegetative period. — American Jour. of Bot. 23 : 375—379.
- STOCKER O. (1929): Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgrösse. — Ber. deutsch. bot. Ges. 47 : 126—129, 130—136.
- STRNADOVÁ-HEŘMANSKÁ K. (1958): Příspěvek k ekologii dřevin v xerothermní oblasti středních Čech. — Diplomová práce. — Katedra botaniky KU, Praha.
- VOLK O. H. (1937): Untersuchungen über das Verhalten der osmotischen Werte von Pflanzen aus steppenartigen Gesellschaften und lichten Wäldern des mainfränkischen Trockengebietes. — Zeitschrift für Botanik 32 : 65—149.
- WALTER H. (1951): Einführung in die Phytologie. B. III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Standortslehre. — Stuttgart, ed. E. Ulmer.