

Gaswechsel und Wasserpotential von *Thymelaea hirsuta* in verschiedenen Habitaten der Negev-Wüste

Maik Veste & Siegm. W. Breckle*

Synopsis

Thymelaea hirsuta, an evergreen shrub with tiny leaves, grows on stands with a watersupply available more or less all year round. In the Nizzana longitudinal sand-dune system with about 100mm rainfall per year *Thymelaea* is frequently occurring. It grows evenly dispersed mainly in the interdune ecotopes. In the Sede Boqer region (equally about 100 mm precipitation per year), where rocky slopes predominate, *Thymelaea* prefers the more moist wadi-stands, where additional water-supply by run-off is available. Not only aridity of the climate, but also soil conditions, storage capacity for water and wateravailability of soil has to be taken into account, when regarding ecological conditions in comparing similar desert areas. *Thymelaea hirsuta*, a wide-spread species in eu-mediterranean and adjacent regions, is a good example for characterizing ecophysiological adaptation to droughtstress.

Einleitung

Thymelaea hirsuta (Thymelaeaceae) ist eine rund ums Mittelmeer verbreitete immergrüne Strauchart (BROWICZ 1979). Sie kommt in fast allen eumediterranen Offenbiotopen des Zonobioms IV und auch im Zono-Ökoton III/IV in den Halbwüsten vor. So ist *Thymelaea hirsuta* entlang der westlichen Mittelmeerküste Ägyptens eine typische Pflanze (TADROS 1956, WALTER und BRECKLE 1991). Vor allem im ägyptischen Raum hat Bornkamm umfangreiche Untersuchungen zur Ökologie der verschiedenen Vegetationstypen durchgeführt, einerseits zur Ephemer-vegetation unter extrem ariden Bedingungen (BORNKAMM 1987a,b), andererseits zu pflanzengeographischen Beziehungen (BORNKAMM und KEHL 1985) und den Vegetationsverhältnissen in Oasen (BORNKAMM 1986) und den westlichen Wüstengebieten Ägyptens, wo wiederum *Thymelaea hirsuta* die wichtigste Art darstellt (BORNKAMM und KEHL 1989).

Umfangreiche ökologische Studien an dieser Art wurden über die Verbreitung (EL-GHONEMY et al. 1977), Verteilung und Geschlechtsverteilung (SHALOUT 1987), Populationsstruktur und Biomasse (SHALOUT und AYYAD 1988), die Ionenzusammensetzung

(SHALOUT 1992) und dem phytosoziologischen Verhalten (SHALOUT und AYYAD 1994) durchgeführt.

Im Bereich der sich anschließenden Negev-Wüste ist *Thymelaea* sowohl in den küstennahen Sanddünenfeldern, wo sie dominant in den stabilen Interdünenältern und in den angrenzenden Wadis vorkommt, als auch im Zentralen Negev-Hochland, wo sie vor allem Wadis und deren Zuläufe besiedelt (EVENARI et al. 1982, DANIN 1983, TENBERGEN 1991), häufig.

Als immergrüne Art ist *Thymelaea hirsuta* auf eine ganzjährig ausreichende Wasserversorgung angewiesen. Sie besiedelt daher vornehmlich Standorte, die über Wasserspeicher im Boden verfügen. Nicht nur Gesamtniederschlagsmengen, Temperatur und potentielle Evaporation, sondern auch das Verhältnis von Niederschlag zu Oberflächenabflüssen, deren kleinräumige Verteilung und Bodenverhältnisse sollten bei der Beurteilung der Aridität eines Standortes miteinbezogen werden (YAIR und BERKOWICZ 1989). Sanddünen stellen bezüglich des Wasserhaushalts in Wüsten günstige Standorte für mehrjährige Pflanzen dar (PAVLIC 1980, VESTE and BRECKLE 1995). Im zentralen Negev-Hochland hingegen sind die Wadis ideale Standorte, die über zusätzliche Oberflächenabflüsse versorgt werden (YAIR 1983) und wo die pflanzenverfügbare Wassermenge erhöht ist (WEISS 1989).

In dieser Untersuchung werden Ergebnisse zum Wasserhaushalt und Gaswechsel von *Thymelaea hirsuta* in einem Sanddünenökosystem in Abhängigkeit von der Wasserverfügbarkeit und den Niederschlägen mitgeteilt. Der Wasserhaushalt von *Thymelaea*-Büschen auf verschiedenen Substraten und geomorphologischen Einheiten wird verglichen.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Die Messungen von *Thymelaea hirsuta* wurden im Sanddünenökosystem von Nizzana im wesentlichen zwischen April 1993 und April 1995 durchgeführt. Ergänzende Messungen zum Wasserhaushalt wurden im Zentralen Negev-Hochland bei Sede Boqer im April 1995 erhoben. Die Niederschläge in der Negev fallen hauptsächlich zwischen November und April.

* Herrn Prof. Dr. Reinhard Bornkamm zum 65. Geburtstag gewidmet

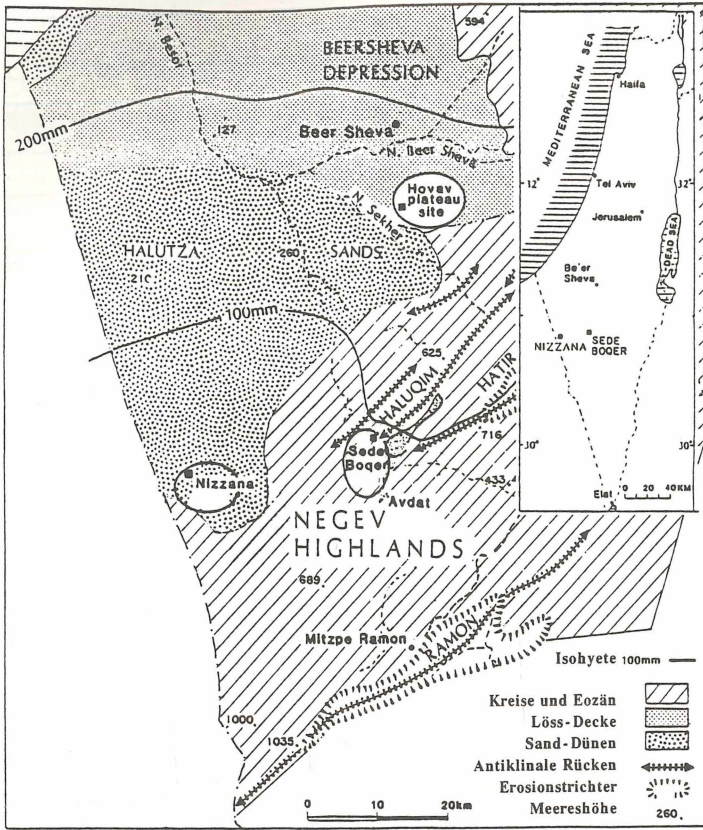


Abb. 1
Untersuchungsgebiete und
physiographische Einheiten in
der nördlichen Negev-Wüste
(aus Yair 1990b)

Fig. 1
Research areas and physio-
graphic units in the Northern
Negev desert (from YAIR 1990b)

A. Nizzana:

Das Sanddünenökosystem von Nizzana ist charakterisiert durch etwa 10–15 m hohe Lineardünen, sandige Interdünetäler und vegetationslose Playaflächen (YAIR 1990 a, VESTE 1995). Der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 90 und 100 mm (YAIR 1990, BERKOWICZ et al. 1995).

B. Sede Boqer:

Felsige und kolluviale Hänge sowie alluviale Wadis sind die typischen geomorphologischen Einheiten in Sede Boqer (YAIR 1990 b, TENBERGEN 1991). Der obere und mittlere Teil der Hänge ist zu 50–80% durch offene Felsflächen charakterisiert. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 97 mm (BERKOWICZ et al. 1995).

Gaswechsel, Blattwasserpotential.

Der Gaswechsel wurde mit einem klimatisierten Miniküvettenystem (CMS 400, H. Walz GmbH, Efeltrich, BRD), wie bei von WILLERT et al. (1995) beschrieben, gemessen. Der CO_2 - und Wasserdampfgasaustausch wurde mit einem Differenz-Infrarot-Gasanalytator (BINOS 100, Rosemount, Hanau, BRD). Temperatur und Feuchtigkeit in der

Küvette wurden den Außenluftbedingungen nachgeführt. Die CO_2 -Konzentration der angesaugten Außenluft war 348 ppm und während des Tages annähernd konstant. Alle Gaswechselfdaten wurden in 5 Minuten Abständen auf einem Data-logger (H. Walz) aufgezeichnet. Die Gaswechsel-Parameter wurden nach von CAMMERER and FARQUHAR (1981) berechnet. Alle Flüsse beziehen sich auf die einseitige Blattoberfläche.

Das Blattwasserpotential von abgeschnittenen Zweigen wurde mit einer Scholander-Bombe (Soil Moisture Equipment, Santa Barbara, USA) an je 4–5 Pflanzen pro Standort bestimmt.

Ergebnisse

Gaswechselfmessungen im Sanddünenökosystem von Nizzana sind zu verschiedenen Jahreszeiten zwischen 1993 und 1994 durchgeführt worden. Im Winter 92/93 fielen im Untersuchungsgebiet 134 mm Niederschlag während bis zum nächsten Messzeitpunkt (24. Februar 1994) nur weitere 30 mm Niederschlag fielen (Daten AERC, BERKOWICZ, persönl. Mitteilung).

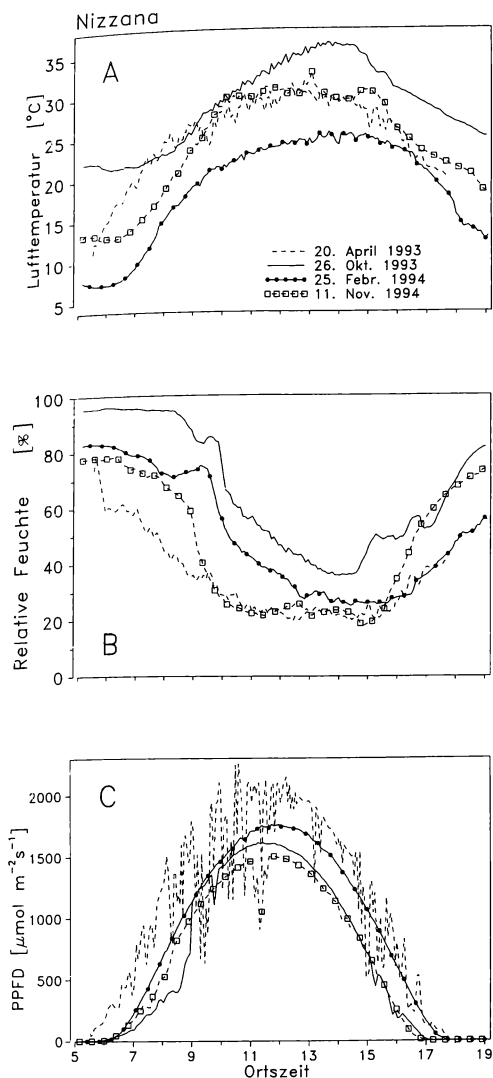


Abb. 2 A, B, C
Tagesverläufe der Lufttemperatur (A), relativen Feuchte (B) und Lichtintensität (C) in Nizzana während der Gaswechsellmessungen (vgl. Abb.3).

Fig. 2 A, B, C
Diurnal courses of air temperature (A), relative humidity (B) and light intensity (C) in Nizzana during gas exchange measurements (see fig. 3).

Die mikroklimatischen Daten Lufttemperatur, Relative Feuchte und photosynthetische Photonenflußdichte während der Gaswechsellmessungen sind auf Abb.2 dargestellt. Die Lufttemperatur erreichte in den Wintermonaten (25.02.94) maximal 23°C am

Tag und minimal 8°C in der Nacht, während am Ende der Trockenzeit (11.11.94) maximal 36°C am Tag und minimal 23°C gemessen wurden.

Gaswechsel.

Der Gaswechsel wurde im Interdünenal an derselben Pflanze während mehrerer aufeinanderfolgender Tage gemessen (Daten nicht dargestellt). Typische Tagesverläufe des CO₂-Austausches und der Transpiration sind in Abb.3 wiedergegeben. Die maximale CO₂-Austauschrate und somit die maximale Blatleitfähigkeit wird rund 2 Stunden nach Sonnenaufgang erreicht (Abb. 3A). Während des Tages werden die Stomata weitergeschlossen und der CO₂-Austausch reduziert. Ein ausgeprägter Mittags-Stomataschluß wurde erst am Ende der Trockenzeit (Nov. 1993) und nach weiteren Monaten mit geringen Niederschlägen (Febr. 1994) beobachtet. Dagegen wurden nach den außergewöhnlich frühen und intensiven Regenfällen im November 1994 die Stomata während des Tagesverlaufes nicht geschlossen, so daß die CO₂-Aufnahme im Tagesverlauf annähernd konstant war. Die Transpiration wird demgemäß unter günstiger Bodenwasserverfügbarkeit kaum eingeschränkt (Abb. 3B), während die Wasserverluste im Oktober 1993 und Februar 1994 als Folge der anhaltenden Trockenheit deutlich minimiert wurden.

Die verminderte CO₂-Aufnahme am Ende der Trockenzeit ist Folge einer reduzierten Blatleitfähigkeit (vgl. Abb.4).

Wasserpotential.

Die Wasserverfügbarkeit im Boden hat einen wesentlichen Einfluß auf das morgendliche Wasserpotential von *Thymelaea*. Am Ende der Trockenzeit (Oktober 1994) erreichte das morgendliche Wasserpotential sein Minimum (Abb.5), die außergewöhnlichen Regenfälle Anfang November (54.1 mm) führen zu einer Erhöhung des Potentials auf -1.05 MPa. Während der weiteren winterlichen Regenfälle steigt das morgendliche Wasserpotential sogar bis auf minimal -0.38 im März 1995 an (Abb.5).

Wasserpotentiale im Tagesverlauf im Tagesverlauf wurden im Sanddünengebiet von Nizzana und dem angrenzenden Wadi (Nahal) Nizzana und im Zentralen Negev-Hochland bei Sede Boquer gemessen (Abb. 6). Die Pflanzen im Wadi Nizzana haben ein deutlich höheres Wasserpotential im Vergleich zu denen im Sandbereich (Abb. 6A). Die Blattwasserpotentiale von *Thymelaea*-Büschchen in Sede Boquer zeigten im Tagesverlauf zwischen den Standorten am Hang und im Wadi keinen Unterschied (Abb. 6B), während das morgendliche Potential der Pflanzen im Wadi höherlag (-0.50 MPa) als bei den Pflanzen auf den Hängen (-0.68 MPa).

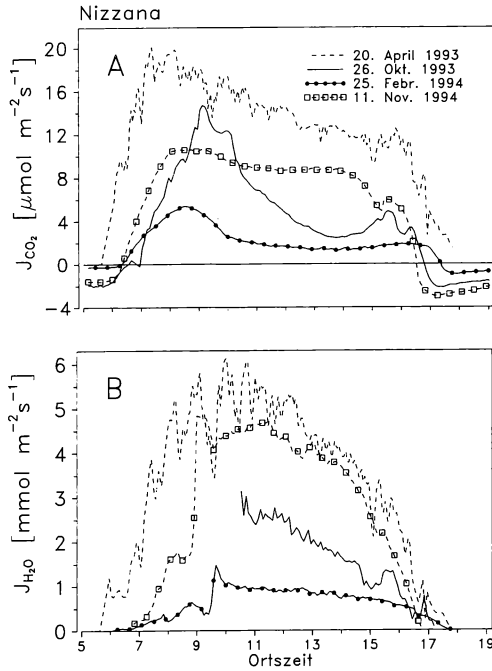


Abb. 3 A, B

Tagesverläufe der CO_2 -Austauschrate J_{CO_2} (A) und der Transpiration J_{H_2O} (B) von *Thymelaea hirsuta* im Sanddünenökosystem bei Nizzana zu unterschiedlichen Jahreszeiten.

Fig. 3 A, B

Diurnal courses of CO_2 -exchange J_{CO_2} (A) and transpiration J_{H_2O} (B) from *Thymelaea hirsuta* at the sand dune ecosystem in Nizzana from different seasons

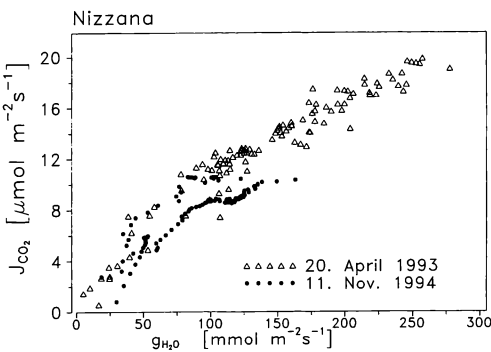


Abb. 4

Beziehung zwischen Blattleitfähigkeit (g_{H_2O}) und CO_2 -Austauschrate (J_{CO_2}) am Ende der Winterregenzeit (21. 04. 94) und am Ende der Trockenzeit (11. 11. 94).

Fig. 4

Relationships between leaf conductivity (g_{H_2O}) and CO_2 net exchange rate (J_{CO_2}) at the end of the winter rains (21.04.94) and at the end of the dry season (11.11.94)

Diskussion

Die sandigen Interdünenbereiche stellen für *Thymelaea hirsuta* als immergrüne Gehölzart bezüglich des Wasserhaushalts gute Standorte dar. Die Büsche sind während des gesamten Jahres gut mit Wasser versorgt, so daß der CO_2 -Austausch nur unter den extremen Trockenbedingungen im Februar deutlich reduziert wurde. Eine typische Mittagsdepression der Stomataöffnung, wie bei anderen Wüstenpflanzen der Negev (SCHULZE et al. 1980) und aus anderen Trockengebieten (von WILLERT et al. 1992) beschrieben, wurde bei *Thymelaea hirsuta* erst am Ende der Trockenzeit beobachtet. Bei *Leucadendron pubescens* im südafrikanischen Fynbos mit mediterranem Klima (Zonobiom IV) wurde trotz ansteigendem VPD kein Stomata-schluß beschrieben (von WILLERT et al. 1989), wie dies auch hier bei *Thymelaea* unter optimalen Wasserbedingungen in den Sanddünen beobachtet wurde.

Untersuchungen des Wasserhaushalts von sommeraktiven Perennen im Wüsten-Sanddünengebiet des Eureka Valley in Kalifornien (PAVLIK 1980) während der Sommerzeit zeigen, daß der Wasserhaushalt der dortigen Pflanzen eher vergleichbar ist mit feuchteren Wüstenbedingungen anderer Standorte während der Winterregenzeit.

Bodenfeuchte läßt sich in den Sanddünen von Nizzana in zwei Schichten zwischen der Bodenoberfläche und 60 cm Tiefe und etwa in 180 bis 400 cm Tiefe finden (YAIR et al. 1995). Unterirdische Wasserflüsse in den Sanddünen wurden während regenreicher Jahre festgestellt, während in regenarmen Jahren diese Flüsse nicht nachweisbar waren (YAIR et al. 1995). Die oberflächennahen Wasserschichten trocknen im Laufe des Sommer aus, während die tieferen Wasserreserven während des gesamten Jahres für die Pflanzen zur Verfügung stehen. Eine längere Trockenzeit reduziert auch diese Wasservorräte.

Immergrüne Wüstenpflanzen wie *Anabasis articulata* und auch *Thymelaea hirsuta* bilden ein zweigeteiltes Wurzelsystem aus, das sowohl die oberflächennahen als auch die tieferen Bodenwasserschichten erreichen kann (VESTE and BRECKLE 1995).

Für *Thymelaea hirsuta* wurden von BATANOUNY und ZAKI (1969) Wurzeltiefen bis 2 m beschrieben, während sie in einem Wadi der Negev Wurzeln bis in eine Tiefe von 3.5 m ausbildet (EVENARI et al. 1982). Exakte Daten über die maximale Wurzeltiefe von *Thymelaea* in den Sanddünen von Nizzana liegen zur Zeit noch nicht vor, aber es kann davon ausgegangen werden, daß auch diese Pflanzen die Bodenwasserschichten in 1.8 bis 4 m Tiefe leicht erreichen können. Der relativ ausgeglichene Wasserhaushalt von *Thymelaea* in der Interdüne ist ein Hinweis darauf, daß während der Trockenzeit, wenn oberflächennahe Wasserschichten ausgetrocknet sind, die tieferen Wasserreserven durch die Pfahlwurzel genutzt werden (VESTE UND

BRECKLE 1995). Über das durchwurzelte Bodenvolumen kann bislang nur spekuliert werden.

Im Vergleich zu den Sanddünen stellt das unmittelbar östlich angrenzende Wadi (Nahal) Nizzana einen günstigeren Standort für das Wachstum von *Thymelaea hirsuta* dar, wie die Unterschiede in den Wasserpotentialen belegen. Während der intensiven Regenfälle im November 1994 (Abb. 5) war dieses Wadi auch mehrfach geflutet, so daß größere Wassermengen im Wadi im Untergrund gespeichert sein sollten. Dies erklärt auch am Ende der Regenzeit die niedrigeren morgendlichen Wasserpotentiale der Pflanzen im Wadi.

Im Zentralen Negev-Hochland ist *Thymelaea* ausschließlich an gut wasserversorgten Standorten wie in den Wadis zu finden, während die Hänge mit *Zygo-phyllum dumosum* besiedelt werden und im Vergleich zu den Wadis relativ trockene Standorte darstellen (TENBERGEN 1991). Vereinzelt sind kleinere *Thymelaea*-Büsche auf den Hängen im Bereich des unteren Kolluviums zu finden. Im Tagesverlauf ließ sich an diesem Standort kein Unterschied bezüglich des Wasserpotentials finden, wie dies auch von TENBERGEN (1991) gezeigt wurde, während hingegen das morgendliche Wasserpotential von *Retama*-Büschen in den Terrassenwadis niedriger war als das der Büsche auf den Hängen (TENBERGEN 1991). Das Wasserpotential-Minimum wird allerdings nach diesen Untersuchungen bei den Pflanzen im Wadi später erreicht. Die jährlichen Wasserverluste von *Thymelaea* in Sede Boquer werden mit rund 2252 kg a^{-1} in einem Wadi und 42 kg a^{-1} (pro Einzelpflanze) am Hang abgegeben.

Die Pflanzen im Wadi sind aber sechs mal größer im Vergleich zu den Pflanzen auf den Hängen (WEISS 1989). Die Reduktion der Gesamtblattfläche ist auch bei *Thymelaea* ein wesentlicher Faktor für die Regulation der Wasserverluste auf Gesamtpflanzenebene, wie dies auch für andere Pflanzen der Negev beschrieben wurde (EVENARI et al. 1982)

Thymelaea hirsuta ist auf eine ganzjährige und ausreichende Wasserversorgung angewiesen. Während *Thymelaea* in den meso-feuchten Interdünenältern der Sanddünen relativ gleichmäßig verteilt ist, bevorzugt sie in einem Gebiet mit ebenfalls rund 100 mm Jahresniederschlag, aber einem felsigen Standort mit flachgründigen Böden, die feuchteren Wadi-Standorte, die über Oberflächenabflüsse von den Hängen mit zusätzlichem Wasser versorgt werden. Dies zeigt, daß vergleichende Darstellungen der Aridität eines Standorts neben den Niederschlägen stets auch die Berücksichtigung der spezifischen Bodenbedingungen und der Wasserverfügbarkeit miteinschließen sollten, wie dies von YAIR and BERKOWICZ (1989) vorgeschlagen wird.

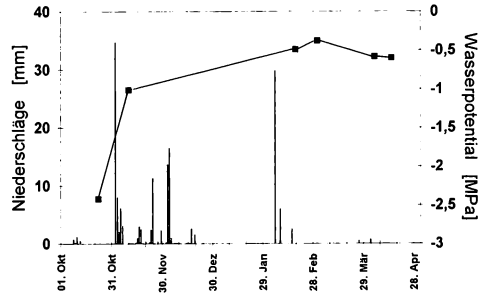


Abb. 5

Morgendliches Wasserpotential von *Thymelaea hirsuta* in der Interdüne in Nizzana und Tagesniederschläge am Meßstandort zwischen 1. Oktober 1994 und 30. April 1995 (Daten AERC, BERKOWICZ, persönl. Mitteilung).

Fig. 5

Pre-dawn water potential of *Thymelaea hirsuta* at the interdune in Nizzana, and daily precipitation rates at the investigation site between 1.10.94 and 30.04.95 (dates from AERC, BERKOWICZ, person. commun.)

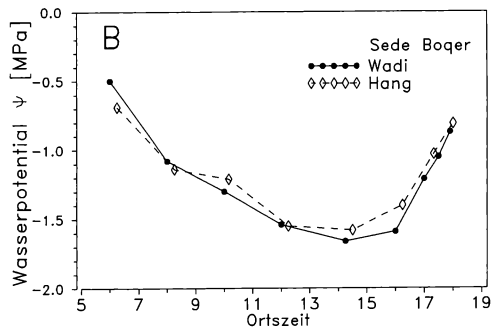
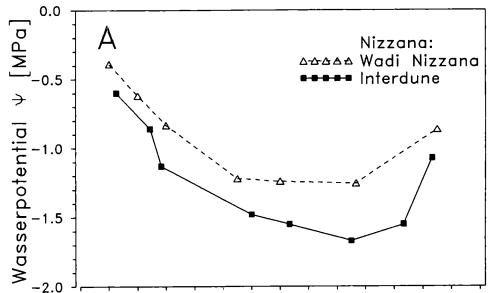


Abb. 6:

Tagesverlauf der Wasserpotentials von *Thymelaea hirsuta* an unterschiedlichen Standorten in der Negev-Wüste. (A) Nizzana: Interdüne (Sand) und Wadi Nizzana, (B) Sede Boquer: Hangbereich und Wadi-Terrasse am Ende der winterlichen Regenzeit. Fig. 6

Diurnal courses of the water potential of *Thymelaea hirsuta* at various localities in the Negev desert. (A): Nizzana: Interdüne (sand) and Wadi Nizzana. (B): Sede Boquer: slope area and terrace of the Wadi at the end of the rain season.

Danksagung

Dieses Forschungsvorhaben ist gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF, Förderungsnummer 0339495A). Die Messungen wurden auf den Untersuchungsgebieten des Arid Ecosystems Research Centres an der Hebräischen Universität Jerusalem in Nizzana und Sede Boquer durchgeführt. Wir bedanken uns bei unseren israelischen und deutschen Kollegen, die uns bei den Messungen tatkräftig unterstützt haben.

Literatur

- BATANOUNY, K.H. & ZAKI, M.A. 1969: Root development of two common species in different habitats in the Mediterranean subregion in Egypt. *Acta Botanica* 15, 217–226
- BERKOWICZ, S.M., BLUME, H.-P., YAIR, A., 1995: The Arid Ecosystem Research Centre of the Hebrew University of Jerusalem. In: Blume, H.P. and Berkowicz, S.M., *Arid Ecosystems, Advances in GeoEcology* 28, 1–11
- BORNKAMM, R. 1986: Flora and vegetation of some small oases in S-Egypt. *Phytocoenologia* 14, 275–284
- BORNKAMM, R. 1987a: Allochthonous ecosystems. *Landscape Ecology* 1 (2) 119–122
- BORNKAMM, R. 1987b: Growth of accidental vegetation on desert soils in SW Egypt. *Catena* 14, 267–274
- BORNKAMM, R. und H. KEHL 1985: Pflanzengeographische Zonen in der Marmarika (Nordwest-Ägypten). *Flora* 176, 141–151
- BORNKAMM, R. and H. KEHL 1989: Landscape ecology of the western desert of Egypt. – *J. Arid Environment* 17, 271–277
- BROWICZ, K., 1979: Distribution of woody *Thymelaea* in the Eastern Mediterranean Region. *Arboretum Kornickie* 24, 5–18
- EVENARI, M., SHANAN, L. and TADMOR, N. 1982: The Negev, the challenge of a desert. 2nd. edition, Harvard University Press, Cambridge, 437 S.
- PAVLIK, B.M. 1980: Patterns of Water Potential and Photosynthesis of desert sand dune plants, Eureka Valley, California. *Oecologia (Berl.)* 46, 147–154
- SCHULZE, E.-D., LANGE, O.L., EVENARI, M., KAPPEN, L., BUSCHBOM, U., 1980: Long-term effects of drought on wild and cultivated plants in the Negev Desert, II. Diurnal pattern of net photosynthesis and daily carbon gain. *Oecologia (Berl.)* 45, 11–18
- SHALTOUT, K.H. and AYYAD, M.A., 1988: Structure and standing crop of *Thymelaea hirsuta* populations. *Vegetatio* 74, 137–142
- SHALTOUT, K.H. and AYYAD, M.A., 1994: Phytological behaviour of *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. in Egypt. *Flora* 189, 193–199
- SHALTOUT, K.H., 1992: Nutrient status of *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. in Egypt. *J. Arid Environm.* 23, 423–432
- TADROS, T.M. 1956 An ecological survey of the semi-arid coastal strip of the western desert of Egypt. *Bull. Inst. Désert Egypte* 6, 26–56
- TENBERGEN, B., 1991: Vergleichende landschaft-ökologische Untersuchungen im nördlichen Negev-Hochland von Israel. *Arbeitsber. Lehrstuhl f. Landschaftsökologie Münster*, 217 S.
- VESTE, M., 1995: Structures of the geomorphological and ecological units and ecosystem processes in the linear dune system near Nizzana/Negev. *Bielefelder Ökol. Beiträge* 8, 85–96.
- VESTE, M. and BRECKLE, S.-W., 1995: Root growth and water uptake in a desert sand dune ecosystem. *Acta Phytogeogr. Suec.*, in press
- VON CAEMMERER, S. & FARQUHAR, G.D. 1981: Some relationships between biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta* 153, 376–387
- VON WILLERT, D.J., ELLER, B.M., WERGER, M.J., BRINKMANN, E., IHLENFELDT, H.-D. 1992: Life strategies of succulents in the deserts. *Cambridge Studies in Ecology*, Cambridge Press, Cambridge
- VON WILLERT, D.J., HERPPICH, M., MILLER, J.M. 1989: Photosynthetic characteristics and leaf water relations of mountain fynbos vegetation in the Cedarberg area (South Africa). *S.Afr.J.Bot.* 55, 288–298
- VON WILLERT, D.J., MÁTTYSEK, R., HERPPICH, W., 1995: Experimentelle Pflanzenökologie – Grundlagen und Anwendungen. Thieme/Stgt., New York
- WALTER, H. und BRECKLE, S.-W. 1991: Ökologie der Erde, Band 2 Spezielle Ökologie der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. Fischer/Stgt.
- WEISS, L. 1989: Vegetations- und standortliche Untersuchungen in zwei unterschiedlichen Waditypen des Negev-Hochlandes, Israel. Diplomarbeit am Institut für Geographie der Universität Münster, unveröffentlicht
- YAIR, A. 1983: Hillslope hydrology water harvesting and areal distribution of some ancient agricultural systems in the northern Negev desert. *J. Arid Environm.* 6, 283–301
- YAIR, A., 1990 a: Runoff generation in a sandy area: The Nizzana sands, Western Negev, Israel. *Earth Surface Processes and Landforms* 15, 597–609.
- YAIR, A., 1990 b: The role of topography and surface cover upon soil formation along hillslopes in arid

- climates. *Geomorphology* 3, 287–299.
- YAIR, A. and BERKOWICZ, S.M., 1989: Climatic and non-climatic controls of aridity: The case of the northern Negev of Israel. *Catena Suppl.* 14, 145–158
- YAIR, A., LAVEE, H., GREITSER, N. 1995: Spatial and temporal variability of water percolation and movement in a system of longitudinal dunes, Western Negev, Israel. in press.

Adresse

Maik Veste & Siegm.-W. Breckle
Abteilung Ökologie
Fakultät für Biologie
Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31, 33501 Bielefeld
Bundesrepublik Deutschland

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [25_1996](#)

Autor(en)/Author(s): Veste Maik, Breckle Siegmar-Walter

Artikel/Article: [Gaswechsel und Wasserpotential von Thymelaea hirsuta in verschiedenen Habitaten der Negev-Wüste 97-104](#)