

**Wasserhaushalt von *Festuca valesiaca* (SCHLEICH.) und *F. rupicola* (HEUFF.)
im Steppengebiet des mittleren Vinschgaus
(Südtirol, Italien)
(Gramineae)**

von

Florin FLORINETH*)

(Institut für Botanik der Universität Innsbruck)

Synopsis: During the vegetation periods 1976 and 1977 investigations were carried out on the drought resistance and water economy of *Festuca valesiaca* and *Festuca rupicola*, growing in a rocky steppe of the middle Vinschgau (South Tyrol, Italy). *Festuca valesiaca* transpires less than *Festuca rupicola* and is also able to regulate the water loss better, whereas *Festuca rupicola* compensates this disadvantage with a higher sublethal WSD. During drought the maximal stress at the habitat is very high in these two grasses. That they still dominate together with *Stipa*-species in the steppe vegetation might be due to the fact that the other components of the steppe tolerate extreme drought still less.

1. Einleitung:

Die vorliegende Arbeit ist einmal gedacht als Weiterführung der vegetationskundlichen, klima- und bodenökologischen Untersuchungen an *Festuca valesiaca* und *rupicola* im Böhmischem Karstgebiet durch HROUDOVÁ-PUČELÍKOVÁ (1972): beide Gräser kommen zusammen im Steppenrasen vor, zeigen allerdings unterschiedliche Standortmerkmale. *Festuca valesiaca* dominiert in südexponierten Lagen, *Festuca rupicola* ist auch in West- und Ostexpositionen stark vertreten. Am Standort der erstgenannten Art wurden höhere Boden- und Bodenoberflächentemperaturen, eine geringere Bodenfeuchtigkeit und Bodentiefe gemessen als bei *Festuca rupicola*. Auch die ins Gelände ausgebrachten Keimlinge von *Festuca valesiaca* überlebten die extremen Standortbedingungen besser. Bewässerungsversuche zeigten bei *Festuca rupicola* eine weit stärkere Zunahme des Blattwachstums und der Konkurrenzkraft, die bei *Festuca valesiaca* sogar abnahm.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. phil. F. Florineth, Marconistraße 3, I-39028 Schlanders, Südtirol, Italien.

Die vorliegenden Wasserhaushaltsuntersuchungen sind zudem gedacht als Vergleich zu meiner vorangegangenen Arbeit (FLORINETH, 1974 b), die in einer typischen Weidesteppe im oberen Vinschgau durchgeführt wurde, während es sich hier um Messungen an einer Felsensteppe und im mittleren Teil des Tales handelt.

Einen weiteren Vergleich soll diese Arbeit zu den Wasserhaushaltsuntersuchungen von RYCHNOVSKÁ (1966, 1967 und 1972) und RYCHNOVSKÁ und ÚLEHLOVÁ (1975) darstellen, die ebenfalls aus einer Felsensteppe (in Südwestmähren) stammen.

2. Material und Methoden:

Der Meßplatz für die Wasserhaushaltsuntersuchungen an *Festuca valesiaca* (SCHLEICH.) und *Festuca rupicola* (HEUFF.), früher als *Festuca sulcata* bekannt, war ein Felsenhang am Schlanderser Sonnenberg im mittleren Vinschgau: Südexposition, 45° Neigung und 750 m ü. M. Die Vegetation kann als *Festuca-Stipa*-Trockenrasen bezeichnet werden, umgeben von einigen aufgeforsteten Schwarzföhren (*Pinus nigra*) und Robinien (*Robinia pseudacacia*). Der Bodentyp ist eine flachgründige Pararendzina (30 – 40 cm tief), bestehend aus einer sehr dünnen Streuschicht (L), einem ersten (Ah₁) und einem zweiten Humushorizont (Ah₂) und dem darunterliegenden Augen- und Flasergneis als Ausgangsgestein (C). Der Karbonatgehalt der beiden Humushorizonte beträgt 1,5 % (Ah₁) und 2,3 % (Ah₂), der pH-Wert 7,1 und 8,4. Über die Boden-, Bodenoberflächen- und Lufttemperaturen am Meßplatz geben die mikroklimatischen Begleitmessungen während der Transpirations- und WSD-Untersuchungen Auskunft (Abb. 3 – 6). Die Verteilung der monatlichen Niederschläge an den beiden Meßjahren 1976 und 1977 ist in Abb. 2 dargestellt.

2.1. Versuchspflanzen:

Für die Wasserhaushaltsuntersuchungen wurden nur gut ausgebildete grundständige Blätter *Festuca valesiaca* und *Festuca rupicola* verwendet. Beide Arten unterscheiden sich in ihrem äußeren Aussehen nur wenig: die Horste von *Festuca valesiaca* sind

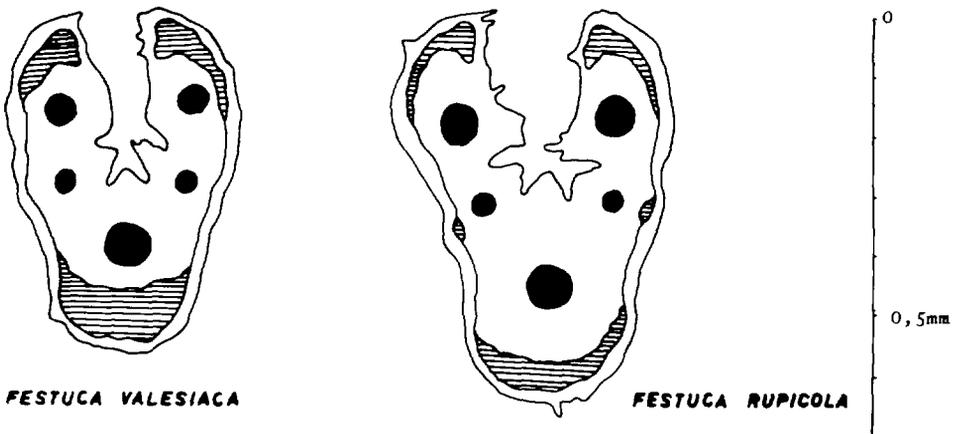


Abb. 1: Querschnitte der grundständigen Blätter von *Festuca valesiaca* und *Festuca rupicola*. Schraffiert: die Sklerenchympolster, schwarz: die Leitbündel

niedriger, die Blätter etwas feiner und immer blau bereift (nach längeren Regenperioden ist die Blaufärbung allerdings gering). *Festuca rupicola* ist hochwüchsiger, die Rollblätter sind größer und typisch dunkelgrün gefärbt.

Besser zu unterscheiden sind die beiden Schwingelarten durch Blattquerschnitte im Mikroskop (Abb. 1): *Festuca valesiaca* weist einen Blattdurchmesser von 0,4 – 0,6 mm auf, 5 Leitbündel und 3 starke Sklerenchymolster. *Festuca rupicola* hat ebenfalls 5 Leitbündel, jedoch kleinere und meist 5 Sklerenchymolster, der Blattdurchmesser beträgt 0,5 – 0,8 mm.

2.2. Methoden :

2.2.1. Untersuchungsmethoden an der Pflanze:

Messung der Transpiration am Standort durch kurzfristige Wägung abgeschnittener Blätter nach IVANOV (1918 und 1928), HUBER (1927) und STOCKER (1929): Expositionszeit 3 min. Die Wägung erfolgte auf einer Torsionswaage mit 0,1 mg Genauigkeit. Die aufgetragenen Transpirationswerte stellen den Durchschnitt von mindestens 3 Vergleichsmessungen zu jeder Stunde dar und sind auf den Ausgangswassergehalt bezogen.

Bestimmung des Wassersättigungsdefizits (WSD) nach STOCKER (1929): Aufsättigung der Blätter in Proberöhrchen 24 Stunden lang im Dunkeln bei 2 cm Wasserhöhe.

Bestimmung des Wasserrücksättigungsdefizits (WRD) und des subletalen Wassersättigungsdefizits (subl. WSD) nach OPPENHEIMER (1963): subl. WSD = WSD bei 10 % WRD. Aufsättigung und Rücksättigung der Blätter ebenfalls in Proberöhrchen 24 Stunden lang, Austrocknung bei 30° C im Trockenschrank 1 – 9 Stunden.

Bestimmung des Spaltenschlusses und der kutikulären Transpiration durch Austrocknung und laufende Wägung abgeschnittener und vollgesättigter Blätter: 0,15 – 0,21 ml/h Evaporationsvermögen, 16,5° – 26,5° C Lufttemperatur und 1.600 – 1.900 Lux Beleuchtungsstärke (Glühlampe). Wägung nach 3, 6, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 und 180 min.

Berechnung des Überdauerungsvermögens (=Austrocknungsdauer vom Spaltenschluß bis zum subletalen WSD) nach PISEK und WINKLER (1953), vgl. auch LARCHER (1973).

Bestimmung der maximalen Trockenheitsbeanspruchung (max. WSD . subl. WSD⁻¹ . 100 %) nach HÖFLER, MIGSCH und ROTTENBURG (1941).

2.2.2. Methoden der Mikroklimamessung:

Messung der Lufttemperatur (10 cm Höhe), der Bodenoberflächen- und der Bodentemperatur (10 cm Tiefe) mit NTC-Widerständen.

Beleuchtungsstärke knapp über dem Pflanzenbestand mit einer Photozelle in horizontaler Lage.

Relative Luftfeuchtigkeit in gleicher Höhe mit dem Assmannschen Aspirationspsychrometer.

Evaporationsvermögen der Luft mit 2 Piche-Evaporimetern (3 cm Durchmesser der grünen Scheibe).

Für die Berechnung der relativen Transpiration wurde die Tagessumme des Evaporationsvermögens auf den Wassergehalt der Evaporationsscheibe bezogen.

Messung der Niederschläge mit dem Regen- und Schneemesser nach HELLMANN.

2.2.3. Methoden der Bodenuntersuchung:

Bestimmung des Bodenwassergehaltes (BWG) im Wurzelbereich nach der gravimetrischen Methode, ausgedrückt in % der getrockneten (105° C) Feinerde (Korngrößenfraktion unter 2 mm).

Bestimmung des pH-Wertes in n-KCL-Lösung mit dem Universalindikator nach MERCK.

Bestimmung des Karbonatgehaltes nach der titrimetrischen Methode: in n-HCL aufgelöst und mit n-NaOH titriert.

3. Ergebnisse:

Abb. 2 zeigt die Verteilung der monatlichen Niederschläge in den beiden Untersuchungsjahren 1976 und 1977. Obwohl die Niederschlagssummen (483 und 508 mm) annähernd gleich sind, waren die beiden Jahre extrem verschieden: 1976 wurden von Anfang Jänner bis Mitte Juli nur 80 mm Niederschläge gemessen, während allein im September und Oktober jeweils über 120 mm registriert wurden. Die Hauptniederschläge fielen also in einer Zeit, in der der Großteil der Pflanzen ihre Entwicklung bereits abgeschlossen hatte. Wesentlich günstiger hingegen war das Jahr 1977: hier fielen die Hauptniederschläge im Frühjahr und Sommer. Der Herbst war dann trocken.

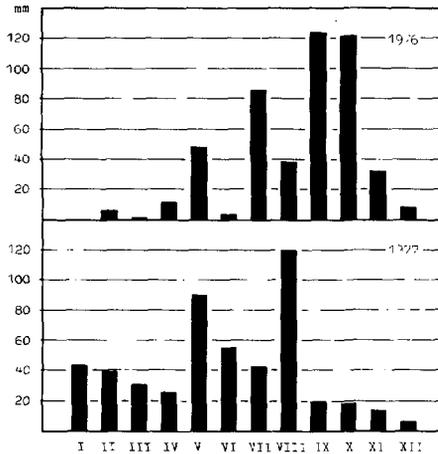


Abb. 2: Verteilung der monatlichen Niederschlagssummen in den Untersuchungsjahren 1976 und 1977 auf dem Meßplatz am Schlanderser Sonnenberg. Gesamtsumme 1976: 483 mm, 1977: 508 mm.

3.1. Tagesgänge der Transpiration und des WSD:

Für die Darstellung der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* und *rupicola* habe ich 4 Tage herausgegriffen, die einen Überblick über das Verhalten der beiden Gräser über die ganze Vegetationsperiode hindurch geben sollen.

Der 1. Mai 1976 (Abb. 3) war ein heißer und wolkenloser Frühlingstag mit niedrigem Bodenwassergehalt (2,8 – 4,9 %), der 28. Juni 1976 (Abb. 4) ein wolkenloser Frühsommertag mit dem höchsten Evaporationsvermögen der Luft und der geringsten Bodenfeuchtigkeit (1,0 – 3,5 %), der 26. September 1976 (Abb. 5) ein trüber Herbsttag in der oben erwähnten Regenperiode (trotzdem nur 3,3 – 4,0 % festgestellter Bodenwassergehalt) und der 19. Juni 1977 (Abb. 6) ein warmer und wolkenloser Spätfrühlingstag nach längerem anhaltendem Regen (5,8 – 8,3 % Bodenwassergehalt).

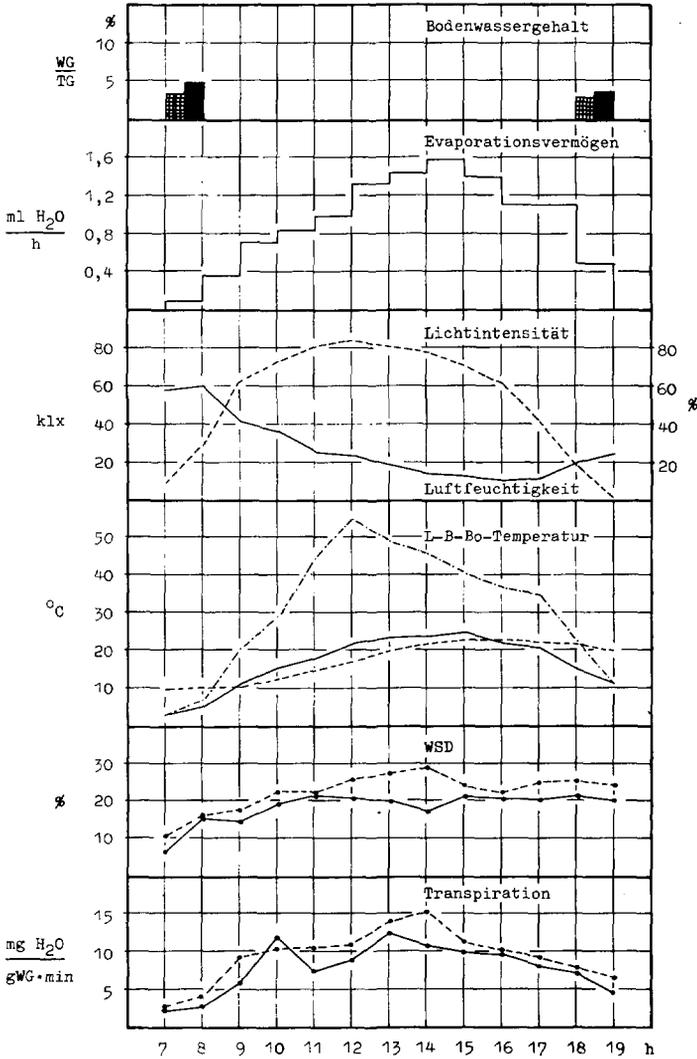


Abb. 3: Tagesgang der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* ●—●—● und *Festuca rupicola* ●---●---● am Standort mit mikroklimatischen Begleitmessungen, am 1. 5. 1976. Unterste Reihe: Transpiration ($\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), 2. Reihe: WSD (%), 3. Reihe: Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) in 10 cm Höhe —, Bodentemperatur in 10 cm Tiefe ---, Bodenoberflächentemperatur ----, 4. Reihe: relative Luftfeuchtigkeit (%) — und Lichtintensität (1.000 Lux - klx) ---, 5. Reihe: Evaporationsvermögen der Luft ($\text{ml H}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$ grüne Evaporationsscheibe $^{-1} \cdot \varnothing$ 3 cm), 6. Reihe: Bodenwassergehalt (WG/TG, 100 %) im ersten (0 - 15 cm) ▨ und zweiten Humushorizont (15 - 34 cm) ■.

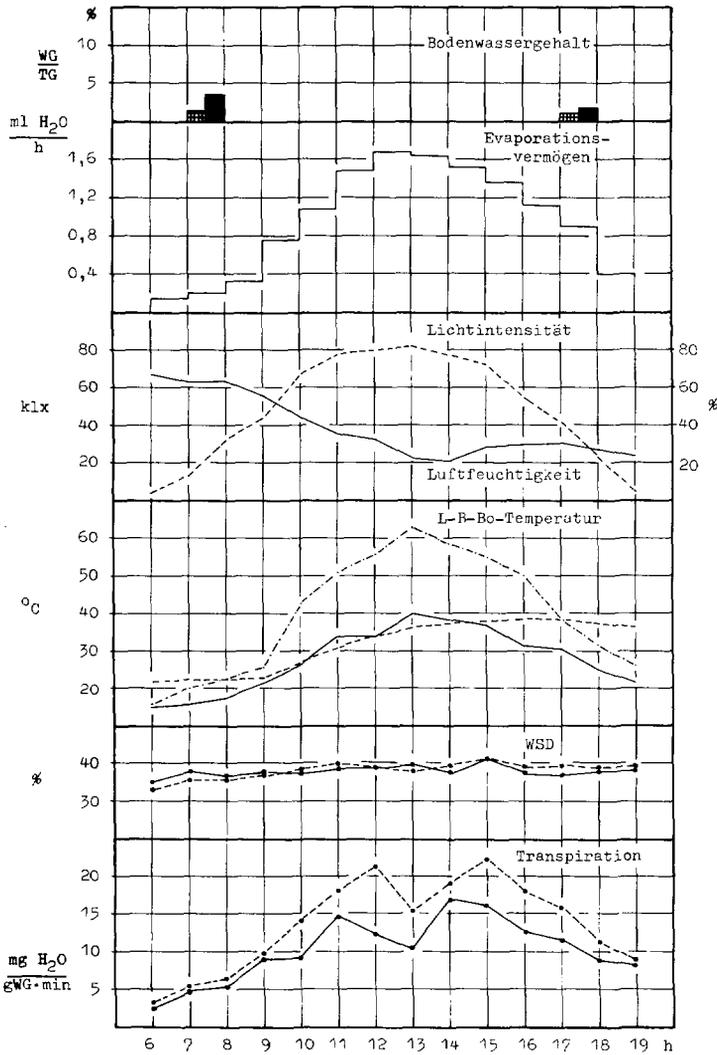


Abb. 4: Tagesgang der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* ●—●—● und *Festuca rupicola* ●---●---● am Standort mit mikroklimatischen Begleitmessungen, am 28. 6. 1976. — Bezeichnungen wie in Abb. 3.

Festuca valesiaca zeigt am ersten Meßtag eine geringe Tagestranspiration ($6,0 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) mit einer sichtbaren aktiven Wasserabgabeeinschränkung am Vormittag. Das WSD steigt in der Früh stark an und bleibt untertags bei ca. 20 %. Bei geringstem Bodenwassergehalt und dem höchsten Evaporationsvermögen der Luft (2. Meßtag) transpiriert *Festuca valesiaca* trotz aktiver Einschränkung zu Mittag um einiges mehr ($7,7 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) als am ersten Meßtag. Das WSD liegt im Durchschnitt zwischen 35 und 40 %. Am trüben Herbsttag ist die Wasserabgabe sehr gering ($3,3 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), sie verläuft annähernd

parallel zum Evaporationsvermögen der Luft, die Blätter sind zum Teil vollgesättigt (WSD zwischen 0 und 6 %). Bei hohem Bodenwassergehalt und sonnigem Wetter zeigt *Festuca valesiaca* die höchste Transpiration ($9,2 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), sie verläuft ebenso wie am vorhergehenden Tag parallel zur Verdunstungskraft der Atmosphäre. Das WSD entsprechend dem hohen Bodenwassergehalt gering (3 – 11 %).

Festuca rupicola transpiriert an allen vier Meßtagen mehr als *Festuca valesiaca*, die Wasserabgabe geht am ersten Tag ($7,2 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) parallel zum Evaporationsvermögen der Luft, ebenso das WSD, das bedeutend höher steigt als bei *Festuca valesiaca*. Am 2. Meßtag (extremste Dürre) ist der Unterschied in der Tagstranspiration ($11,1 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) zu *Festuca valesiaca* noch größer, *Festuca rupicola* zeigt diesmal jedoch eine aktive Wasserabgabebeeinträchtigung zu Mittag. Ihr WSD liegt nur unmerklich höher als bei *Festuca valesiaca*. Am trübem Herbsttag ist die Transpiration ($3,7 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) sehr gering, ebenso das WSD (0 – 4 %). Bei hohem Bodenwassergehalt (4. Meßtag) steigt die Transpiration wesentlich höher als bei *Festuca valesiaca*, die Tagessumme ($11,2 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{gWG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) ist dieselbe wie bei der größten Dürre! Das WSD liegt bei 10 %.

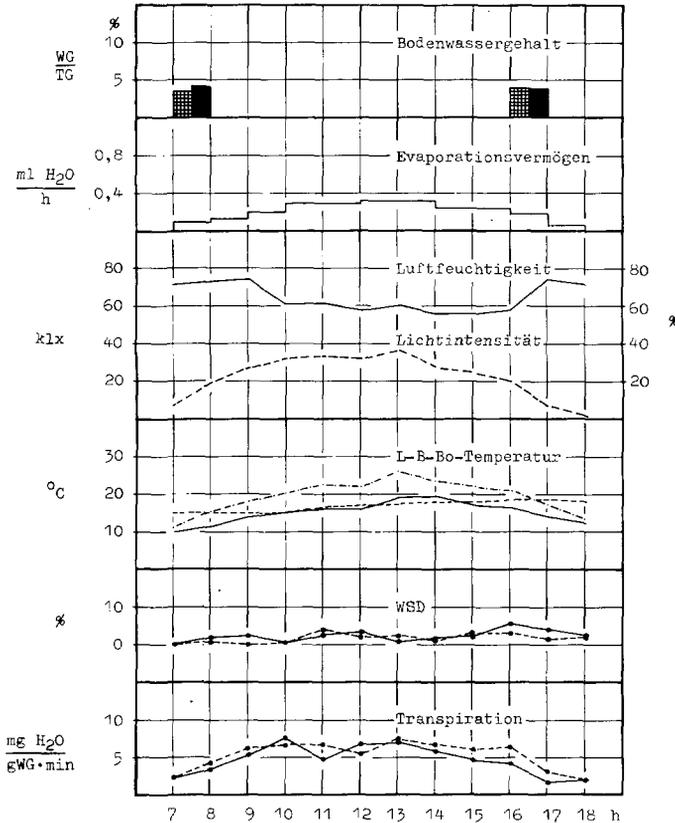


Abb. 5: Tagesgang der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* ●—●—● und *Festuca rupicola* ----●---- am Standort mit mikroklimatischen Begleitmessungen, am 26. 9. 1976. – Bezeichnungen wie in Abb. 3.

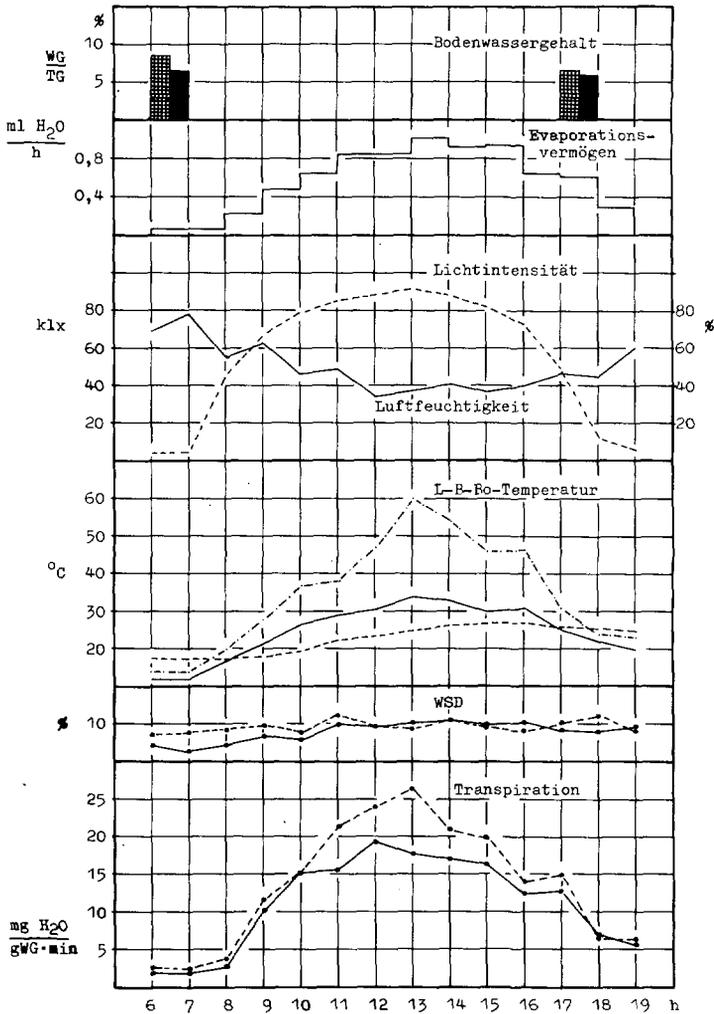


Abb. 6: Tagesgang der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* ●—●—● und *Festuca rupicola* ●---●---● am Standort mit mikroklimatischen Begleitmessungen, am 19. 6. 1977. — Bezeichnungen wie in Abb. 3.

Abb. 7 bringt eine Zusammenfassung der Ergebnisse von den vier Messagen: genauso wie die Tagessumme (= Wasserumsatz), ist auch die maximale Transpiration von *Festuca rupicola* mit Ausnahme am trübem Herbsttag immer höher als bei *Festuca valesiaca*. Am Tag der extremen Dürre ist der Unterschied besonders groß (27,7 mg H₂O · gWG⁻¹ · min⁻¹ gegenüber 20,6 mg von *Festuca valesiaca*).

Einen Anhaltspunkt über die Wirksamkeit der Wasserabgabe einschränkung gibt die relative Transpiration. Am ersten Messstag beträgt die Wasserabgabe von *Festuca valesiaca* 0,30, bei *Festuca rupicola* 0,36 gegenüber der Verdunstung einer freien Wasseroberfläche (1,00). Am

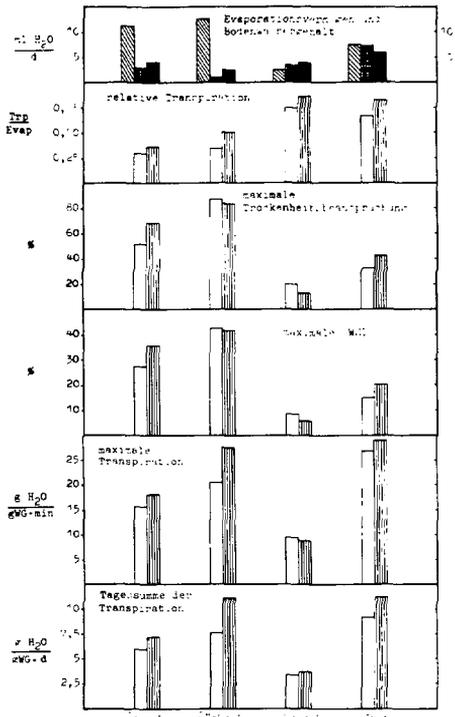


Abb. 7: Zusammenfassung der vier Tagesgänge der Transpiration und des WSD von *Festuca valesiaca* □ und *Festuca rupicola* ▨ am Standort.

Unterste Reihe: Tagessumme der Transpiration oder Wasserumsatz pro Tag (g H₂O.gWG⁻¹.d⁻¹), 2. Reihe: maximale Transpiration (mg H₂O.gWG⁻¹.min⁻¹), 3. Reihe: maximales WSD (%), 4. Reihe: maximale Trockenheitsbeanspruchung (maximales WSD . subletales WSD⁻¹.100 %), 5. Reihe: relative Transpiration (g H₂O.gWG⁻¹.d⁻¹.g H₂O⁻¹.gWG.d), 6. Reihe: Tagessumme des Evaporationsvermögens der Luft (ml H₂O.d⁻¹.Evaporationssscheibe⁻¹ ø 3 cm) und Tagesmittel des Bodenwassergehaltes (WG.TG⁻¹.100 %) vom ersten ▨▨ und zweiten ▨▨ Humushorizont.

Tag der größten Dürre ist die relative Transpiration höher und die Differenz zwischen den beiden Gräsern bedeutend größer (0,35 und 0,51). Am trübten Herbsttag (0,75 und 0,86) nähert sich die Transpiration bereits der Evaporation einer freien Wasseroberfläche, ebenfalls wenig wird die Wasserabgabe bei wolkenlosem Wetter und genügender Bodenfeuchtigkeit eingeschränkt (0,69 und 0,84). *Festuca rupicola* weist an allen 4 Meßtagen die höhere relative Transpiration auf.

Die eigentliche Belastung der beiden Gräser durch die Wasserabgabe drücken das maximale WSD und noch besser die maximale Trockenheitsbeanspruchung aus: *Festuca valesiaca* zeigt am Tag der größten Dürre (87 %) und am trübten Herbsttag (20 %) trotz geringerer Transpiration eine stärkere Trockenheitsbeanspruchung als *Festuca rupicola* (84 und 13 %). Am heißen und ebenfalls trockenen Frühlingstag und bei hoher Bodenfeuchtigkeit weist *Festuca rupicola* eine stärkere Trockenheitsbeanspruchung auf: 69 und 43 % gegenüber 52 und 33 % von *Festuca valesiaca*.

3.2. Wasserrücksättigungdefizit und subletales Wassersättigungsdefizit:

Wie Abb. 8 zeigt, können die Rollblätter von *Festuca valesiaca* und *rupicola* Wassersättigungsdefizite bis zu 20 % fast zur Gänze wieder aufsättigen, im Bereich von 44 – 53 % WSD erreichen die Blätter bereits ein Wasserrücksättigungsdefizit von 10 %, was nach OPPENHEIMER (1963) die subletale Grenze bedeutet.

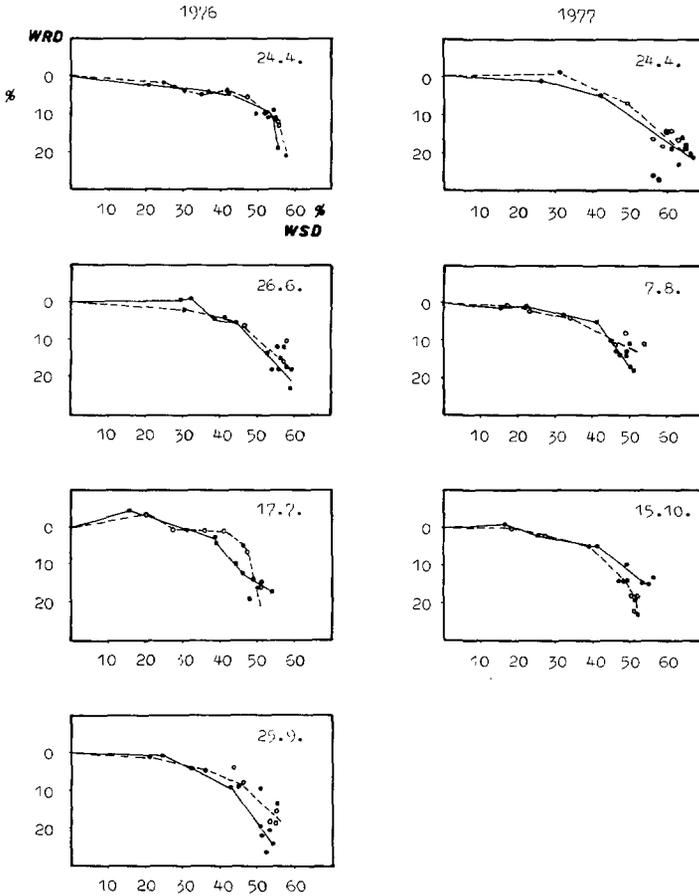


Abb. 8: Wasserrücksättigungsdefizit (WRD) in Abhängigkeit des Wassersättigungsdefizits (WSD) von *Festuca valesiaca* ●—●—● und *Festuca rupicola* ○---○---○ zur Berechnung des subletalen WSD (bei 10 % WRD) in den beiden Untersuchungs Jahren 1976 und 1977.

Dieses subletale WSD der zwei Gräser nimmt, wie in Abb. 9 dargestellt ist, in beiden Untersuchungsjahren vom Beginn bis zum Ende der Vegetationsperiode langsam ab, im April ist die Dürre-resistenz jeweils am höchsten, im September am geringsten. Bei *Festuca rupicola* liegt diese subletale Grenze (mit 2 Ausnahmen) höher als bei *Festuca valesiaca*. Die Unterschiede in den niederschlagsmäßig doch sehr verschiedenen Vegetationsperioden sind nur gering.

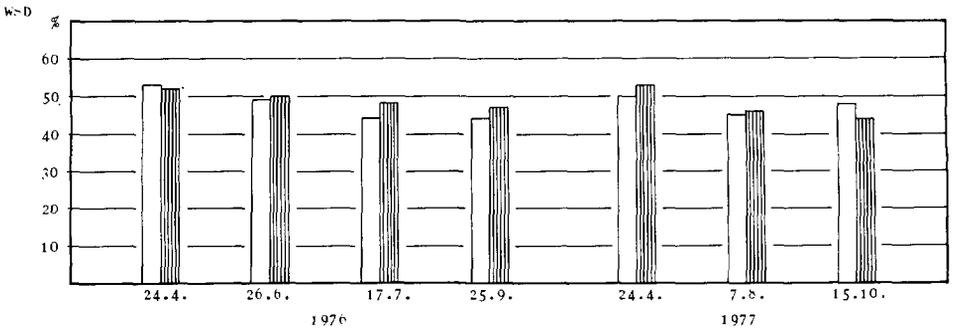


Abb. 9: Jahresgang des subletalen WSD (%) von *Festuca valesiaca* □ und *Festuca rupicola* ▨.

3.3. Spaltenschluß, kutikuläre Transpiration und Überdauerungsvermögen:

Beide Gräser schließen im Austrocknungsversuch vollgesättigter Blätter und unter konstanten Laborbedingungen annähernd zur selben Zeit die Spalten (Abb. 10): in den ersten zwei Versuchen nach 45 Minuten, im letzten bereits nach 25 Minuten. Das WSD zur Zeit des Spaltenschlusses ist infolge unterschiedlicher Wasserabgabe jedoch verschieden: *Festuca valesiaca* schließt bei einem WSD von 9 – 18 % ihre Spalten, *Festuca rupicola* erst später (bei einem WSD von 13 – 20 %).

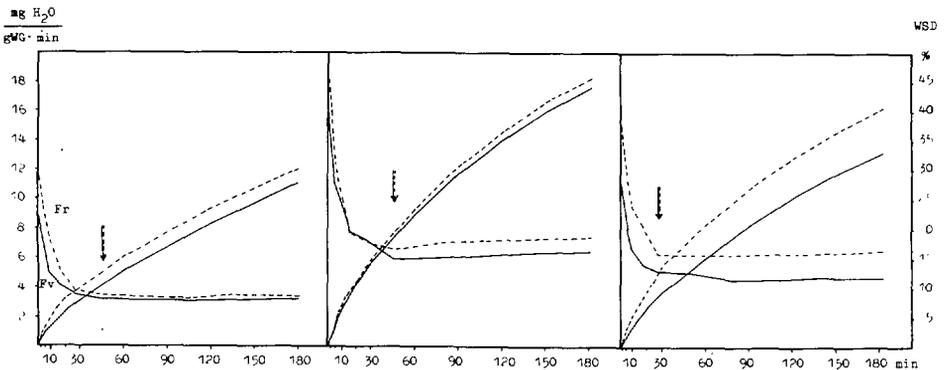


Abb. 10: Verlauf der Transpiration und des WSD vollgesättigter Blätter von *Festuca valesiaca* (Fv) — und *Festuca rupicola* (Fr) --- unter konstanten Laborbedingungen. 1. Reihe (23. 4. 1976): 0,15 ml $H_2O \cdot h^{-1}$ Evaporationsvermögen und 1.600 lux Beleuchtungsstärke, 2. Reihe (27. 7. 1976): 0,21 ml $H_2O \cdot h^{-1}$ und 1.800 lux, 3. Reihe (6. 8. 1977): 0,15 ml $H_2O \cdot h^{-1}$ und 1.900 lux. Nach dem Spaltenschluß (↓) Verlauf der kutikulären Transpiration.

Große Unterschiede bestehen in der kutikulären Wasserabgabe: *Festuca rupicola* transpiriert auch nach Spaltenschluß zum Teil wesentlich mehr als *Festuca valesiaca*. Bezeichnend ist, daß in der Dürreperiode 1976 die kutikuläre Wasserabgabe nach Spaltenschluß ($3,1 - 3,4 \text{ mg } H_2O \cdot gWG^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) viel niedriger ist als in der anschließenden Regenzeit ($5,9 - 7,4 \text{ mg}$) und in der drauffolgenden feuchten Vegetationsperiode ($4,6 - 6,5 \text{ mg}$).

Wie lange eine Pflanze am Standort bei völligem Versiegen des Wassernachschubs überleben kann, hängt nicht allein von der kutikulären Transpiration ab, sondern auch von der Höhe des subletalen WSD. Und wie Tabelle 1 zeigt, ist diese Austrocknungsdauer vom Spaltenschluß bis zum subletalen WSD bei beiden Gräsern nicht so unterschiedlich, wie es die kutikuläre Wasserabgabe vermuten läßt.

Tab. 1: Überdauerungsvermögen (in Stunden) abgeschnittener Blätter von *Festuca valesiaca* und *Festuca rupicola*, berechnet auf ein Evaporationsvermögen der Luft von 0,48 ml H₂O · h⁻¹.

	23. 4. 76	27. 7. 76	6. 8. 77
<i>Festuca valesiaca</i>	1,87	0,98	1,33
<i>Festuca rupicola</i>	1,70	1,10	1,02

Festuca valesiaca weist in der Trockenzeit des ersten Jahres (23. 4.) und während der langen Regenperiode des zweiten Jahres (6. 8.) ein höheres Überdauerungsvermögen auf, im Sommer 1976 (27. 7.) ist dieses bei *Festuca rupicola* auf Grund des viel höheren subl. WSD größer.

4. Besprechung der Ergebnisse:

HROUDOVÁ-PUČELÍKOVÁ (1972) vermutet auf Grund ihrer vegetationskundlichen, klima- und bodenökologischen Untersuchungen, daß *Festuca valesiaca* besser mit den extremen Bedingungen in Steppengebieten zurecht kommt. Die eben dargestellten Wasserhaushaltsuntersuchungen können dies nur zum Teil bestätigen, denn ich glaube, daß beide Arten – zwar auf verschiedene Art und Weise – gegen diese ungünstigen Bedingungen zu kämpfen haben.

Festuca valesiaca transpiriert bei hoher Bodenfeuchtigkeit und geringer Verdunstungskraft der Atmosphäre deutlich mehr als bei niedrigem Bodenwassergehalt und hohem Evaporationsvermögen. Bei *Festuca rupicola* ist die Wasserabgabe in beiden Fällen die gleiche. Letztere Art kann also eine hohe Bodenfeuchtigkeit nicht für eine höhere Transpiration ausnützen, wie sie ebenso bei sehr geringem Bodenwassergehalt ihre Transpiration schlechter einzuschränken vermag. Die aktive Wasserabgaberegulierung dürfte also bei *Festuca rupicola* noch geringer sein als bei *Festuca valesiaca*.

Beide *Festuca*-Arten weisen typische Rollblätter auf, die auf Grund ihrer anatomischen Struktur sehr wenig aus- und eingerollt werden können, womit eine zusätzliche Wasserabgaberegulierung (wie sie die *Stipa*-Arten besitzen – FLORINETH, 1974 b) ausfällt. Daß *Festuca rupicola* ihre Transpiration noch schlechter reguliert als *Festuca valesiaca*, dürfte in ihrem trägeren Spaltenmechanismus liegen. Die im allgemeinen geringere Wasserabgabe von *Festuca valesiaca* ist auch durch den starken Wachsüberzug an der äußeren Epidermis bedingt (siehe auch geringere kutikuläre Transpiration).

Festuca rupicola schützt sich jedoch durch ihre größere Dürre-resistenz: sie kann eine höhere Wasserabgabe durch ein ebenso höheres subletales WSD ausgleichen. Sie zeigt an 2 Meßtagen eine sogar geringere Trockenheitsbeanspruchung als *Festuca valesiaca*. Daß, wie schon erwähnt, beide Arten unter den extremen Dürrebedingungen zu kämpfen haben, beweist schon ihre maximale Trockenheitsbeanspruchung von 87 bzw. 84 % am 28. 6. 1976. Daß sie dennoch gemeinsam mit den *Stipa*-Arten zu den dominanten Pflanzen im Steppenrasen zählen, liegt wohl daran, daß andere Arten die Trockenheit noch schlechter vertragen.

Auffallend hoch ist die kutikuläre Transpiration (3,1 – 7,4 mg H₂O · gWG⁻¹ · min⁻¹) der beiden *Festuca*-Arten; sie wurde unter konstanten Laborbedingungen gemessen und ist wesentlich höher als die Wasserabgabe vor Sonnenaufgang am Standort (2,0 – 3,2 mg H₂O).

Die Ursache dürfte darin liegen, daß die Blätter bei Austrocknungsbeginn vollgesättigt waren und sich leicht entfaltet zeigten, was sich bei dem trägen und unwirksamen Spaltöffnungsmechanismus wohl deutlich auf die Wasserabgabe auswirkt.

Im Vergleich zur Weidesteppe im oberen Vinschgau transpirieren die beiden Gräser im mittleren Vinschgau gemessen an der relativen Transpiration (Tab. 2) annähernd gleich viel. Die Gräser an der Felsensteppe in Südwestmähren zeigen bei extremen Trockenbedingungen eine viel geringere relative Transpiration. Auch *Festuca rupicola* transpiriert in einer Trockenwiese in Südmähren weniger als die gleiche Art im Vinschgau.

Tab. 2: Tagessumme der Transpiration ($\text{g H}_2\text{O} \cdot \text{g WG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) und relative Transpiration ($\text{g H}_2\text{O} \cdot \text{g WG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g H}_2\text{O}^{-1} \cdot \text{g WG} \cdot \text{d}$) von Steppengräsern aus dem mittleren und oberen Vinschgau (FLORINETH, 1974 b), aus Südwestmähren/ČSSR (RYCHNOVSKÁ und ŮLEHLOVÁ, 1975), aus Südmähren (RYCHNOVSKÁ et al., 1972) und aus Kasachstan/UdSSR (SVEŠNIKOVA, 1963).

	Tagestranspiration	relative Transpiration
Felsensteppe im mittleren Vinschgau:		
<i>Festuca valesiaca</i>	3,3 – 9,2	0,30 – 0,75
<i>Festuca rupicola</i>	3,7 – 11,2	0,36 – 0,86
Weidesteppe im oberen Vinschgau:		
<i>Stipa eriocalis</i>	8,7 – 19,1	0,40 – 1,29
<i>Stipa capillata</i>	6,0 – 15,9	0,28 – 1,02
<i>Festuca valesiaca</i>	7,5 – 13,0	0,29 – 0,82
Felsensteppe in Südwestmähren:		
<i>Stipa capillata</i>	1,9 – 11,5	0,12 – 1,03
<i>Stipa joannis</i>	4,3 – 6,4	0,27 – 0,51
<i>Stipa pulcherrima</i>	2,3 – 8,8	0,15 – 0,70
<i>Stipa stenophylla</i>	6,1 – 12,3	0,38 – 0,97
Trockenwiese in Südmähren:		
<i>Festuca rupicola</i>	5,2 – 6,8	0,25 – 0,33
<i>Stipa capillata</i>	5,5 – 12,7	0,27 – 0,62
Wüstensteppe in Kasachstan:		
<i>Festuca rupicola</i>	13,8 – 16,8	–

Deutliche Unterschiede zwischen den *Festuca*-Arten im oberen und mittleren Vinschgau liegen im subletalen WSD (Tab. 3): zwischen den Felsspalten dürften die Gräser doch wesentlich mehr Wasser vorfinden als man mit der gravimetrischen Bodenwasserbestimmung feststellen kann, weshalb sie keine so hohe Dürre-resistenz brauchen wie die Gräser auf einer deutlich trockeneren Weidesteppe. Verglichen mit den *Stipa*-Arten auf der Felsensteppe in Südwestmähren und mit *Festuca valesiaca* auf der Tihany-Halbinsel zeigen die untersuchten Arten annähernd dasselbe subletale WSD.

Tab. 3: Subletales WSD (%), maximale Trockenheitsbeanspruchung (%) und Überdauerungsvermögen (in Stunden, bei 0,48 ml H₂O · h⁻¹ Evaporationsvermögen) von Steppengräsern aus dem mittleren und oberen Vinschgau (FLORINETH, 1974 b), aus Südwestmähren/ČSSR (RYCHNOVSKÁ und ŮLEHLOVÁ, 1975) und aus der Tihany-Halbinsel am Plattensee/Ungarn (RYCHNOVSKÁ und KVĚT, 1965).

	subletales WSD	max. Trockenheitsbeanspruchung	Überdauerungsvermögen
Felsensteppe im mittleren Vinschgau:			
<i>Festuca valesiaca</i>	44 – 52	20 – 87	0,98 – 1,87
<i>Festuca rupicola</i>	45 – 53	13 – 84	1,02 – 1,70
Weidesteppe im oberen Vinschgau			
<i>Stipa eriocaulis</i>	48 – 64	45 – 85	1,82 – 5,25
<i>Stipa capillata</i>	54 – 70	38 – 79	4,13 – 7,50
<i>Festuca valesiaca</i>	64 – 73	38 – 92	3,67 – 5,50
Felsensteppe in Südwestmähren:			
<i>Stipa capillata</i>	39 – 62	44 – 108	–
<i>Stipa joannis</i>	38 – 60	23 – 92	–
<i>Stipa pulcherrima</i>	32 – 63	37 – 87	–
<i>Stipa stenophylla</i>	33 – 65	49 – 88	–
Trockenhang auf der Tihany-Halbinsel:			
<i>Festuca valesiaca</i>	55	–	–

Die höchste gemessene Trockenheitsbeanspruchung liegt bei allen angeführten Pflanzen über 80 %, bei *Stipa capillata* in Südwestmähren sogar über 100 %, wodurch selbst bei den dominanten Steppenkomponenten die starke Belastung durch die Dürre deutlich wird.

Sehr groß sind die Unterschiede im Überdauerungsvermögen der Gräser aus dem oberen und mittleren Vinschgau. Der Grund liegt darin, daß im oberen Vinschgau der Austrocknungsversuch im Gelände durchgeführt wurde, wo die kutikuläre Transpiration, wie bereits erwähnt, viel geringer ist als bei den Laborversuchen mit vollgesättigten Blättern.

5. Zusammenfassung:

Auf einer Felsensteppe im mittleren Vinschgau wurden in den Vegetationsperioden 1967 und 1977 an *Festuca valesiaca* und *Festuca rupicola* Dürresistenz- und Wasserhaushaltsuntersuchungen am Standort durchgeführt. *Festuca valesiaca* transpiert weniger und kann die Wasserabgabe besser regulieren als *Festuca rupicola*, die diesen Nachteil mit einem höheren subletalen WSD ausgleicht. Die maximale Trockenheitsbeanspruchung am Standort ist bei beiden Gräsern in Dürreperioden sehr hoch. Daß diese gemeinsam mit den *Stipa*-Arten dennoch im Trockenrasen dominieren, dürfte daran liegen, daß die anderen Steppenkomponenten extremste Dürre noch schlechter ertragen.

6. Literatur.

- DOINA, I. (1968): Einige ökophysiologische Unterschiede zwischen den Arten *Stipa joannis* (ČELAK.) und *Stipa stenophylla* (CZERN.). – Ann. Univ. Bucaresti, Ser. st. natur. Biol. 17: 189 – 202.
- FLORINETH, F. (1974 a): Vegetation und Boden im Steppengebiet des oberen Vinschgau (Südtirol/Italien). – Ber. nat. med. Ver. Innsbruck 61: 43 – 70.
- FLORINETH, F. (1974 b): Wasserhaushalt von *Stipa pennata* ssp. *eriocaulis*, *Stipa capillata* und *Festuca vallesiaca* im Steppengebiet des oberen Vinschgau. – Oecol. Plant., 9: 295 – 314.
- GOLOVKOVÁ, A. G. (1958): *Festuca sulcata* der Zentral-Tjan-San-Steppe. – Uč. Zap. Biol. Pcov. Kirg. Unt., 7: 301 – 312.
- HÖFLER, K., MIGSCH, H. und W. ROTTENBURG (1941): Über die Austrocknungsresistenz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. – Forschungsdienst, 12: 50 – 61.
- HROUDOVÁ-PUČELÍKOVÁ, Z. (1972): A comparative study of the Ecology of *Festuca vallesiaca* (GAUDIN) and *Festuca rupicola* (HEUFF.). – Folia Geobot. Phytotax., Praha, 7: 53 – 79.
- HUBER, B. (1927): Zur Methodik der Transpirationsbestimmungen am Standort. – Ber. dtsh. bot. Ges., 45: 611 – 618.
- IVANOV, L. A. (1918): Über die Methode der Transpirationsbestimmung der Pflanzen unter natürlichen Bedingungen ihres Vorkommens. – Les. Ž., 48: 1 – 7.
- IVANOV, L. A. (1928): Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. – Ber. dtsh. bot. Ges., 46: 306 – 310.
- KÖLLEMANN, C. (1979): Der Flaumeichenwald im unteren Vinschgau (vegetationskundliche, bodenkundliche und ökologische Untersuchungen). – Diss. Univ. Innsbruck.
- LARCHER, W. (1973): Ökologie der Pflanzen. – UTB Stuttgart.
- LÖSCH, R. und N. FRANZ (1974): Tagesverlauf von Wasserpotential und Wasserbilanz bei Pflanzen verschiedener Standorte des fränkischen Wellenkalkes. – Flora, 163: 466 – 479.
- MERINO, J., GARCÍA NOVO, F. and M. SÁNCHEZ-DÍAZ (1976): Annual fluctuation of water potential in the xerophytic shrub of the Doñana Biological Reserve (Spain). – Oecol. Plant., 11: 1 – 11.
- NICOLSKAJA, N. J. (1968): Transpiration der Gräser in Bedingungen der Waldsteppe. – Bot. Ž., 53: 1390 – 1399.
- OPPENHEIMER, H. R. (1963): Zur Kenntnis kritischer Wassersättigungsdefizite in Blättern und ihrer Bestimmung. – Planta, 60: 51 – 69.
- PICHLER, H. (1976): Hitzeresistenz von Gräsern eines Steppenhanges im Vinschgau. – Diss. Univ. Innsbruck/Padua.
- PISEK, A. und E. BERGER (1938): Kutikuläre Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blätter und Sprosse. – Planta, 28: 124 – 155.
- PISEK, A. und E. WINKLER (1953): Die Schließbewegung der Stomata bei ökologisch verschiedenen Pflanzentypen in Abhängigkeit vom Wassersättigungszustand der Blätter und vom Licht. – Planta, 42: 253 – 278.
- RICHTER, H. (1977): Saugspannung und Wasserbilanz: ein Beitrag zu ihrer Interpretation. – Phytion (Austria), 18: 29 – 41.
- RYCHNOVSKÁ, M. (1966): Wasserhaushalt einiger *Stipa*-Arten am natürlichen Standort. – Rozprav. CSAV, 76: 1 – 32.
- RYCHNOVSKÁ, M. (1967): The relationship between sublethal water saturation deficit and the dynamics of soil moisture in some xerophilous grasses. – Biol. Plant., 9: 135 – 141.
- RYCHNOVSKÁ, M. (1972): Transpiration of meadows communities. In: Ecosystem study on grassland biome in Czechoslovakia. – BRNO, PT-PP/IBP-Report, 2: 37 – 44.
- RYCHNOVSKÁ, M. and J. KVĚT (1965): Contribution to the ecology of the steppe vegetation of the Tihany-Peninsula III. Estimation of drought resistance based on the saturation of water deficit. – Annal. biol. Tihany, 32: 289 – 296.
- RYCHNOVSKÁ, M., KVĚT J., GLOSER J. and J. JAKRLOVÁ (1972): Plants water relations in three zones of grassland. – Acta Sci. nat. BRNO, 6(5): 1 – 38.

- RYCHNOVSKÁ, M. und B. ÚLEHLOVÁ (1975): Autökologische Studie der tschechoslovakischen *Stipa*-Arten. – Vegetace CSSR, A 8: 1 – 170.
- STOCKER, O. (1929): Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgröße I, II. – Ber. dtsh. bot. Ges., 47: 126 – 129, 130 – 136.
- STRIMMER, A. (1974): Die Steppenvegetation des mittleren Vinschgaus (Südtirol/Italien). – Ber. nat. med. Ver. Innsbruck, 61: 7 – 42.
- SVEŠNIKOVA, V. M. (1963): The character of the water balance in the plants of desert-steppe communities. – Bot. Ž., 56: 313 – 327.
- SVEŠNIKOVA, V. M. (1965): Grundrisse des Pflanzenwasserhaushaltes von Hochgebirgswüsten. – Probl. Bot., 7: 192 – 204.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Florineth Florin

Artikel/Article: [Wasserhaushalt von Festuca valesiaca \(Schleich.\) und F. rupicola \(Heuff.\) im Steppengebiet des mittleren Vinschgaus \(Südtirol, Italien\) \(Gramineae\). 73-88](#)