

ÜBER DEN EINFLUSS VON ANTITRANSPIRANTIEN UND WURZELFRISCHHALTEMITTELN AUF DEN GASWECHSEL JUNGER FICHTEN, ZIRBEN UND LÄRCHEN, SOWIE ÜBER DIE BEDEUTUNG DIESER PRÄPARATE FÜR HOCHLAGENAUFFORSTUNGEN

Walter TRANQUILLINI u. Gottfried RABENSTEINER

Einleitung

Zwischen dem Ausheben junger Forstpflanzen im Pflanzgarten und dem Anwurzeln im Verschulbeet oder im Aufforstungsgelände können die Pflanzen in eine kritische Situation geraten. Sie verlieren durch Transpiration laufend Wasser, das längere Zeit hindurch nicht ersetzt werden kann, weil ein großer Teil der Feinwurzeln beim Ausheben verloren geht oder beim Transport vertrocknet. Ihre Wasserbilanz ist also negativ. Dies führt zu einer zunehmenden Entwässerung des Pflanzenkörpers und in extremen Fällen zu schweren Dürreschäden.

Seit einiger Zeit gibt es verschiedene Präparate, welche der Pflanze über diese kritische Zeit hinweghelfen, indem sie die Austrocknung verzögern und damit den Anwuchserfolg verbessern. Man kann sie nach ihrer Wirkungsweise in 3 Gruppen einteilen:

1. Stoffe, welche eine Verengung der Spaltöffnungen bewirken (z.B. Phenylquecksilberacetat). Durch diese Verengung der Gasventile der Blätter wird die Transpiration herabgesetzt.
2. Stoffe, welche auf der Nadeloberfläche einen Kunststoffilm bilden, der für Wasserdampf mehr oder weniger undurchlässig ist (z.B. Vitaplastik, Silvaplast).
3. Stoffe, welche die Nadel- und Wurzeloberfläche längere Zeit hindurch feucht halten und damit ebenfalls die Verdunstung bzw. die Austrocknung der behandelten Organe behindern (z.B. Alginure, Agricol).

Über die Wirkungen solcher Antitranspirantien und Wurzelfrischhaltungsmittel auf den Gaswechsel und Anpflanzungserfolg junger Forstpflanzen liegen schon einige Erfahrungen vor (KELLER, 1966, 1969, dort auch ausführliche Besprechung der einschlägigen Literatur, GALE et al., 1966, LEWINSKI, 1967, DIMPFLMEIER, 1969 a, b, AINERDINGER und DIMPFLMEIER, 1970).

Diesen Arbeiten kann man entnehmen, daß zwar eine verdunstungshemmende Wirkung dieser Präparate außer Frage steht, daß jedoch die Auswirkungen auf den Anpflanzungserfolg unterschiedlich beurteilt werden. Neben ausgesprochen positiven Versuchsergebnissen liegen auch negative Erfahrungen vor, wonach verschiedene, vor allem mit Antitranspirantien behandelte Forstkulturen nicht besser, manchmal sogar schlechter gelangen als unbehandelte Vergleichskulturen (KELLER 1966, 1969).

Dies könnte u.a. damit zusammenhängen, daß die Präparate je nach Pflanzenart, Jahreszeit und Entwicklungszustand der Bäumchen, sowie je nach der Witterung bei und nach der Behandlung verschieden wirken (GALE et.al. 1966). Man darf ferner auch nicht übersehen, daß die Verdunstungsschutzmittel – entgegen den Angaben einiger Erzeugerfirmen – auch die CO₂-Aufnahme der Nadeln herabsetzen und daher die Stoffproduktion der Pflanzen hemmen. Der dadurch hervorgerufene Baustoffmangel dürfte die Wurzelregeneration nach dem Versetzen erschweren und damit die kritische Phase negativer Wasserbilanz verlängern. Es wäre demnach möglich, daß in manchen Fällen der Vorteil, der auf Grund einer eingeschränkten Wasserabgabe für die Pflanze zweifellos besteht, wieder aufgehoben wird (KELLER 1966).

Um diese Fragen zu klären, haben wir die Wirkung einiger am Markt befindlicher Präparate auf den Gaswechsel junger Fichten, Lärchen und Zirben im Klimahaus auf dem Patscherkofel bei Innsbruck geprüft und ihren Einfluß auf den Anwuchserfolg durch Versuchspflanzungen im Hochlagenaufforstungsgelände oberhalb Haggen festgestellt.

Die Versuche wurden durch das Institut für Waldbau der Forstlichen Bundesversuchsanstalt angeregt und seitens der Erzeugerfirmen durch kostenlose Bereitstellung der Mittel in dankenswerter Weise gefördert.

Methodik

Als Versuchspflanzen dienten uns junge Fichten, Zirben und Lärchen, die wir aus verschiedenen Tiroler Forstgärten entnahmen. Sie wurden mit folgenden Präparaten behandelt:

I. Antitranspirantien:

1. Alginure Flüssig Schutzspray (Fa. Tillinghast, Stuttgart)
2. Silvaplast (Fa. Wichmann & Kühn, Freckenhorst, Westfalen).

Hiezu tauchten wir die Sprosse, wenn im Text nicht anders angegeben, einmal 10 Sekunden lang in die nach Vorschrift der Erzeugerfirma hergestellte Lösung.

II. Wurzelfrischhaltemittel:

1. Alginure Wurzel Dip (Fa. Tillinghast, Stuttgart)
2. Agricol (Fa. Feddersen, Hamburg)
3. Caluplast (Fa. Wichmann & Kühn, Freckenhorst, Westfalen).

In diese Präparate wurden lediglich die Wurzeln unmittelbar nach dem Ausheben der Pflanzen einmal 10 Sekunden lang eingetaucht. Die verwendete Agricollösung war 1 % ig, Caluplast verdünnten wir mit Wasser im Verhältnis 2 : 1.5.

Die weitere Behandlung der Pflanzen ergab sich nach dem jeweiligen Versuchszweck und wird am Beginn der einzelnen Abschnitte dieser Arbeit näher beschrieben.

I. VERSUCHE MIT ANTITRANSPIRANTIEN

1. Einfluß von Silvaplast auf Photosynthese und Transpiration von Pflanzen bei guter Wasserversorgung im Glashaus

Versuchsdurchführung

Für diese Versuche verwendeten wir längere Zeit vorher eingetopfte Pflanzen, die sich bereits gut bewurzelt hatten. Die Bäumchen konnten sich zunächst in einer feuchten Kammer mit Wasser sättigen, damit sie sich hinsichtlich ihres Wasserzustandes stets in gleicher Ausgangslage befanden. Hernach tauchten wir die Sprosse, wie beschrieben, in die transpirationshemmenden Lösungen. Nach dem Trocknen des Belages, frühestens nach 3 Stunden kamen jeweils 3 – 4 Pflanzen in einen kleinen Windkanal, wo ihre CO_2 -Aufnahme (Photosynthese) bei standardisierten Bedingungen (25.000 lux, 15°C Lufttemperatur, 60 % rel. Luftfeuchte, 4.5 m/sec Wind und 300 ppm CO_2) gemessen wurde. Jeder Versuch wurde 3 – 4 mal wiederholt, so daß die in den Abbildungen angegebenen Meßwerte das Mittel von 9 – 16 Pflanzen darstellen. Gleichzeitig exponierten wir 9 – 12 Pflanzen in einem großen Windkanal, in dem die selben klimatischen Bedingungen herrschten. Hier maßen wir ihre Wasserabgabe (Transpiration) durch Bestimmung der Gewichtsabnahme innerhalb von 2 Stunden. Hiezu wurden die Töpfe während der Meßzeit gasdicht in Plastiksäckchen eingeschlossen. Daneben wurden in beiden Windkanälen stets unbehandelte Kontrollpflanzen untersucht, auf deren Gaswechsel wir die Photosynthese und Transpiration der behandelten Pflanzen bezogen.

Nach der ersten Messung des Gaswechsels, die wir stets wenige Stunden nach der Behandlung durchführten, stellten wir die Versuchspflanzen in ein nordseitig gelegenes, temperiertes Glashaus des Klimahauses, wo sie dem natürlichen Tageslicht ausgesetzt, jedoch vor Regen geschützt waren. Die Temperatur schwankte je nach der Jahreszeit zwischen 15 und 20°C . Die Töpfe wurden stets gut gewässert. In gewissen Zeitabständen kamen die Pflanzen erneut zur Prüfung ihres Gaswechsels in die Meßanlagen, um die Zeitdauer der Wirkung der Präparate verfolgen zu können.

Ergebnisse

a) Wirkung zu verschiedenen Jahreszeiten

Nachdem schon nach den ersten Versuchen feststand, daß Alginure Flüssig Schutzspray mindestens bei einmaliger Tauchung den Gaswechsel nicht nennenswert herabsetzt, so daß er sich von jenem unbehandelten Kontrollpflanzen nicht nachweisbar unterschied (RABENSTEINER, 1971), beschränkten wir uns auf die Prüfung von Silvaplast, dessen transpirationshemmende Wirkung bereits KELLER (1969) nachgewiesen hatte. Wie Abb. 1 zeigt, werden auch bei unseren Versuchen mit Fichten beide Gaswechselvorgänge durch den Plastikbelag stets deutlich gehemmt. Im Durchschnitt aller Messungen wird die Transpiration etwa gleich stark reduziert wie die Photosynthese. Dies bedeutet, daß der Vorteil der Einschränkung des Wasserverlustes mit dem Nachteil einer ebenso großen Herabsetzung der Stoffproduktion verbunden ist. Sieht man von Einzelheiten ab, kommt klar zum Ausdruck, daß die Wirksamkeit von Sil-

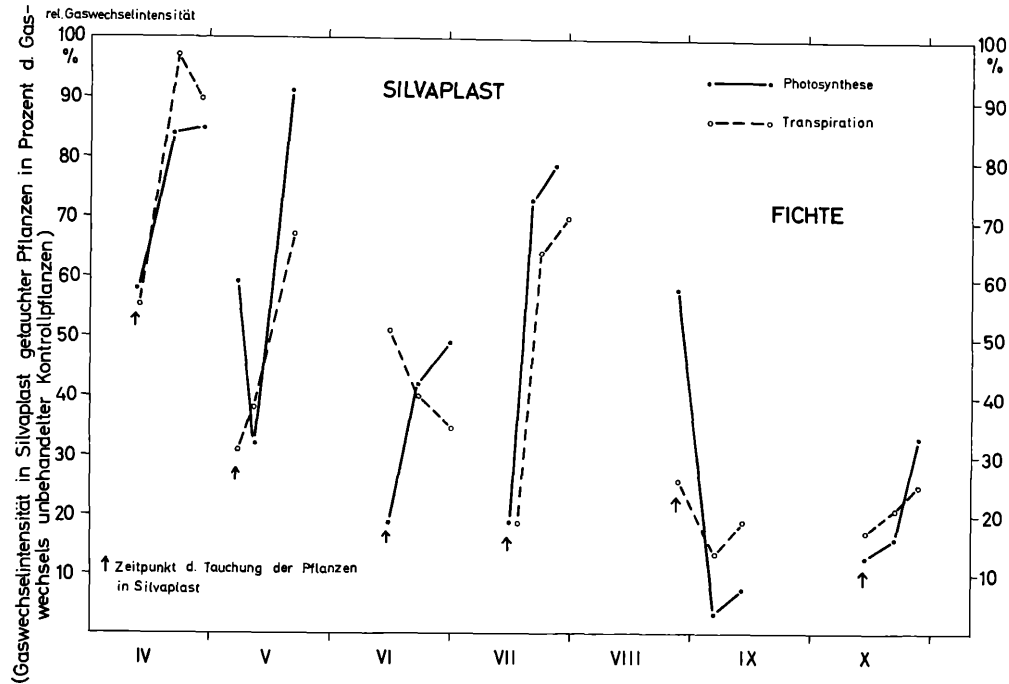


Abb. 1:

Intensität der Photosynthese und Transpiration in Silvaplast getauchter Fichten in Prozent des Gaswechsels unbehandelter Vergleichsobjekte. Die oberirdischen Teile der Jungpflanzen wurden jeweils zu Beginn der 6 Meßreihen einmal kurz in die Plastiklösung getaucht und standen hernach in einem Glashaus. Die mehrmalige Messung des Gaswechsels erfolgte im klimatisierten Windkanal des Klimahauses bei stets gleichen, optimalen Bedingungen. Sowohl die Wasserabgabe als auch die CO_2 -Aufnahme der Sprosse werden durch den Plastiküberzug nachhaltig herabgesetzt. Die hemmende Wirkung nimmt vom Frühjahr gegen den Herbst hin zu, wo die Gaswechselintensität durch das Präparat im Durchschnitt um 80 % verringert wird.

vaplast mit fortschreitender Jahreszeit zunimmt. Im Frühjahr wird der Gaswechsel bedeutend weniger herabgesetzt als im Spätsommer und Herbst, wo er zeitweise weniger als 20 % des Kontrollwertes beträgt. Das könnte damit zusammenhängen, daß der Plastikfilm auf der Nadeloberfläche je nach deren jahreszeitlich bedingter Beschaffenheit (z.B. Wachsüberzug) verschieden gut haften bleibt.

b) Wirkung bei verschiedenen Holzarten

Abb. 2 zeigt die unterschiedliche Wirkung von Silvaplast bei den 3 Holzarten. Unabhängig von der Jahreszeit wird der Gasaustausch der Zirbe durch das Präparat am wenigsten, jener der Fichte am stärksten erniedrigt. Die Lärche nimmt eine Mittelstellung ein. Bei der Zirbe ergibt sich bei fast allen Messungen der günstige Fall, daß die Transpiration bedeutend stärker herabgesetzt wird als die Photosynthese. Auch diesen Unterschieden dürften artspezifische Verschiedenheiten der Oberflächenstruktur der Nadeln zugrunde liegen.

c) Andauer der Wirkung

Abb. 3 gibt uns Antwort auf die Frage, wie lange ein einmalig aufgetragener Silvaplastbelag wirksam bleibt. Im Frühjahr läßt die an sich schwache Wirkung der Behandlung rasch nach, vor allem wenn die Pflanzen austreiben und sich neue, ungeschützte Nadeln bilden. In dieser Jahreszeit erreicht die Gaswechselintensität der behandelten Pflanzen schon nach 1 Monat das Niveau des Gaswechsels der Kontrollpflanzen. Im Sommer wird die stärkste Wirkung nicht unmittelbar, d.h. einige Stunden nach der Tauchung, sondern erst einige Tage später erreicht. Offenbar kommt es zu einer Verdichtung des Plastikfilms. Die Wirkung hält nun erstaunlich lange an. Selbst 50 Tage nach der Tauchung beträgt der Gasaustausch der Pflanzen nur 30 – 50 % des Kontrollwertes. Auch im Herbst haftet der Belag sehr lange: 3 Monate nach der Behandlung ist der Gaswechsel immer noch um 30 % geringer als bei den unbehandelten Pflanzen. In dieser Jahreszeit ergibt sich auch bei der Fichte der günstige Fall, daß die Wasserabgabe deutlich stärker herabgesetzt wird als die CO₂-Aufnahme, d.h. die Stoffproduktion der Pflanzen ist trotz gedrosselter Transpiration relativ hoch.

2. Einfluß von UV – Strahlung und Regen auf den Kunststoffbelag

Versuchsdurchführung

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen standen die Pflanzen nach der Behandlung mit Silvaplast im Glashaus, wo sie vor starker UV-Strahlung und Regen geschützt waren. Unter natürlichen Verhältnissen sind sie jedoch, vor allem in Hochlagen, wenigstens zeitweise intensiver UV-Strahlung sowie heftigen Gewitterregen ausgesetzt. Es war daher zu prüfen, wie sich der Silvaplastbelag und damit der Gaswechsel bei UV-Bestrahlung und Regen verhält, um die Versuchsergebnisse auf die Praxis übertragen zu können. Hierzu wurden behandelte und unbehandelte Fichten im Herbst vor jeder Messung des Gaswechsels 18 Stunden lang mit einer Xenonhochdrucklampe XBF 6000 mit Quarzglaskühlgefäß KG 6000 UVQ bestrahlt, die nie

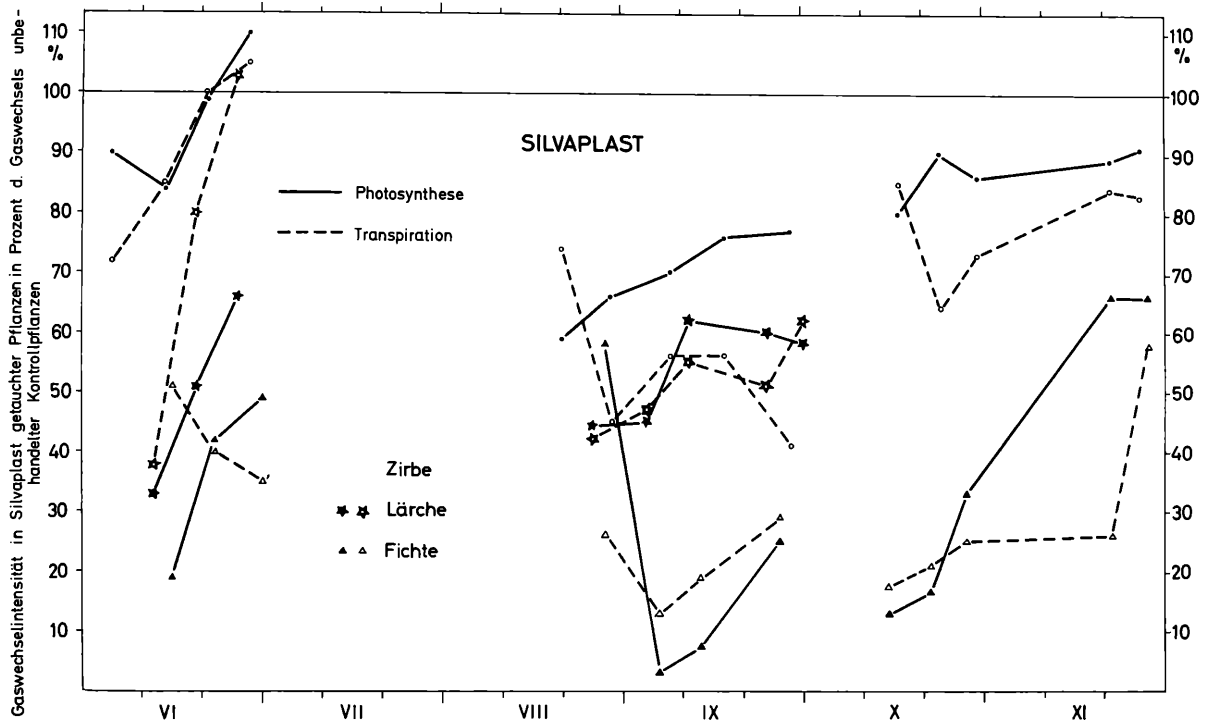


Abb. 2:

Relative Photosynthese und Transpiration in Silvaplast getauchter Zirben, Lärchen und Fichten nach einmaliger Tauchung der Sprosse jeweils zu Beginn der 3 Meßreihen. Der Gaswechsel wird durch den Plastikschriftfilm bei Zirben am wenigsten, bei Fichten am stärksten herabgesetzt.

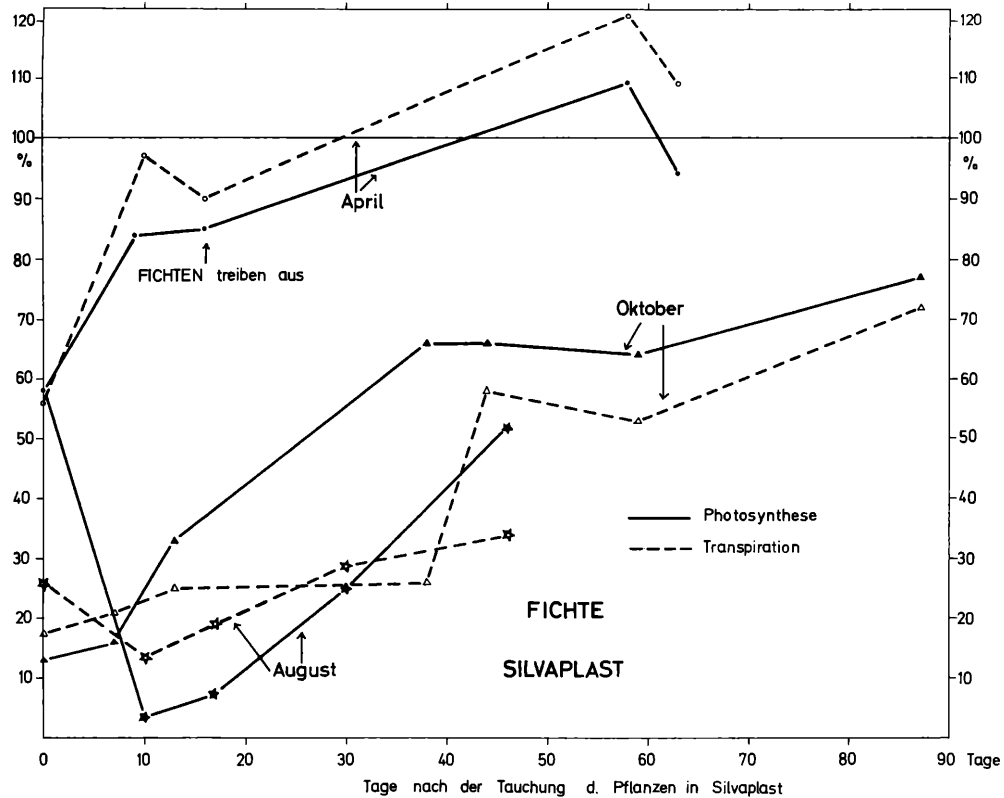


Abb. 3:

Dauer der Wirkung einer einmaligen Tauchung in Silvaplast bei Fichten unter Glashaushbedingungen zu verschiedenen Jahreszeiten. Die verdunstungshemmende Wirkung geht im Frühjahr nach etwa 30 Tagen verloren, hält jedoch im Sommer und Herbst mehrere Monate an.

nur im Dornobereich stärker strahlt als Lampen mit normalem Kühlgefäß, sondern auch etwas kurzwelliges UV – C bis 230 nm aussendet. Die Beleuchtungsstärke im sichtbaren Bereich betrug bei dieser Bestrahlung etwa 80.000 lux. Eine andere Pflanzengruppe wurde vor jeder Messung 18 Stunden lang unter eine Brause gestellt und einem künstlichen Starkregen hoher Niederschlagsdichte (50 mm/min) ausgesetzt.

Ergebnisse

Diese Zusatzbehandlung hatte ein überraschendes Ergebnis. Bei UV–Bestrahlung wurde die verdunstungshemmende Wirkung von Silvaplast deutlich verringert, und zwar umso mehr, je öfter bestrahlt wurde. Schon eine einmalige Beregnung hob die Wirkung von Silvaplast völlig auf, d.h. der Gaswechsel erreichte die Höhe des Kontrollwertes (Abb. 4). Man kann daher aus diesen Versuchen schließen, daß der Kunststoffbelag durch kurzwellige Strahlung zersetzt und durchlässiger, durch Regen offenbar leicht und gründlich abgewaschen wird. Nachdem es im Gebirge häufig regnet, besteht die Gefahr, daß behandelte Forstkulturen kurz nach dem Aussetzen durch einen Starkregen den Verdunstungsschutz wieder verlieren und dann einer nachfolgenden Trockenperiode ungeschützt ausgesetzt sind.

Auf Grund dieses überraschenden Ergebnisses haben wir versuchsweise dem Silvaplast ein Benetzungsmittel zugesetzt, um zu erreichen, daß der Film besser an den Nadeln haftet. Wir verwendeten den von den Österreichischen Stickstoffwerken vertriebenen Rapidnetzer der BASF, der durch Herabsetzung der Oberflächenspannung die Benetzungsfähigkeit auf wasserabweisenden Oberflächen erhöht und damit auch die Haftfähigkeit von Pflanzenschutzpräparaten. Der Rapidnetzer wurde in einer Konzentration von 0.05 % dem Wasser, mit dem wir das Silvaplast verdünnten, zugesetzt.

Diese Maßnahme brachte zunächst bei Zirben den gewünschten Erfolg (Abb. 5). Wurden die Pflanzen nicht beregnet, wirkte Silvaplast mit Rapidnetzer bedeutend stärker als normales Silvaplast und beinahe so stark wie konzentriertes Silvaplast (Verdünnung 1 : 1). Dementsprechend war selbst nach mehrmaligem Starkregen der Gaswechsel der mit der kombinierten Lösung behandelten Pflanzen noch deutlich erniedrigt.

Die Firma Wichmann & Kühn, der wir über diese Versuche berichteten, hat ihrerseits ein Spezialmittel entwickelt, das vorläufig den Namen Silvaplast PT erhielt. Es sollte wesentlich regenfester sein als das Standardprodukt. Unsere Nachprüfung hat ergeben, daß es im Juli tatsächlich den Gaswechsel nicht beregneter Fichten stärker hemmt als das normale Silvaplast und unser Rapidnetzer–Silvaplast. Durch Regen wurde es jedoch auch stark abgewaschen, so daß sich der Gaswechsel nicht merkbar von jenem der unbehandelten Vergleichspflanzen unterschied (Abb. 6).

Auch im September konnte der Gasaustausch mit Silvaplast PT stärker herabgesetzt werden als mit gewöhnlichem Silvaplast. Doch auch bei diesem Versuch wurde die Wirkung durch Regen weitgehend aufgehoben. Hingegen war diesmal eine Kombination zwischen Silvaplast und Rapidnetzer äußerst erfolgreich: Ohne Beregnung wurde der Gaswechsel unmittelbar nach der Tauchung fast vollkommen stillgelegt und die diffusionshemmende Wirkung blieb trotz des künstlichen Starkregens weitgehend erhalten (Abb. 7).

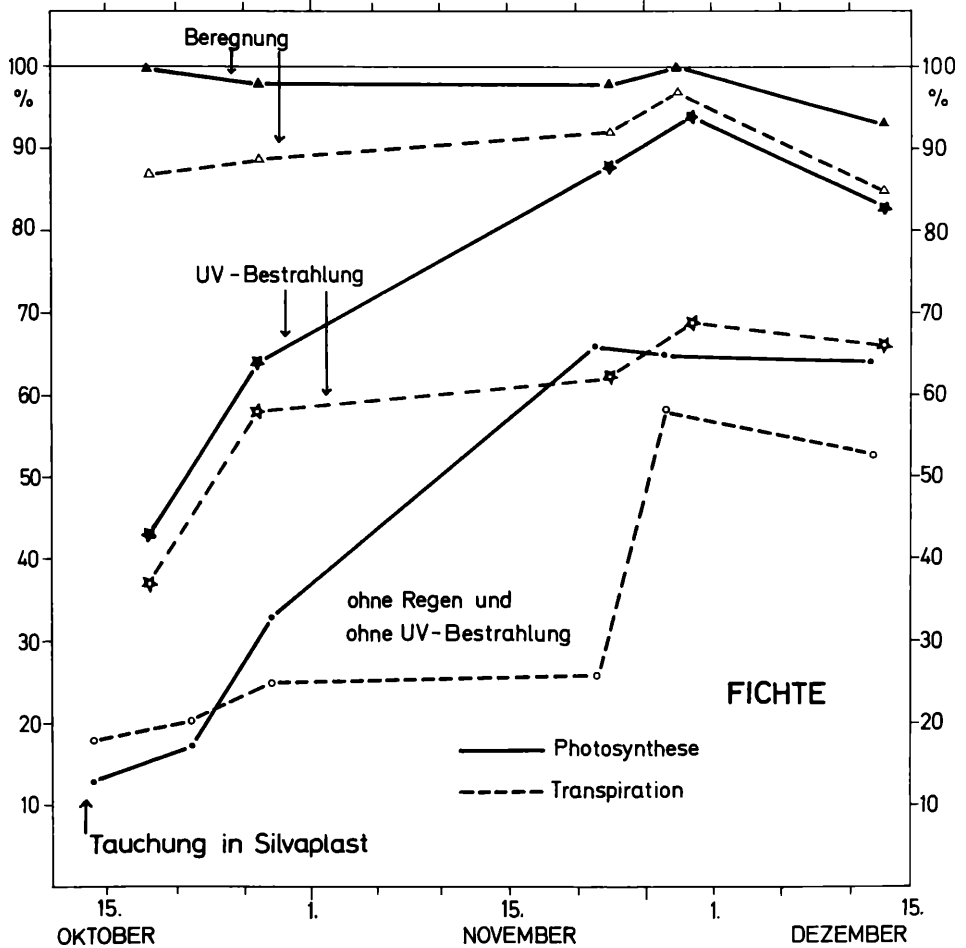


Abb. 4:

Relative Photosynthese und Transpiration in Silvaplast getauchter Fichten nach 18 stündiger UV-Bestrahlung bzw. Beregnung. Die Bestrahlung und Beregnung wurde vor jeder neuerlichen Messung des Gaswechsels wiederholt. Der Plastikbelag wird durch die UV-Strahlung durchlässiger, bzw. durch Regen leicht abgewaschen.

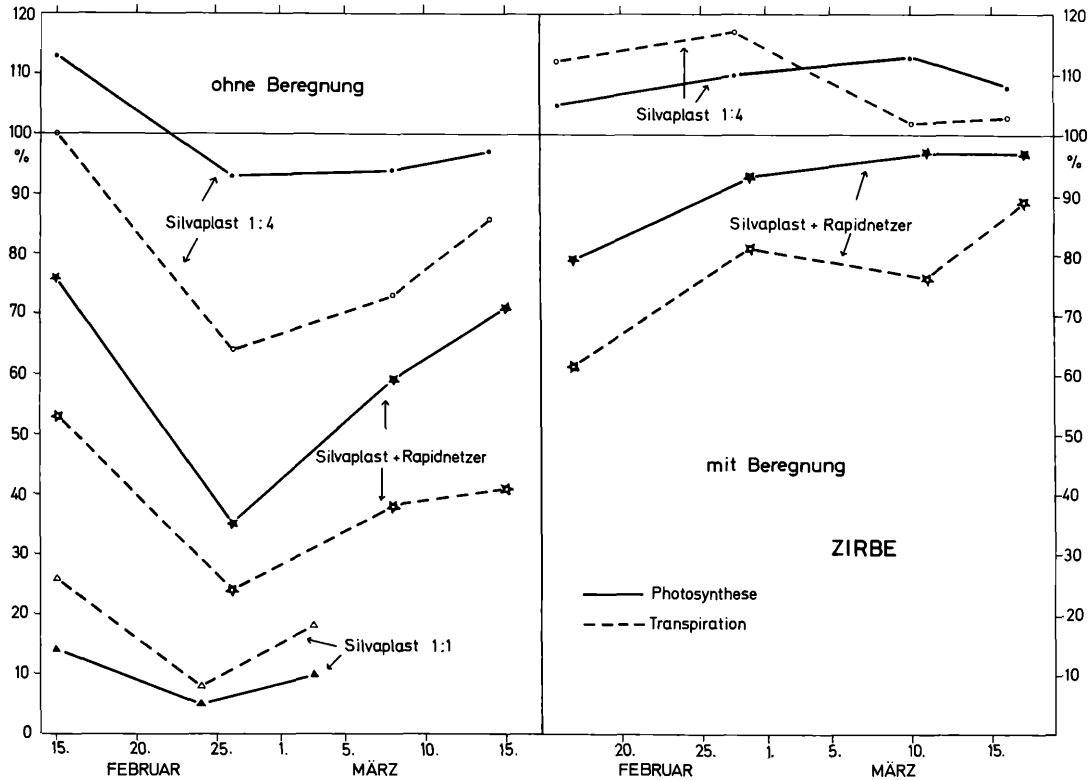


Abb. 5:

Relative Photosynthese und Transpiration von Zirben, die mit normalem (Verdünnung 1:4) und konzentriertem (1:1) Silvaplast bzw. mit einem kombinierten Präparat (Silvaplast + Benetzungsmittel) behandelt wurden, ohne und mit künstlicher Beregnung. Das Benetzungsmittel verstärkt die verdunstungshemmende Wirkung von Silvaplast erheblich und erhöht seine Haftbarkeit im Starkregen.

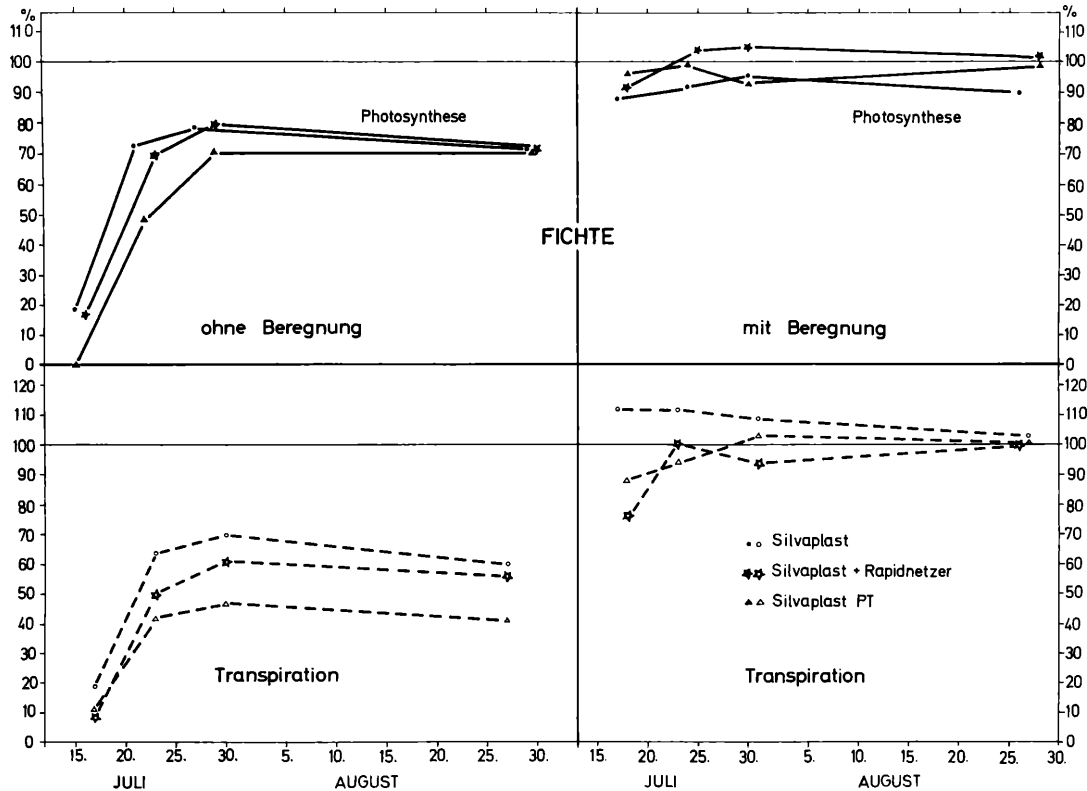


Abb. 6:

Relative Photosynthese und Transpiration von Fichten, die mit normalem Silvaplast, mit Silvaplast + Rapidnetzer bzw. mit Silvaplast PT behandelt wurden, ohne und mit künstlicher Beregnung. Trotz des Zusatzes von Benetzungsmitteln wird der Belag beider Fichte im Juli durch den Starkregen weitgehend abgewaschen und verliert dadurch seine Wirksamkeit.

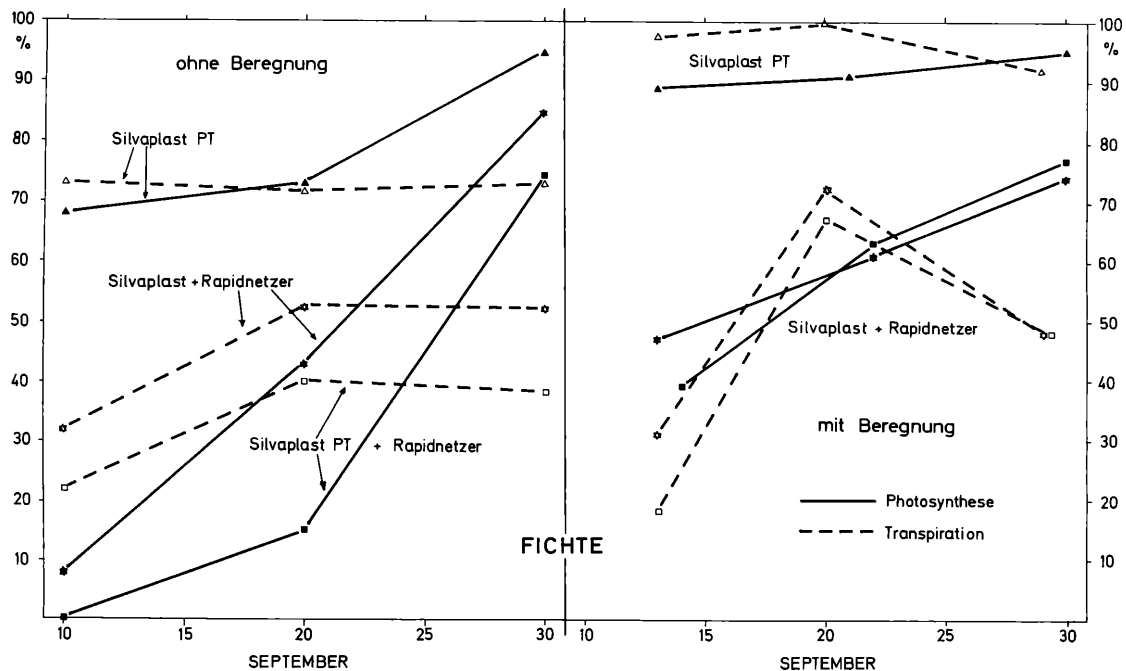


Abb. 7

Photosynthese und Transpiration von Fichten, die mit Silvoplast PT, Silvoplast + Rapidnetzer bzw. mit Silvoplast PT + Rapidnetzer behandelt wurden, in Prozent des Gaswechsels von mit normalem Silvoplast präparierten Vergleichspflanzen ohne und mit künstlicher Beregnung. Im Herbst sind die mit Rapidnetzer kombinierten Präparate äußerst wirksam und haften auch nach mehrmaligem Regen fest an den Nadeln.

3. Einfluß von Silvaplast auf die Transpiration austrocknender Pflanzen

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen waren die Pflanzen stets bestens mit Wasser versorgt, ihre Stomata daher vermutlich weitgehend geöffnet. Die Schutzfunktion von Silvaplast erlangt jedoch vor allem dann praktische Bedeutung, wenn für die Pflanzen die Gefahr des Vertrocknens besteht, also während Trockenperioden infolge Wassermangels im Boden oder in der Zeitspanne zwischen Versetzen und Wiederbewurzelung bei Aufforstungen und Verschulungen infolge gestörter Wasseraufnahmekapazität der Wurzeln. Ungeschützte Pflanzen reagieren unter solchen Umständen mit Spaltenschluß und können dadurch ihre Transpiration erheblich einschränken. Nadelhölzer vermögen dadurch ihre Wasserabgabe auf weniger als 10 % zu drosseln. Der natürliche Mechanismus zur Regelung der Transpiration ist also bei ernster Gefährdung der Wasserbilanz mindestens ebenso wirksam, wenn nicht wirksamer als der künstliche Verdunstungsschutz durch Antitranspirantien. Er hat gegenüber diesem überdies den Vorteil, daß er den Gasaustausch kurzfristig an die jeweilige Bilanzsituation anpassen kann.

Es war daher eine entscheidende Frage, ob auch die cuticuläre Transpiration durch Silvaplast reduziert wird und ob Pflanzen mit künstlichem Verdunstungsschutz bei plötzlichen Wassernachschubsschwierigkeiten wesentlich langsamer austrocknen als unbehandelte Vergleichsobjekte, bei denen der natürliche Schutzmechanismus erst nach Erreichen eines bestimmten Wassersättigungsdefizites in den Nadeln einsetzt.

Versuchsdurchführung

Jeweils 10 – 15 wassergesättigte Sprosse von 3 jährigen Fichten wurden abgeschnitten, gewogen und im Windkanal bei 20° C, 5000 lux, 36 % rel. Feuchte und 4.3 m/sec. Wind exponiert. Ihre Transpiration bestimmten wir durch Wägung der Proben alle 30 Minuten, später alle Stunden. Parallel zu den unbehandelten wurden Vergleichszweige

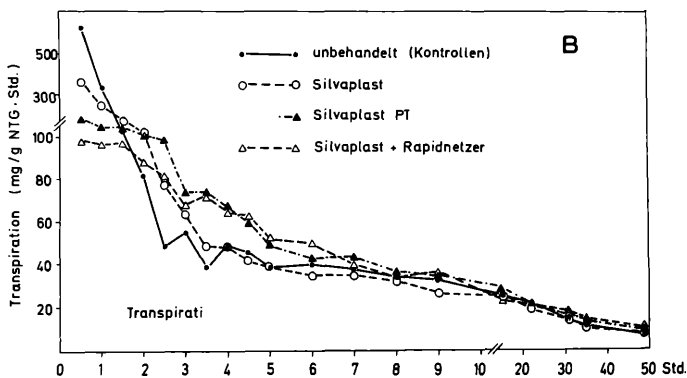
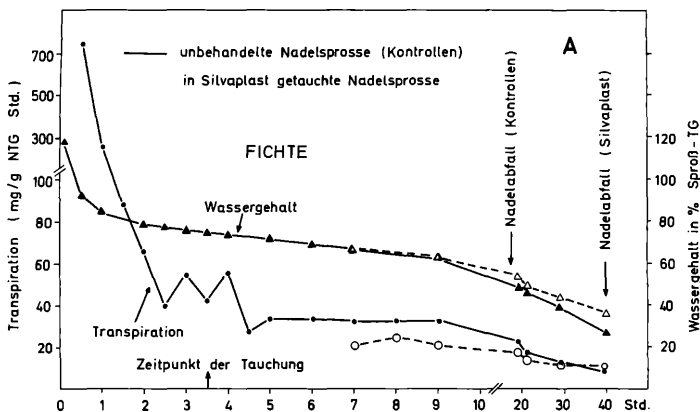
- a) nach vollständigem Spaltenschluß in Silvaplast (1 – 4) getaucht, um die Wirkung des Präparates auf die cuticuläre Transpiration kennen zu lernen,
- b) gleich zu Beginn des Versuches in Silvaplast (1 – 4), Silvaplast PT, bzw. Silvaplast + Rapidnetzer getaucht, um den Verlauf der Austrocknung der Sprosse mit und ohne Verdunstungsschutz vergleichen zu können.

Die Versuche wurden solange fortgesetzt, bis die Nadeln infolge Unterschreitung des kritischen Wassergehaltes abzufallen begannen. Auf Grund des am Schluß des Versuches festgestellten Trockengewichtes der Proben konnten wir nachträglich die jeweiligen Wassergehalte bzw. die Wassersättigungsdefizite der Sprosse berechnen.

Ergebnisse

- a) Einfluß von Silvaplast auf die cuticuläre Transpiration

Die Transpiration der unbehandelten Kontrollzweige nimmt während der ersten 3 Stunden von 750 mg/g Nadel Trockengewicht und Stunde auf etwa 30 mg ab, weil sich infolge rasch zu-



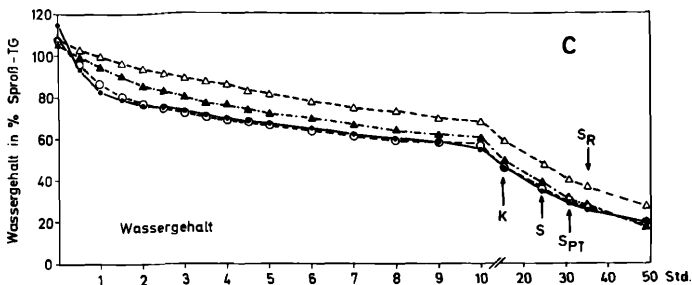


Abb. 8:

A: Verlauf von Transpiration und Wassergehalt abgeschnittener Fichtenzweige bei standardisierten Bedingungen im Windkanal. 3 1/2 Stunden nach Versuchsbeginn wurde ein Teil der Zweige, die zu diesem Zeitpunkt ihre Stomata schon geschlossen hatten und nur mehr cuticulär transpirierten, in Silvaplast getaucht und nach Trocknung des Plastikbelages ihre Transpiration vergleichsweise zu den unbehandelten Kontrollen bestimmt. Der cuticuläre Wasserverlust wird durch Silvaplast verringert. Dadurch nimmt der Wassergehalt etwas langsamer ab und der kritische Wert (etwa 40% des Sproßstrockengewichtes), bei dem die Nadeln abzufallen beginnen, wird um 20 Stunden später erreicht. B und C: Die Zweige wurden unmittelbar vor Versuchsbeginn in verschiedene Silvaplastlösungen getaucht. Die beiden besonders wirksamen Präparate Silvaplast PT und Silvaplast + Rapidnetzer verzögern deutlich das Austrocknen der Nadelspitze und das Eintreten von Dürreschäden. Die Pfeile in C geben den Zeitpunkt an, bei dem die Nadeln abzufallen begannen (K Kontrollen, S Silvaplast, SPT Silvaplast PT, SR Silvaplast + Rapidnetzer).

nehmender Wassersättigungsdefizite die Spalten schließen (Abb. 8 A). Hernach bleibt die cuticuläre Transpiration mehrere Stunden lang weitgehend konstant bis schließlich nach etwa 20 Stunden Aufenthalt im Windkanal die Nadeln abzufallen beginnen. Damit bestätigt sich die bei zahlreichen Versuchen gewonnene Erfahrung, daß die Transpiration bei zunehmender Unterbilanz durch Spaltenschluß bei Fichten um etwa 95 % herabgesetzt werden kann und diese natürliche Regulation der Wasserabgabe damit wirksamer ist als der Silvaplastbelag bei guter Wasserversorgung (vgl. Abb. 1).

Durch den Silvaplastbelag wird jedoch die cuticuläre Transpiration noch wesentlich verringert. Sie beträgt nur 20 mg. Dies bewirkt, daß der weitere Abfall des Wassergehaltes deutlich verzögert wird und Trockenschäden erst nach 40 Stunden einsetzen (Abb. 8 A).

b) Einfluß verschiedener Silvaplastvarianten auf den Austrocknungsverlauf abgeschnittener Fichtenzweige

Der Verlauf der Transpiration unbehandelter Fichtentriebe ähnelt dem des ersten Versuches (Abb. 8 B), nur ist diesmal die cuticuläre Wasserabgabe etwas höher, wodurch erste Trockenschäden (Nadelabfall) bereits nach 15 Stunden eintreten (Abb. 8 C). Interessant ist das Transpirationsverhalten der verschiedenen Behandlungsvarianten. Die je nach Präparat + starke Reduktion der stomatären Transpiration zu Beginn des Versuches führt dazu, daß der Wassergehalt langsamer abnimmt als bei den unbehandelten Zweigen. Dies hat zur Folge, daß sich die Stomata langsamer schließen und bereits nach 1 1/2 Stunden die Wasserabgabe sogar höher ist als jene der ungeschützten Zweige. Im Falle von normalem Silvaplast wird dadurch die anfänglich erzielte Einsparung der Wasserabgabe schon bald wieder wettgemacht, so daß die Wassersättigungsdefizite kaum von jenen der Kontrollen abweichen und Trockenschäden annähernd zur selben Zeit auftreten wie bei diesen. Betrachtet man hingegen die Transpirations- und Austrocknungskurven der wirksameren Varianten Silvaplast PT und Silvaplast + Rapidnetzer, wird deutlich sichtbar, daß der Wassergehalt infolge der stärkeren Transpirationseinschränkung zu Beginn des Versuches stets höher bleibt und daher der kritische Wassergehalt, bei dem die Nadeln abzufallen beginnen, erst nach 30 bzw. 35 Stunden erreicht wird.

Ein Vergleich der Präparate läßt erkennen, daß die Wirksamkeit von Silvaplast über Silvaplast PT zu Silvaplast + Rapidnetzer zunimmt. Die Versuche zeigen demnach deutlich, daß die getesteten Antitranspirantien den natürlichen Verdunstungsschutz durch Stomataschluß noch verstärken und im Verlaufe einer Trockenperiode die Abnahme des Wassergehaltes und damit den Eintritt von Dürreschäden verzögern.

II. VERSUCHE MIT WURZELFRISCHHALTEMITTELN

Im Gegensatz zu den Nadeln können die Wurzeln die Wasserabgabe nicht einschränken. Schon aus diesem Grunde kommt den Wurzelfrischhaltemitteln bei Versetzungen größere Bedeutung zu als den Antitranspirantien, die, wie wir gesehen haben, die natürliche Regulation der Transpiration durch die Spaltöffnungen lediglich unterstützen.

Die Wurzeln der Pflanzen verlieren nach der Entnahme aus dem Forstgarten beim Transport bis zum Einsetzen in den Boden im allgemeinen viel Wasser, vor allem dann, wenn der Trans-

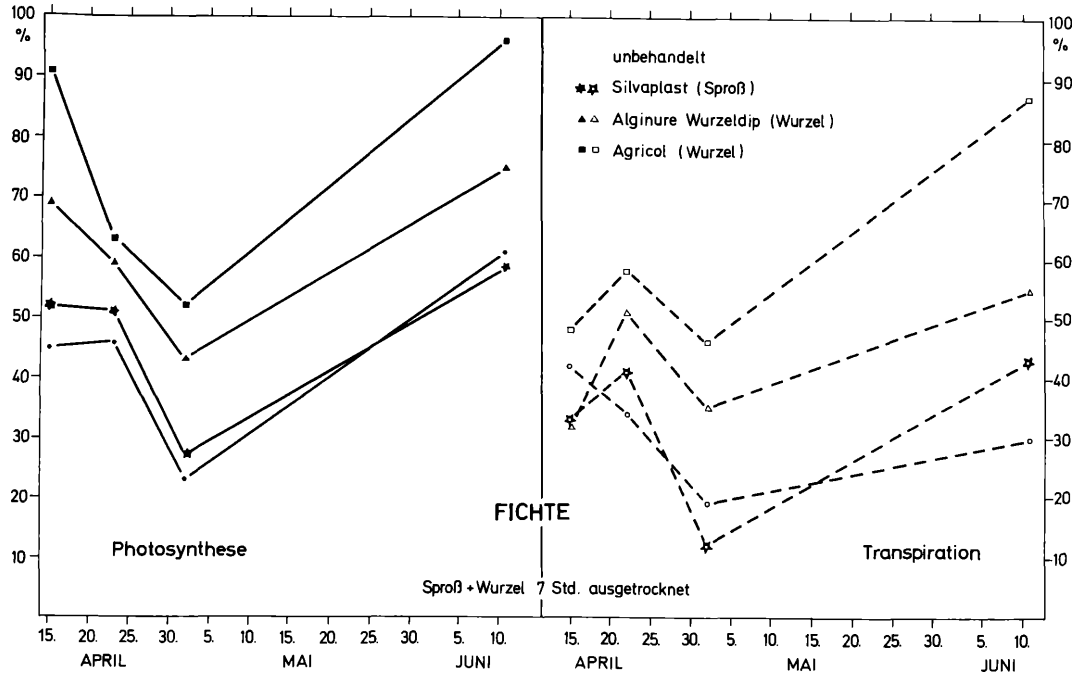


Abb. 9:

Photosynthese und Transpiration von jungen Fichten, deren Wurzeln zwischen dem Ausheben und Wiedereinsetzen der Pflanzen 7 Stunden lang bei standardisierten Bedingungen an der Luft ausgetrocknet wurden, in Prozent des Gaswechsels versetzter Vergleichspflanzen, bei denen die Wurzeln stets feucht blieben. Ein Teil der Versuchsobjekte wurde vor Beginn der Austrocknungsperiode mit den Sprossen in Silvaplast, ein anderer Teil mit den Wurzeln in Alginure Wurzel Dip bzw. in Agricol getaucht. Der Grad der Einschränkung des Gaswechsels nach der Versetzung ist ein Maß für die Intensität des Versetzschokes. Die beiden Wurzelfrischhaltemittel, vor allem Agricol, wirken dem Versetzschock deutlich entgegen.

portweg lang ist und wenn sie zeitweise der Sonne ausgesetzt sind. In diesem Falle können die empfindlichen Feinwurzeln vertrocknen, was die Wasseraufnahmekapazität der Pflanze bedeutend herabsetzt. Im Extremfall kann das in Mitleidenschaft gezogene Wurzelsystem nicht einmal mehr die unvermeidliche cuticuläre Transpiration kompensieren; es entstehen letale Wasserdefizite und die Pflanzen sterben ab.

Taucht man die Wurzeln nach dem Ausheben in Wurzelfrischhaltemittel, wird ihre Austrocknung bis zu einem gewissen Grade verhindert, der Pflanzschock verringert und der Anpflanzungserfolg verbessert (DIMPFLMEIER 1969).

Um verschiedene Wurzelfrischhaltemittel physiologisch zu prüfen, haben wir den Gaswechsel von Forstpflanzen, deren Wurzeln mit den Präparaten behandelt wurden, nach dem Wiedereinsetzen in den Boden gemessen. Da der Gaswechsel auf Störungen der Wasser- und Stoffbilanz der Pflanze sehr empfindlich reagiert, kann aus seinem Verlauf die Stärke des Versetzschokes beurteilt werden.

Versuchsdurchführung

Nach dem Ausheben junger Fichten aus dem Beet des Pflanzgartens im April, wurden die Wurzeln bei einem Teil der Pflanzen sorgfältig bis zum Wiedereinsetzen feucht gehalten, bei einem anderen Teil in einer Klimakammer bei mittleren Evaporationsbedingungen (20.000 lux, 15°C, 60 % rel. Feuchte und 4.5 m/sec Wind) 7 Stunden lang ausgetrocknet. Die Wurzeln weiterer Pflanzen behandelten wir vor der Austrocknung mit Alginure Wurzel Dip, Agricol bzw. Caluplast. Hernach wurden alle Pflanzen eingetopft und gut gewässert. Ihren Gaswechsel bestimmten wir mehrmals bis Mitte Juni. Zwischen den einzelnen Messungen standen die Pflanzen im Glashaus bei guter Wasserversorgung.

Bei einem weiteren Versuch mit Fichten Anfang Oktober verkürzten wir die Dauer der Austrocknung in der Klimakammer auf 3 1/2 Stunden, nachdem bei einem Sommerversuch mit 7 stündiger Austrocknung viele Pflanzen trotz Behandlung der Wurzeln vertrocknet waren.

Ergebnisse

1. Versetzung im Frühjahr

Photosynthese und Transpiration der Kontrollpflanzen (versetzt, Wurzeln jedoch stets feucht gehalten) nahmen im Laufe des Versuches etwas ab, weil ihr Wasser- und Stoffhaushalt durch den Wurzelverlust vorübergehend gestört sind. Bezieht man die Gaswechselwerte der verschiedenen Versuchsgruppen auf jene dieser Kontrollpflanzen, so sieht man, daß der Versetztschock bedeutend stärker ist, wenn die Wurzeln einer Austrocknung ausgesetzt wurden (Abb. 9). Am stärksten reagierten die unbehandelten Pflanzen, die infolge Austrocknung des Wurzelsystems ihren Gasaustausch durch Spaltenschluß energisch drosseln mußten. Sie erholten sich zwar 2 Monate nach dem Versetzen wieder, hatten jedoch selbst innerhalb dieser langen Zeit den Versetztschock nicht völlig überwunden. Eine Behandlung der Sprosse mit Silvaplast blieb bei-

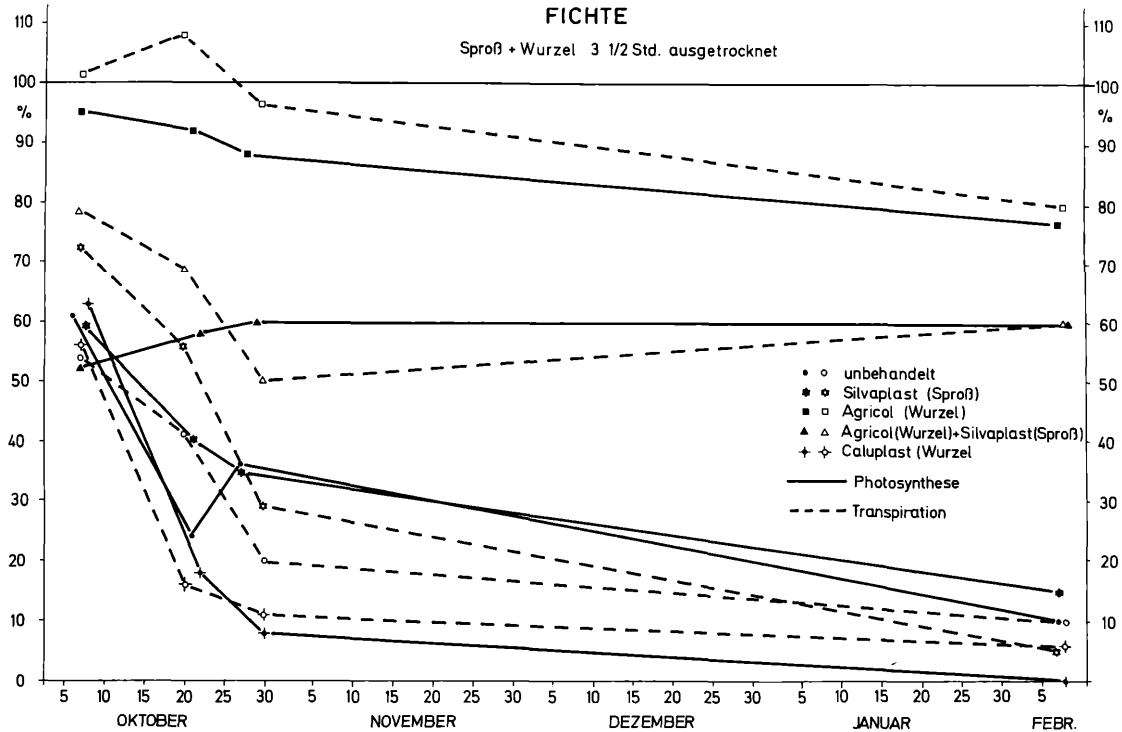


Abb.10:

Photosynthese und Transpiration von Fichten nach dem Versetzen bei 3 1/2 stündiger Austrocknung der Wurzeln in Prozent von versetzten, jedoch nicht ausgetrockneten Kontrollpflanzen. Außer den früheren Behandlungsvarianten wurde noch die Wirksamkeit von Caluplast sowie Silvaplast (Sproß) + Agricol (Wurzel) untersucht.

nahe wirkungslos, weil der Versetztschock vorwiegend auf der Austrocknung der Wurzeln beruhte. Hingegen wurde der Gaswechsel der beiden mit Wurzelfrischhaltungsmitteln behandelten Pflanzgruppen weniger stark eingeschränkt und erreichte nach 2 Monaten beinahe dieselbe Höhe wie bei versetzten, jedoch nicht ausgetrockneten Kontrollpflanzen. Die Wurzelfrischhaltungsmittel wirken also dem Versetztschock deutlich entgegen. Dies galt vor allem für Agricol, während die Wirkung von Algisure Wurzel Dip bedeutend schwächer war (Abb. 9).

2. Versetzung im Herbst

Auch bei diesem Versuch zeigten die Kontrollpflanzen einen mäßigen Versetztschock, den sie selbst nach 4 Monaten noch nicht gänzlich überwunden hatten. Die Pflanzen waren vermutlich zu dieser Jahreszeit nicht in der Lage, die verlorenen Wurzeln in ausreichendem Maße zu erneuern. Durch Behandlung der Wurzeln mit Agricol wurde diesmal ein zusätzlicher Versetztschock infolge Austrocknung beinahe völlig verhindert; der Gaswechsel wich nur geringfügig von den Kontrollwerten ab (Abb. 10). Caluplast versagte hingegen völlig. Die mit diesem Mittel behandelten Pflanzen schränkten den Gasaustausch schon nach einem Monat fast gänzlich ein, d.h. noch stärker als die unbehandelten, ausgetrockneten Vergleichspflanzen und vertrockneten schließlich im Laufe des Versuches. Die Pflanzen, deren Sprosse in Silvaplast getaucht wurden, zeigten zunächst trotz des Plastikfilms lebhafteren Gaswechsel als die unbehandelten Pflanzen. Ihre Wasserbilanz war also anfänglich besser (vgl. Abschn. I, 3, b). Infolge des schlechten Wurzelregenerationsvermögens konnte jedoch dieses Präparat die Wasserbilanz auf die Dauer nicht stabilisieren, daher fielen Transpiration und Photosynthese im Februar auf das Niveau des Gaswechsels der unbehandelten Vergleichspflanzen.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten von Pflanzen, deren Wurzeln in Agricol und deren Nadeln in Silvaplast getaucht wurden. Ihr Gaswechsel ist zwar durch den Plastikfilm erniedrigt, zeigt jedoch im Laufe des Versuches ansteigende Tendenz, weil die Wurzeln durch das Agricol vor dem Vertrocknen geschützt wurden.

III. ANPFLANZUNGSVERSUCHE

Um die im Laboratorium gewonnenen Ergebnisse der Gaswechsellmessungen zu überprüfen und zu ergänzen, sowie die verschiedenen Präparate bei Hochlagenaufforstungen zu erproben, haben wir am Paidaer Sonnberg im oberen Sellraintal Anpflanzungsversuche durchgeführt. In diesem Aufforstungsgebiet standen uns dank des Entgegenkommens der BFI Innsbruck nicht nur eingezäunte Versuchsflächen, sondern auch Arbeitskräfte für die Pflanzlochbereitung und Anpflanzung zur Verfügung. Überdies stand zu erwarten, daß die Setzlinge auf diesem steilen und vollkommen entwaldeten Südhang einer extremen klimatischen Beanspruchung ausgesetzt sein würden, welche zur Testung der Brauchbarkeit der Mittel nur von Vorteil sein konnte.

Versuchsdurchführung

Die Versuchsflächen lagen in einer Höhe von rund 1800m und waren, soweit das im gegliederten Gelände von Gebirgshängen überhaupt möglich ist, einheitlich exponiert.

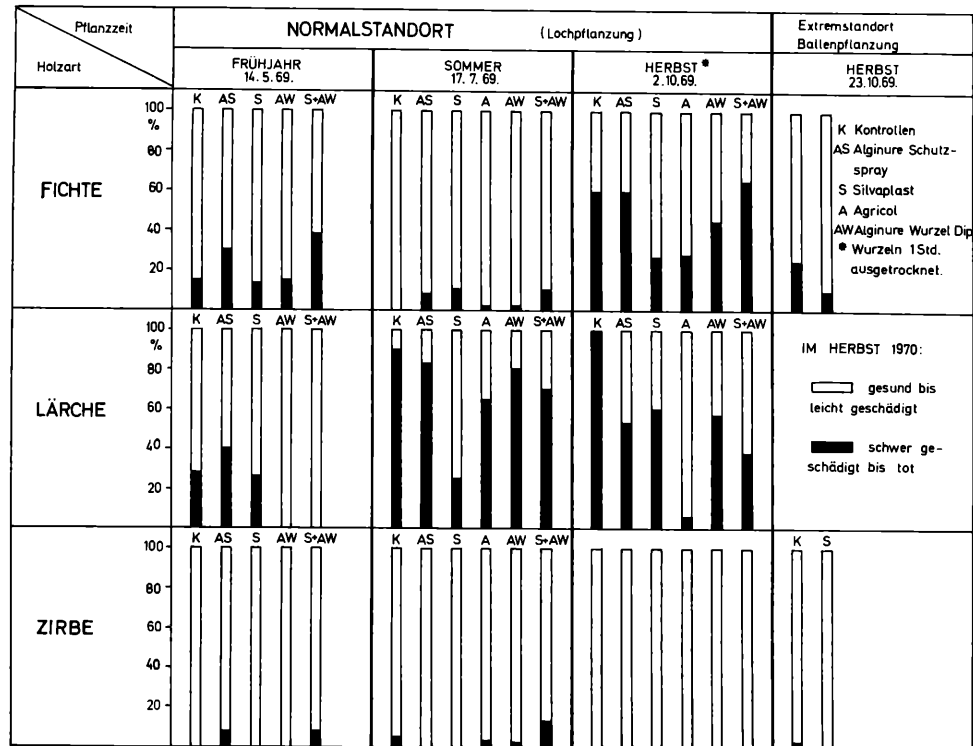


Abb. 11:

Ergebnis der Versuchspflanzungen mit Fichten, Lärchen und Zirben auf einem entwaldeten Südhang oberhalb Haggen im Sellraintal in 1800 m Seehöhe. Die Pflanzen wurden im Frühjahr, Sommer und Herbst 1969 gesetzt (Lochpflanzung). Ein Teil blieb unbehandelt (K). Die anderen Bäumchen tauchten wir nach dem Ausheben aus dem Forstgarten in die verschiedenen Präparate; Sprosse in AS (Alginure Flüssig Schutzspray), S (Silvaplast 1 4); Wurzeln in A (Agricol), AW (Alginure Wurzel Dip); Nadeln und Wurzeln in S + AW (Silvaplast + Alginure Wurzel Dip) getaucht. Im Herbst 1970 wurde für jede Versuchsgruppe (40 Stück) der Prozentsatz der gesunden bis leicht geschädigten (weiße Säule) und der schwer geschädigten bis abgestorbenen Pflanzen (schwarze Säule) ermittelt.

Die erste Pflanzung wurde bald nach der Schneeschmelze am 14.5.1969 durchgeführt. Es folgte eine Sommerpflanzung am 17.7.1969 und eine Herbstpflanzung am 2.10.1969. Die Versuchspflanzen wurden im Frühjahr sofort nach dem Ausheben aus dem Forstgarten mit den verschiedenen Präparaten behandelt und so rasch wie möglich, in feuchten Tüchern eingeschlagen, ins Aufforstungsgebiet gebracht. Dort wurden sie meist noch am selben Tag in vorbereitete Löcher gepflanzt. Nachdem sich schon bald nach der Frühjahrspflanzung herausstellte, daß die Ausfälle wahrscheinlich infolge der sorgfältigen Frischhaltung der Pflanzen während des Transportes sehr gering waren und zu befürchten stand, daß damit die Wirkung der Präparate nicht zum Ausdruck kommen würde, haben wir alle Pflanzen des Sommertermins während des Transportes nicht in feuchte Tücher eingeschlagen und jene des Herbsttermins nach der Behandlung mit den Präparaten sogar 1 Stunde lang der Sonne ausgesetzt. Wir wollten dadurch den Versetztschock verstärken und die Wirksamkeit der Präparate deutlicher hervortreten lassen.

Je Holzart und Behandlungsvariante wurden 40 Pflanzen gesetzt; insgesamt waren dies 2040 Stück. Um die Eignung von Silvaplast zur Vermeidung von Frostrocknisschäden zu untersuchen, wurde zusätzlich am 23.10.1969 eine Ballenpflanzung mit Zirben und Fichten auf einem extrem schneearmen und daher frostrocknisgefährdeten Rippenstandort im selben Gebiet angelegt.

Die Setzlinge aller Anpflanzungsversuche wurden noch im selben Jahr mehrmals begutachtet. Eine abschließende Beurteilung des Anwuchserfolges führten wir im Herbst 1970 durch, indem wir auf jeder Versuchsfläche den Prozentsatz der gesunden bis leicht geschädigten und der schwer geschädigten bis abgestorbenen Pflanzen erhoben. Bei Zirben wurde auch der Höhenzuwachs im Jahre 1970 bestimmt.

Die Witterung im Jahr der Anpflanzung

Im Jahre 1969 folgte auf ein feuchtkühles Frühjahr ein sehr heißer Sommer, in dessen Verlauf häufig starke Gewitter auftraten. Der Herbst war praktisch regenfrei und relativ mild. Dementsprechend war die Bodenfeuchtigkeit im Frühjahr und Sommer hoch; sie sank erst im Herbst etwas ab. Nachdem auch die sommerlichen Höchsttemperaturen durch Wind und Niederschläge etwas abgeschwächt wurden (KRONFUSS 1971), war die klimatische Beanspruchung der Setzlinge trotz der extremen Südlage des Geländes sicherlich nicht existenzbegrenzend. Dies geht schon aus den überraschend gut gelungenen Aufforstungen dieses Hanges hervor (HENS-LER 1970).

Ergebnisse

Das Ergebnis der Anpflanzungen ist in Abb. 11 zusammengestellt. Allgemein kann gesagt werden, daß von den 3 Holzarten die Zirbe am besten ankam. Diese Holzart erlitt bei allen Versetzungsterminen beinahe keine Ausfälle. Bedeutend schlechter gelang die Aufforstung mit Fichten und am schlechtesten jene mit Lärchen. Bei diesen beiden Holzarten ergab die im Herbst durchgeführte Aufforstung die größten Ausfälle. Dies mag einerseits darauf beruhen, daß die im Oktober versetzten Pflanzen 1 Stunde lang ausgetrocknet wurden, andererseits

ZIRBE: Höhenzuwachs 1970

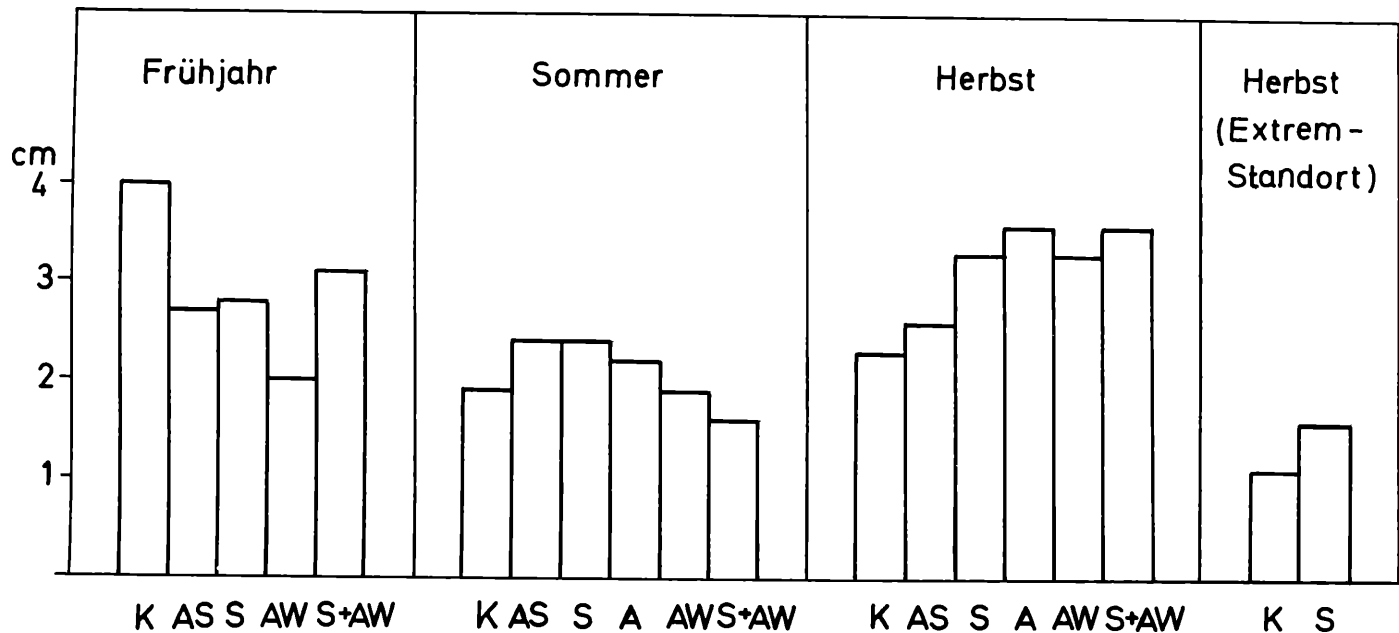


Abb. 12:

Länge des Höhenzuwachses im Jahre 1970 bei Zirben, die im Frühjahr, Sommer und Herbst 1969 im Versuchsgelände Haggen angepflanzt wurden. Buchstabensymbole der einzelnen Behandlungsvarianten siehe Abb. 11.

darauf, daß der Herbstversetzung eine längere Trockenperiode folgte. Die Sommerpflanzung mit Fichte gelang überraschend gut, während die im Sommer gesetzten Lärchen fast zur Gänze abstarben. Die besten Resultate mit Lärchen zeigten sich bei der Frühjahrspflanzung, womit frühere Erfahrungen erneut bestätigt wurden (TRANQUILLINI und UNTERHOLZNER 1968).

Die verschiedenen Präparate wirkten sich auch im Anpflanzungsversuch z.T. sehr positiv aus, d.h. die Zahl der schwer geschädigten und abgestorbenen Pflanzen wurde durch die Behandlung verringert. Im Frühjahr hatten die Präparate keine deutlich fördernde, z.T. sogar eine leicht wachstumshemmende Wirkung, was nach unseren physiologischen Untersuchungen auch zu erwarten war. Kleine Unterschiede im Prozentsatz der geschädigten Pflanzen können allerdings auch auf nicht vermeidbaren geringfügigen Verschiedenheiten der Beschaffenheit der Versuchsflächen beruhen. Bei der Lärchensommerpflanzung hingegen gab es die ersten bemerkenswerten Erfolge: Während sich Alginure Flüssig-Schutzspray wie bei den Laborversuchen kaum auswirkte, hatte Silvaplast eine deutliche Schutzwirkung. Noch eindrucksvoller ist das Ergebnis der Behandlung bei der Herbstpflanzung, bei der wir die Pflanzen, wie schon erwähnt, nach dem Ausheben 1 Stunde lang an der Sonne austrocknen ließen. Hier war Silvaplast und vor allem Agricol besonders wirksam. Z.B. gingen die unbehandelten Lärchen zu 100 % ein, während die mit Agricol behandelten Pflanzen nur 5 % Ausfälle erlitten.

Die Anpflanzungsergebnisse decken sich oft mit den physiologischen Befunden sehr gut. Z.B. waren die Ausfälle der mit Alginure Wurzel Dip präparierten Pflanzen durchwegs höher als jene der Agricolpflanzen. Überraschenderweise erwies sich eine kombinierte Behandlung mit einem Antitranspirantium und einem Wurzelfrischhaltungsmittel als nicht günstiger in manchen Fällen sogar als schlechter als die Behandlung mit einem dieser Mittel allein (z.B. Fichten-Herbstpflanzung).

Auch bei der Ballenpflanzung auf dem extrem schneearmen Rippenstandort erwies sich Silvaplast als vorteilhaft (Abb. 11, rechts). Die Ausfälle waren deutlich geringer als bei den unbehandelten Vergleichspflanzen. Darüber hinaus zeigte sich die große Überlegenheit der Ballenpflanzung über eine Versetzung wurzelnackter Pflanzen. Selbst unbehandelte Ballenpflanzen überlebten auf diesem Extremstandort zu einem überraschend hohen Prozentsatz.

Um auch bei Zirben die Auswirkungen der Behandlungsvarianten herauszubringen, haben wir den Höhenzuwachs im Jahr nach der Versetzung gemessen. Auch hierbei ergab sich grundsätzlich dasselbe Ergebnis. Bei den im Frühjahr gesetzten Pflanzen wurde der Zuwachs durch die Behandlung eher etwas gehemmt, was mit der Verringerung der Photosynthese in der Hochleistungsperiode der Zirbe (TRANQUILLINI 1959) zusammenhängen könnte. Bei der Sommerpflanzung zeigte sich kein deutlicher Effekt, bei der Herbstpflanzung hingegen eine ausgesprochene Förderung der Zuwachsleistung bei den präparierten Pflanzen, mit Ausnahme der mit Alginure Flüssig-Schutzspray behandelten Variante (Abb. 12).

Um auch bei Zirben Schäden auszulösen, haben wir im Sommer 1970 noch eine Pflanzung durchgeführt, bei der wir Pflanzen verwendeten, die 2 Stunden lang an der vollen Sonne ausgetrocknet wurden. Diese Behandlung hielten selbst die widerstandsfähigen Zirben nicht mehr

ZIRBE Sommerpflanzung

23. 6. 1970

Wurzeln 2Std. ausgetrocknet

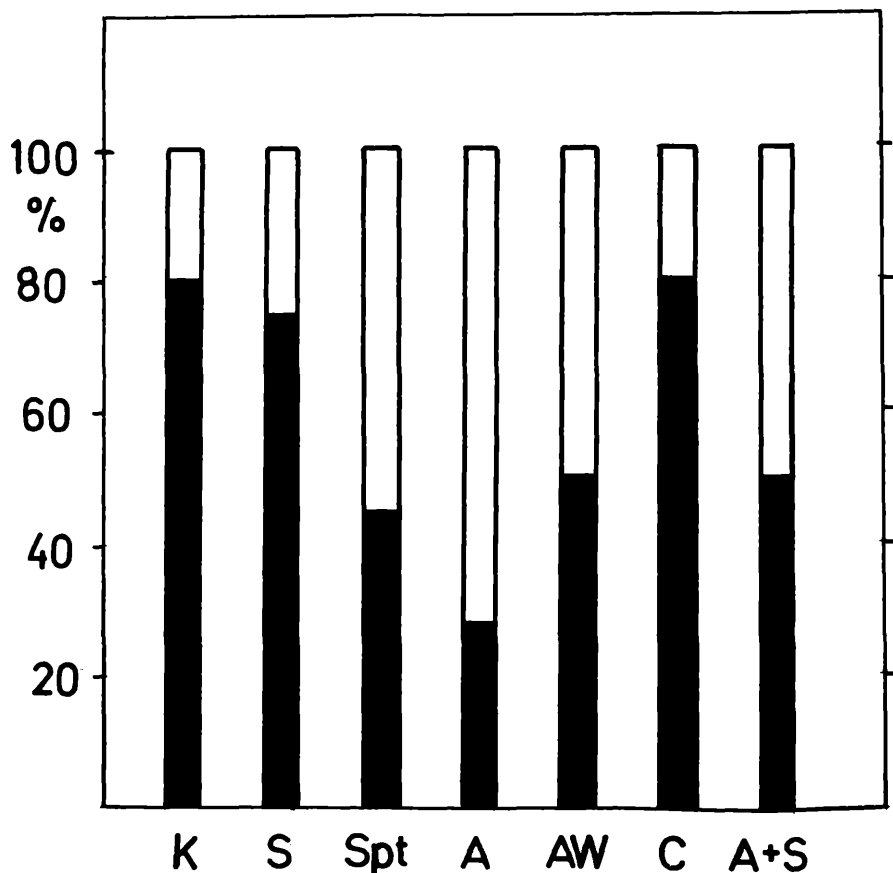


Abb.13:

Ergebnis einer Sommerpflanzung mit Zirben, deren Wurzeln nach dem Ausheben 2 Stunden lang der vollen Sonne ausgesetzt wurden. Prozentsatz der gesunden bis leicht geschädigten (weiße Säule) und der schwer geschädigten bis abgestorbenen (schwarze Säule) Pflanzen. Buchstaben-symbole der einzelnen Behandlungsvarianten siehe Abb.11. Zusätzlich kamen folgende Präparate zur Anwendung: Silvaplast PT (Spt), Caluplast (C) und eine Kombination von Agricol (Wurzel) + Silvaplast (Sproß) (A + S).

schadlos aus. Sie gingen zu 80 % zu Grunde (Abb.13). Auch bei diesem Versuch zeigte sich die positive Wirkung der Wurzelfrischhaltemittel, vor allem von Agricol. Caluplast versagte hingegen genau wie bei den Gaswechselversuchen im Labor gänzlich. Auch das normale Silvaplast blieb unter diesen Bedingungen wirkungslos, während das neue Silvaplast PT entsprechend seines stärkeren verdunstungshemmenden Einflusses die Ausfälle deutlich verringerte.

Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen für die Praxis

Die Gaswechsellmessungen haben eindeutig ergeben, daß das von der Firma Wichmann & Kühn in Freckenhorst (Westfalen) erzeugte Verdunstungsschutzmittel Silvaplast die Transpiration von jungen Nadelbäumen erheblich herabsetzt. Dies trifft auch dann zu, wenn die Wasserabgabe seitens der Pflanze durch Spaltenschluß gedrosselt ist. Auf diese Weise wird die Wasserbilanz während Trockenperioden oder Perioden unterbrochener Wasseraufnahme (Wurzelveilust beim Versetzen, Frosttrocknis) leichter stabilisiert, bzw. die Austrocknung der Pflanzen verlangsamt, was in der Folge zu einer Abnahme der Dürreschäden führt.

Daß durch den Plastikschutzfilm auch die CO₂-Aufnahme in Mitleidenschaft gezogen wird, spielt offenbar für den Anwuchserfolg wenigstens in Hochlagen keine entscheidende Rolle, zumal bei unseren Anpflanzungsversuchen keine nennenswerten negativen Auswirkungen der Silvaplastbehandlung festgestellt werden konnten.

Die Wirkung von normalem Silvaplast ist jedoch mindestens bei ernstlich angespannter Wasserversorgungslage nur mäßig und wird außerdem durch intensive UV-Strahlung und starken Regen noch weiter verringert. Bei extremen klimatischen Belastungen der Setzlinge, wie sie z.B. bei Hochlagenaufforstungen auftreten, ist daher das auf unsere Anregungen hin entwickelte Silvaplast PT zu empfehlen oder dem Standardprodukt ein Benetzungsmittel zuzusetzen. Diese beiden Präparate sind wesentlich regenfester und wirken der Austrocknung der Pflanzen stärker entgegen.

Bei der Anwendung von Silvaplast in der forstlichen Praxis sollte jedoch berücksichtigt werden, daß die Wirksamkeit des Präparates je nach Jahreszeit und Holzart unterschiedlich ist. Der Effekt einer Behandlung im Frühjahr ist mäßig, hingegen ergibt sich im Sommer und Herbst eine erhebliche Schutzfunktion, vor allem bei Lärchen und Fichten. Unsere Versuchspflanzungen lassen keinen Zweifel darüber offen, daß man auf diese Weise den Anwuchserfolg verbessern kann.

Noch größere Bedeutung für die Praxis dürfte den Wurzelfrischhaltemitteln zukommen. Sie wirken dem Versetztschock deutlich entgegen, indem sie die bei Aufforstungen häufig auftretende Störung der Wasseraufnahmefähigkeit der Pflanzen auf ein Mindestmaß herabsetzen, die Depression des Gaswechsels verringern und die Wiederherstellung einer ausgeglichenen Wasserbilanz beschleunigen. Die Wirksamkeit der von uns untersuchten 3 Präparate ist jedoch sehr unterschiedlich. Sowohl bei den Gaswechselversuchen im Labor als auch bei den Feldversuchen ergab sich, daß das von der Firma Alginate Industries Limited erzeugte Agricol den Versetztschock am stärksten unterdrückt und den Anwuchserfolg am eindrucksvollsten verbessert. Überall dort, wo Pflanzen längere Strecken transportiert werden müssen und

sich eine Austrocknung der Wurzeln auch bei sorgfältigen Arbeiten nicht ganz vermeiden läßt, wird Agricol die Ausfälle entscheidend verringern.

Man könnte nun annehmen, daß sich bei Aufforstungen eine kombinierte Behandlung mit Silvaplast (Sproß) und Agricol (Wurzel) besonders günstig auswirkt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Der Erfolg solcher Pflanzungen bleibt sogar u.U. hinter jenem zurück, der mit nur einem der beiden Mittel erzielt wurde. Vielleicht beruht das darauf, daß die durch den Plastikfilm verringerte Photosynthese eine rasche Neubildung der durch das Versetzen verloren gegangenen Wurzeln behindert.

Zusammenfassung

Der Einfluß verschiedener im Handel erhältlicher Antitranspirantien (Alginure Flüssig-Schutzspray, Silvaplast) und Wurzelfrischhaltemittel (Alginure Wurzel Dip, Agricol, Caluplast) auf den Gaswechsel junger Lärchen, Fichten und Zirben und auf den Anwuchserfolg in einem extremen Hochlagenaufforstungsgebiet wurde untersucht.

Während Alginure Flüssig-Schutzspray den Gaswechsel nicht nennenswert verändert, wurden sowohl die Transpiration als auch die Photosynthese durch einmalige Tauchung in Silvaplast deutlich herabgesetzt. Die hemmende Wirkung nahm vom Frühjahr zum Herbst zu. Sie war bei der Fichte am stärksten ausgeprägt und hielt je nach Jahreszeit ein bis mehrere Monate lang an. Der Kunststoffüberzug wurde durch UV-Strahlung durchlässiger und durch Starkregen leicht abgewaschen. Silvaplast PT sowie Silvaplast, dem wir ein Benetzungsmittel zugesetzt hatten, erwiesen sich als regenfester und zeigten auch eine verstärkte Schutzwirkung gegen die Austrocknung.

Nachdem auch die cuticuläre Transpiration durch Silvaplast etwas verringert wird, trockneten die mit diesem Mittel behandelten Pflanzen bei künstlich unterbrochener Wasserzufuhr langsamer aus als ungeschützte Pflanzen und zeigten damit größere Dürresistenz.

Der nach einer Versetzung junger Forstpflanzen infolge Verlust und Austrocknung der Wurzeln ausgelöste Versetztschock wurde durch Tauchung der Wurzeln in die Frischhaltemittel deutlich vermindert. Der Gaswechsel mußte weniger stark eingeschränkt werden und erreichte auch früher wieder seine normale Höhe. Unter den geprüften Präparaten zeigte Agricol die beste Wirkung, während Caluplast völlig versagte.

Die im Laboratorium gewonnenen Ergebnisse konnten durch Anpflanzungsversuche im Aufforstungsgebiet bei Haggen im Sellraintal weitgehend bestätigt werden. Während die Versuchspflanzungen auf dem entwaldeten Südhang in 1800 m Seehöhe im Frühjahr bei allen 3 Holzarten auch ohne Schutzmittel überraschend gut gelangen, wurden die Ausfälle bei der Lärche und Fichte im Sommer und Herbst vor allem durch Silvaplast und Agricol deutlich verringert. Hingegen konnte eine kombinierte Behandlung mit Silvaplast und Agricol die Schutzwirkung nicht mehr steigern.

Diese beiden Präparate sind daher besonders geeignet, den Anwuchserfolg bei Aufforstungen unter extremen klimatischen Bedingungen wesentlich zu verbessern.

Literatur

AINERDINGER H. und DIMPFLMEIER R.:

Agricol–Wurzelschutz zur Sicherung der Pflanzenfrische. Holz-Zentralbl. Jg.96, 1970, S. 729.

DIMPFLMEIER R.:

Agricol, ein neues Mittel, um Forstpflanzen bei der Lagerung und beim Transport frisch zu halten. Forstwiss.Centralbl. Jg.88, 1969, S.80–96.

DIMPFLMEIER R.:

Mit Agricol geschützte Forstpflanzen. Erste Ergebnisse aus der Praxis. Allgem.Forstztg. Jg.24, 1969, S.778–779.

GALE J., POLJAKOFF–MAYBER A., NIR I. and KAHANE I.:

Effect of Antitranspirant treatment on the water balance of pine seedlings under different climatic and soil moisture conditions. Plant Soil 24, 1966, S.81–89.

HENSLER W.:

Bisherige Erfahrungen bei der Aufforstung am Beispiel Haggen. Allgem.Forstztg. Jg.81, 1970, S.328–330.

KELLER T.:

Über den Einfluß von transpirationshemmenden Chemikalien (Antitranspirantien) auf Transpiration, CO₂–Aufnahme und Wurzelwachstum von Jungfichten. Forstwiss.Centralbl. Jg.85, 1966, S.65–79.

KELLER T.:

Laborversuche über den Einfluß von Antitranspirantien auf den Gaswechsel junger Coniferen. Schweiz.Z.Forstw. Jg. 120, 1969, S. 32–43.

KRONFUSS H.:

Das Kleinklima an einem entwaldeten Südhang im Sellraintal. Allgem.Forstzeitung 81.Jg., 1970, S.324–326.

LEWINSKI E.:

Die Anwendung transpirationshemmender Kunststoffdispersionen bei Nadelbaumpflanzungen. Forst–Holzwirt Jg. 21, 1967, S. 60–66.

RABENSTEINER G.:

Über den Einfluß von Antitranspirantien und Wurzelfrischhaltemitteln auf den CO₂–Gaswechsel und die Transpiration junger Fichten, Zirben und Lärchen. Dissertation Univ.Innsbruck, 1971.

TRANQUILLINI W.:

Die Stoffproduktion der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der Waldgrenze während eines Jahres. I. Standortsklima und CO₂-Assimilation. *Planta* 54, 1959, S.107–129.

TRANQUILLINI W. und UNTERHOLZNER R.:

Dürresistenz und Anpflanzungserfolg von Jungläichen verschiedenen Entwicklungszustandes. *Centralbl.ges.Forstw.* Jg.85, 1968, S.97–110.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Walter TRANQUILLINI
cand. phil. Gottfried RABENSTEINER

Forstliche Bundesversuchsanstalt
Außenstelle für subalpine Waldforschung

Rennweg 1, Hofburg
A – 6020 I n n s b r u c k