Versuche zur Bekämpfung der winterlichen Nadelverfärbungen an den Triebenden der Fichte im Forstpflanzgarten

Autor(en): **Keller, T.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **117 (1966)**

Heft 10

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-766362

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Versuche zur Bekämpfung der winterlichen Nadelverfärbungen an den Triebenden der Fichte im Forstpflanzgarten

Von *Th. Keller*

(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf)

Oxf. 232.325.3:424.7

1. Einleitung

In manchen Verschulgärten der Ostschweiz, vor allem auf kalkreichen, neutralen, tonigen Würmmoräneböden treten oft charakteristische Nadelverfärbungen an den Fichten auf, vorwiegend vom Ende des zweiten Verschuljahres an. Die Nadeln verfärben sich gegen den Herbst hin gelblich, besonders im Bereich der Gipfeltriebknospe und an den Zweigenden, und röten sich im Verlaufe des Winters. Oft verdorren sie und fallen ab, so daß die Knospe im Frühjahr am kahlen Triebende steht (Abb. 1). Auch wenn die Ausfälle an Pflanzen in der Regel nicht wesentlich größer sind als normal, so handelt es sich bei diesen Erscheinungen doch um Anzeichen geschwächter Vitalität, welche den Anwuchserfolg in den Pflanzungen vermindern kann.

In der Literatur finden sich auch Abbildungen, welche diese Symptome physiologischer Störungen als Kalimangel, eventuell auch als Magnesiummangel beschreiben (Themlitz, 1958; Ingestad, 1960). Da diese Symptome durchweg auf sehr kalkreichen Böden auftreten, lag der Verdacht nahe, daß es sich um einen durch Kalküberschuß ausgelösten Kali- oder Magnesiummangel handle. Nach Themlitz (1958) kann ja schon mit großer Sicherheit auf eine Schädigung durch übermäßige Kalkaufnahme geschlossen werden, wenn der pH-Wert des Bodens (in KCl gemessen) 6 übersteigt. Letzteres trifft jedoch für diese Pflanzgartenböden zu.

Bodenanalysen von Proben aus zwei Pflanzgärten (zum Teil von Stellen mit normalen und von verfärbten Fichten) ergaben die in Tabelle 1 zusammengestellten Resultate.

Tabelle 1

Garten	*mäq/100 g Boden**			*Verhältnis*
	Ca	*K*	*Mg*	*Ca : K : Mg*
Lindberg, verfärbt	14,4	0,3	4,3	48 : 1 : 14
Kreuzlingen, normal	12,5	0,2	3,5	62 : 1 : 17
Kreuzlingen, verfärbt	14,1	0,2	2,2	70 : 1 : 11

* Bodenauszug mit neutralem, 1-normalem Ammonazetat flammenspektrophotometrisch bestimmt (Jackson, 1958).

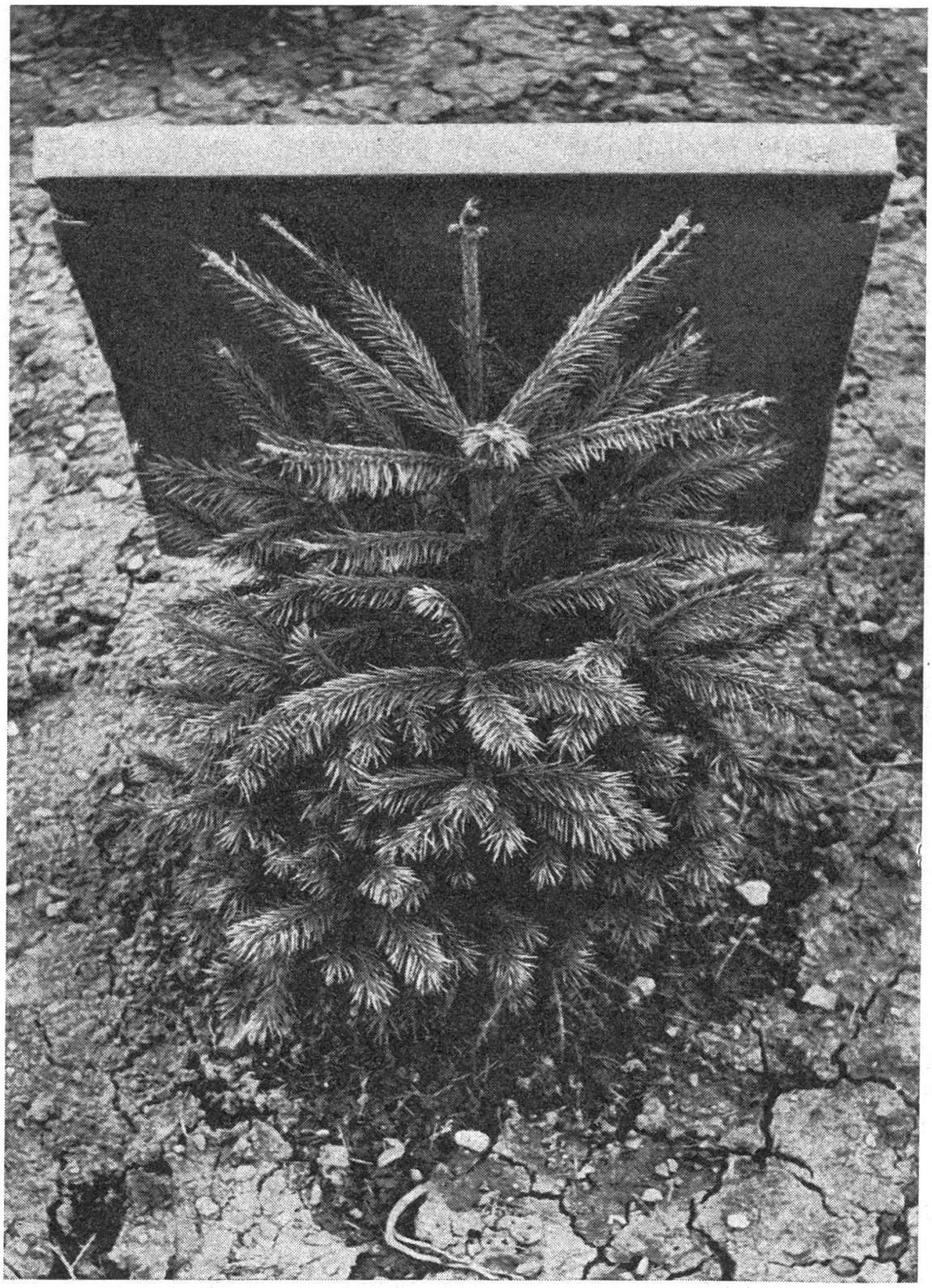


Abb. 1

Verschulfichte mit Kalimangelsymptomen. Gipfeltrieb und Triebe des obersten Quirls im Bereich der Endknospen entnadelt. Nadeln an den übrigen Zweigenden chlorotisch verfärbt. Längenwachstum gehemmt

Diese Zahlen belegen eindeutig das Überwiegen der Calciumionen in diesen Böden, in welchen also 50- bis 70mal mehr austauschbare Calcium- als Kaliionen vorhanden sind. Dagegen liegt das Verhältnis Calcium : Magnesium durchaus im normalen Rahmen.

Viets (1944), zitiert nach Robertson (1958), hatte in Versuchen mit Gerste gefunden, daß die Kaliaufnahme durch die Wurzeln behindert wurde, wenn die Calciumkonzentration die Kalikonzentration um mehr als das Dreißigfache übertraf. Nadelanalysen ergaben damit übereinstimmend, daß die verfärbten Nadeln geringere Kaligehalte und ein kleineres K/Ca-Verhältnis aufwiesen als die grünen Nadeln. Kali- bzw. Magnesiummangel sollte normalerweise nicht auftreten bei Gehalten von mindestens 0,4–0,5 Prozent K bzw. 0,10–0,12 Prozent Mg, wobei allerdings das K/Ca-Verhältnis nicht kleiner als etwa 0,5 sein sollte (Themlitz, 1958). Nach Tamm (1953) können aber schon bei diesem Verhältnis Chlorosen auftreten, während im Falle von Kreuzlingen auch ein niedrigerer Wert noch ohne Symptome blieb.

Tabelle 2

Nadelanalysen normaler und verfärbter Fichtennadeln

Garten	*Nadelfarbe*	*Ca %*	*K %*	*Mg %*	*K/Ca*
Kreuzlingen	grün	1,25	0,53	0,14	0,42
Kreuzlingen	gelb-rot	0,85	0,24	0,14	0,28
Winterthur	gelb-rot	1,45	0,29	0,14	0,20
Großmatt	grün	1,01	0,61	0,12	0,60
Großmatt	gelb	0,86	0,35	0,10	0,41
Großmatt	gelb-rot	0,72	0,24	0,12	0,33

Auf Grund dieser übereinstimmenden Befunde von Boden- und Nadelanalysen wurde die Ursache der Symptome einem Kalimangel bzw. gestörter Kaliaufnahme zugeschrieben.

2. Düngungsversuche

2.1. Reine Mineraldüngung

Obwohl die Analysenresultate die Ansicht unterstützten, daß ein Kalimangel durch ein zu geringes K/Ca-Verhältnis vorliege, wurde in die folgenden Düngungsversuche neben der Nullprobe auch eine kalifreie Variante mit Magnesiumsulfat hineingenommen, um einen allfällig latenten Magnesiummangel erkennen zu können.

Der im Frühjahr 1960 in den Pflanzgärten Großmatt (EAFV) und Lindberg (Winterthur) angelegte Düngungsversuch bewirkte zwar keine merkliche Abnahme der Symptomhäufigkeit, aber die folgende kleine Stimulation des Höhenwachstums (Werte vom Lindberg):

Düngung	*Pflanzenhöhe 2 Jahre nach Düngung*
ungedüngt	38,1 cm
3 kg/a Magnesiumsulfat	40,0 cm
3 kg/a Kalisulfat	42,5 cm
4 kg/a Patentkali (Kali-Magnesiumsulfat)	44,2 cm

Es ist bekannt, daß kalimangelnde Pflanzen im Längenwachstum zurückbleiben. Die wenn auch geringe Verbesserung der Wuchsleistung schien daher darauf hinzudeuten, daß der eingeschlagene Weg der Kalidüngung richtig war. Bei der Wiederholung des Versuches im Frühjahr 1963 in der Großmatt wurden allerdings angesichts des großen Kalküberschusses im Boden höhere Düngerdosierungen gewählt:

Kalisulfat	5 kg/a
Patentkali (26 % K_2O)	5 kg/a, 10 kg/a
Patentkali	20 kg/a (1963 und 1964 je 10 kg/a)
Magnesiumsulfat	5 kg/a

Für jede Behandlung standen sechs zufällig verteilte Parzellen zur Verfügung. Die Auswirkung dieser Düngungen ist in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3

Behandlung	*Höhe in cm*		*Symptome*
	Ende 2. Jahr	*Ende 3. Jahr*	*%*
ungedüngt	26,0	41,0	43,4
Kalisulfat, 5 kg/a	25,5	41,8	42,0
Patentkali, 5 kg/a	25,9	40,7	43,4
Patentkali, 10 kg/a	26,5	44,2	30,6
Patentkali, 20 kg/a	26,8	45,3 *	15,3 ***
Magnesiumsulfat, 5 kg/a	25,2	39,0	44,7

*/*** Differenz zur ungedüngten Nullprobe statistisch gesichert mit P = 0,1 bzw. P = 0,001.

Aus diesen Zahlen geht deutlich hervor, daß auch diesen zum Teil sehr hohen Düngergaben höchstens ein bescheidener Erfolg beschieden war. Einzig 20 kg/a Patentkali reduzierte den Prozentsatz der von Nadelverfärbungen am Gipfeltrieb befallenen Fichten signifikant bei gleichzeitiger geringfügiger Steigerung des Höhenwachstums (4 cm pro 3 Jahre), vermochte jedoch nicht, die Symptome vollständig zu beseitigen.

2.2. *Mineraldüngung kombiniert mit Gründüngung und Bodenbedeckung*

Pflanzgartenböden haftet die Tendenz zur Humusarmut an, welcher gewöhnlich mit Kompost- und/oder Torfgaben entgegengearbeitet wird. Gerade auf kalkreichen Böden ist eine Torfbeimischung zur teilweisen Neutralisation des Kalküberschusses angezeigt (vgl. Surber, 1957; Surber et al., 1959). Auch der Boden dieses Versuchsfeldes war humusarm

und neigte zur oberflächlichen Verkrustung. Da frühere Versuche, mit Kompostbeigaben von 3–5 m³/a, die Nadelverfärbungen zu vermeiden, ohne eindeutigen Erfolg (gleich wie die einseitige Mineraldüngung) blieben, wurde das Problem durch eine kombinierte Düngung angegangen. Ende Juli 1963 wurde eine neue Versuchsfläche angelegt, auf welcher pro Are 8 m³ Torf, 3 kg Superphosphat und 6 kg Patentkali eingefräst wurden. Die Mineraldüngung sollte vorerst der Zottelwicken-Gründüngung einen guten Start geben. Die Wicken wurden im Herbst nicht geerntet, sondern liegen gelassen und im Frühjahr 1964 mit weitern 1,5 m³/a Torf eingearbeitet. Im April wurden auf diese Flächen Fichten verschult.

Die Beobachtung, daß die Nadelverfärbungen oft verschwanden, wenn die verschulten Fichten in Schluß traten, bewog dazu, im Sommer 1964 die Hälfte der Parzellen zu «mulchen», das heißt den Boden abzudecken, wozu Laubstreue oder gehäckselter Klee verwendet wurde (etwa 2 cm dicke Auflage). Das Mulchen ist eine in den USA seit den dreißiger Jahren weitverbreitete erfolgreiche Bodenpflegemaßnahme, die sich bei der Anlage von Windschutzstreifen, bei Dünenaufforstungen, aber auch im Obstbau usw. sehr bewährt. Durch die Bodenabdeckung sollte festgestellt werden, ob das Verschwinden der Symptome nach dem In-Schluß-Treten wirklich auf einem Beschattungseffekt des Bodens beruht oder ob dies darauf zurückzuführen ist, daß die älteren Pflanzen ein größeres Bodenvolumen inniger durchwurzeln und dadurch ihren Nährstoffbedarf besser zu decken vermögen. An und für sich ist ein bloßer Boden ja gewissermaßen naturwidrig.

Bereits im Frühjahr 1965 machten die gemulchten Pflanzen einen bessern Eindruck, indem die Nadelfarbe etwas dunkler erschien als bei den ungemulchten Vergleichspflanzen. Im Mai wurde die Bodenabdeckung mit gehäckselter Laubstreue erneuert. Im Oktober wurden die Höhen gemessen und der Prozentsatz der Johannistriebbildner sowie der Gipfeltriebe mit Nadelverfärbungen ermittelt. Am 1. Februar 1966 wurden die Nadelverfärbungen nochmals ausgezählt, wobei im Gegensatz zur Mineraldüngungsfläche praktisch keine Zunahme der Symptomhäufigkeit gegenüber dem Herbst festgestellt werden konnte. Er ergaben sich folgende Resultate (je drei Wiederholungen):

	nicht gemulcht	*gemulcht*
Höhe Ende 1964, cm (1. Jahr)	24,1	23,7
Höhe Ende 1965, cm (2. Jahr)	35,9	41,4**
Sterblichkeit bis 1. Februar 1966, %	6,8	3,6*
Symptomhäufigkeit, 1. Februar 1966, %	37,6	4,1***
Johannistriebe 1965, %	12,3	39,3***

*/**/*** Differenz gegenüber ungemulcht gesichert mit P = 0,1 bzw. P = 0,01 bzw. P = 0,001.

Diese Zahlen belegen eindeutig den günstigen Einfluß der Bodenabdekkung. Obwohl die ganze Fläche gleich gedüngt worden war, zeigten nur

4 Prozent der gemulchten Pflanzen das Symptom dieser ernährungsphysiologischen Störung, während mehr als neunmal mehr ungemulchte Pflanzen damit behaftet waren (und fast viermal mehr ungemulchte Fichten mit über dreifacher Kaligabe, vgl. Tabelle 3). Das Höhenwachstum beider Behandlungen ist besser als dasjenige der Pflanzen im reinen Mineraldüngungsfeld. Die Höhen am Ende des zweiten Verschuljahres betragen dort 25,2 bis 26,8 cm gegenüber hier 35,9 bzw. 41,4 cm. Die gemulchten Pflanzen erreichten somit in zwei Jahren dieselbe Höhe wie die nur mit 5 kg/a Patentkali gedüngten in drei Jahren (vgl. Tabelle 3). Dennoch war das Wurzel-Sproß-Verhältnis mit 0,36 besser als das der Pflanzen des reinen Mineraldüngungsversuches (0,30), da die Torfbeimischung das Wurzelwachstum stimulierte. Einen Eindruck über das Aussehen der gemulchten und nicht gemulchten Pflanzen gibt Abbildung 2.

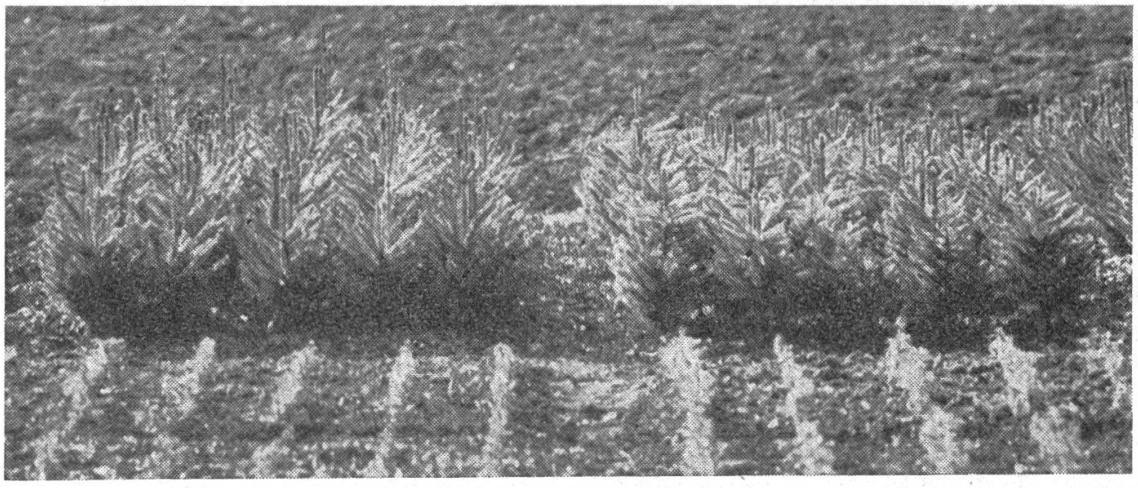


Abb. 2
Links gemulchte, rechts ungemulchte Parzelle

Parallel zu diesem Versuch wurde im angrenzenden Feld ein weiterer Versuch angelegt, in welchem angestrebt wurde, eine Kleeart als Gründüngung und lebende Bodenabdeckung im Verschulbeet beizubehalten. Der Boden wurde genau gleich und zu gleicher Zeit wie im vorangehend beschriebenen Versuch mit Torf und Mineraldüngung versehen. An die Stelle der reinen Wickensaat trat jedoch ein Gemisch Zottelwicke und Gelbklee. Im folgenden Frühjahr wurde der Boden nicht mehr bearbeitet, sondern die Fichten wurden direkt in den im zweiten Jahre stehenden Gelbklee hinein verschult. Da der Klee den Boden nicht völlig zu decken vermochte, so daß sich Unkraut ansiedelte, und da das Saatgut auch hochwachsende Kleearten wie Luzerne und Steinklee enthalten hatte, verschwanden die Fichten schon Ende Mai in der üppigen Gründüngung-Bodenbedeckung. Im Juni wurde daher die halbe Fläche in Gassen 5—10 cm über den Fichtengipfeln gemäht. Im Herbst wurde die ganze Fläche tief gemäht, da sonst

die Fichten durch die Grünmasse erdrückt worden wären. Im folgenden Sommer wurde die ganze Fläche oberhalb der Fichtentriebe wieder gemäht. Die Messungen und Beobachtungen im Herbst 1965, bzw. am 1. Februar 1966, ergaben folgende Mittelwerte (drei Wiederholungen):

	in Gassen	*zwischen Gassen*
Höhe Ende 1964, cm (1. Jahr)	21,6	21,1
Höhe Ende 1965, cm (2. Jahr)	37,9**	35,1
Sterblichkeit bis 1. Februar 1966, %	7,1***	16,4
Symptomhäufigkeit, 1. Februar 1966, %	13,8	8,9
Johannistriebe 1965, %	50,5	54,6

/* Differenz zwischen den beiden Behandlungen gesichert mit P = 0,01 bzw. P = 0,001.

Dank der etwas besseren, wenn auch nicht intensiveren Pflege im zweiten Verschuljahr erholten sich auch die Fichten zwischen den Gassen erstaunlich gut. Die Sterblichkeit war zufolge der zeitweise starken Konkurrenz und der Mäuse, die sich im dichten Krautwuchs einnisteten, zwar etwas größer als in allen andern Flächen, aber doch nicht so groß wie anfänglich befürchtet wurde. Anderseits lag die Symptomhäufigkeit wesentlich tiefer als in den ungemulchten Parzellen des Nachbarversuches. Auffällig ist der hohe Prozentsatz der Johannistriebe, der auf einen sehr tätigen und zufolge der Tätigkeit der Leguminosen-Knöllchenbakterien stickstoffreichen Boden hinweist. Die Johannistriebe führten dazu, daß die Höhenwuchsleistung im normalen Rahmen blieb, doch waren die Pflanzen etwas spindelig. Trotz der Beschattung war das Wurzel-Sproß-Verhältnis mit 0,34 nicht besonders gering, doch erreichte das gesamte Pflanzengewicht nur die Hälfte des Gewichtes gleich alter gemulchter Pflanzen.

3. Diskussion

Wenn man die Häufigkeit des Auftretens der Nadelverfärbungen als Gradmesser für Erfolg oder Mißerfolg der verschiedenen Behandlungen nimmt, so zeigt sich deutlich, daß bei der reinen Mineraldüngung selbst massive Dosierungen nicht den erhofften Erfolg brachten. Es liegt daher nahe, zu vermuten, daß Kalimangel nicht die alleinige Ursache der Symptome sei. Über ähnliche Erfahrungen in Holland berichtete Schönnamsgruber (1962) mit den Worten: «Allerdings kommt es auch vor, daß Kalimangel auf Grund von beobachteten Mangelsymptomen festgestellt wird und durch Kalidüngung trotzdem nicht der gewünschte Erfolg erzielt wird.» Auch die Bemerkung jenes Autors: «Das Auftreten von Kalimangelsymptomen steht nicht immer im Zusammenhang mit Kalimangel im Boden», wird scheinbar bestätigt, da in unserm Extremfall (durch die Gabe von 2000 kg/ha Patentkali) 520 kg/ha K_2O in die obersten 20 cm des Bodens gelangten oder durchschnittlich 26 mg K_2O/100 g Boden. Dabei betrachtet Themlitz (1963) eine Kalidüngung, welche zu einer Anreicherung des

Bodens über 20 mg K_2O/100 g Boden führt, als unnötigen Düngeraufwand, allerdings für mitteldeutsche, kalkärmere Standorte. Es ist aber zu berücksichtigen, daß nicht die ganze Düngergabe den Pflanzen zur Verfügung steht, sondern daß das Ausmaß der Kalifixierung durch Tonmineralien mit der Konzentration der Kaliionen (Düngergabe) ansteigt (Laatsch, 1957). Unbefriedigende Reaktionen auf eine Kalidüngung sind daher kein sicheres Zeichen dafür, daß kein Kalimangel vorliegt, sondern können auch darauf zurückzuführen sein, daß die Tonmineralien einen Großteil der Kaligabe festlegen und den Pflanzenwurzeln vorenthalten, so daß für die Pflanzen die Kaliversorgung weiterhin ungenügend bleibt. Gerade kalkreiche Böden sind bekannt für ihre Eigenschaft, große Kalimengen festzulegen (York *et al.,* 1953)! Auf der andern Seite hatten aber die Pflanzen der Mulchversuche nur 6 kg/a Patentkali erhalten und zeigten trotzdem weniger häufig Nadelverfärbungen. Es war anzunehmen, daß die massive Torfbeigabe und die Gründüngung den Boden in eine gute, humusreiche Verfassung gebracht hätte. Es ist daher erstaunlich, daß der Unterschied in der Symptomhäufigkeit zwischen gemulchten und ungemulchten Parzellen dennoch so groß ausgefallen ist, denn Themlitz (1958) wies darauf hin, daß Nadelbaumjungpflanzen in Böden, welche durch einen hohen Humusanteil gut gepuffert sind, weniger anfällig für diesen Kalk-Kali-Antagonismus sind. Wie läßt sich dieser Unterschied erklären?

Eine Erklärung liegt darin, daß die Bodenabdeckung die Kalifixierung beeinflußt. Besonders in Böden, welche Illit als Hauptkomponente der Tonkolloide besitzen, ist die Mobilisierbarkeit von Kali gering (Voigt, 1957), nach Iberg (1954) ist aber gerade Illit in schweizerischen Böden weit verbreitet. Der nicht gemulchte Boden ist während des Sommers großen Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes ausgesetzt und trocknet in längeren Trockenperioden oberflächlich stark aus, was die Kalifixierung fördert (Laatsch, 1957), aber auch der wiederholte Wechsel trocken-feucht-trokken soll eine erhöhte Fixierung bewirken (York *et al.,* 1953). Die bodenfeuchteregulierende Wirkung der Bodenabdeckung ist daher wohl mit ein Hauptgrund für die Feststellung von Laatsch, daß die Bodenbedeckung mit organischen Stoffen ein bewährtes Mittel zur Eindämmung der Fixierung sei. Geringere Fixierung bedeutet aber, daß den Pflanzen größere Mengen an austauschbarem Kali zur Aufnahme zur Verfügung stehen.

Als weiterer Grund sei angeführt, daß die Bodenabdeckung humuserhaltend ist, ein hoher Humusgehalt aber der Kalifixierung entgegenwirkt (Laatsch, 1957) bzw. die Kaliaustauschbereitschaft meist erhöht (Voigt, 1957). Das Mikroklima im gemulchten Boden ist ausgeglichener als im nackten Boden und stellt daher für die Mikroorganismen günstigere Entwicklungsbedingungen dar. Nach Flaig und Saalbach (1959) stieg der Spiegel an pflanzenverfügbarem Kali um mehr als den im Mulchmaterial zugeführten Kaligehalt, was damit erklärt wurde, daß durch die Stoffwechselvorgänge der Mikroorganismen ein Teil des Bodenkalis in pflanzen-

verfügbare Form übergeführt wurde. Insbesondere übten gewisse Abbauprodukte des Lignins einen günstigen Einfluß auf die Kaliaufnahme durch die Pflanzen aus. Es ist durchaus denkbar, daß das Mulchen als Umweltsfaktor im Edaphon nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Unterschiede hervorruft. Die verschiedenen Artenspektren und Sukzessionen haben unterschiedliche Humifizierungsprozesse zur Folge und beeinflussen dementsprechend Kaliaufnahme, Kalkbindung usw. unterschiedlich.

Die temperaturausgleichende Wirkung der Bodenabdeckung gibt aber noch Anlaß zu einer dritten möglichen Erklärung, die mehr physiologischer als pedologischer Natur ist. Wanner (1948) fand nämlich an Weizenwurzeln, daß der Temperaturkoeffizient der Ionenabsorption mit zunehmender Salzkonzentration abnimmt, das heißt, daß die Bodentemperatur auf die Ionenaufnahme aus verdünnten Lösungen einen größeren Einfluß ausübt als auf jene aus konzentrierten.

Er gibt folgende, in Tabelle 4 zusammengestellte Zahlen:

Tabelle 4

	Konz. (mäq/g Wurzeltrockengewicht)				*Temp. koeffizient Q_{10}*	
	0,002 n		*0,01 n*		*0,002 n*	*0,01 n*
	15°	*25°*	*15°*	*25°*		
KNO_3	0,447	0,756	1,122	1,340	1,69	1,19
$Ca(NO_3)_2$	0,065	0,125	0,343	0,373	1,92	1,09
	Relativwerte (%)					
KNO_3	59	100	84	100		
$Ca(NO_3)_2$	52	100	92	100		

Wenn wir annehmen, daß in diesen kalkreichen Böden Kali in der Bodenlösung in geringerer Konzentration vorhanden sei als Calcium (eingedenk der Verhältniszahlen von Tabelle 1), so bedeutet dies, daß durch eine Temperaturabnahme die Kaliaufnahme stärker gedrosselt wird als die Calciumaufnahme. Da die Koniferen erst zur Winterruhe kommen, wenn die Lufttemperatur deutlich unter den Gefrierpunkt sinkt, bzw. wenn der Boden im Wurzelbereich gefriert (vgl. Keller, 1965), kann die Kaliaufnahme aus dem kalten, ungedeckten Boden die Bedürfnisse des Stoffwechsels nicht mehr voll decken, während die Verhältnisse im gemulchten, wärmeren Boden wesentlich günstiger sind.

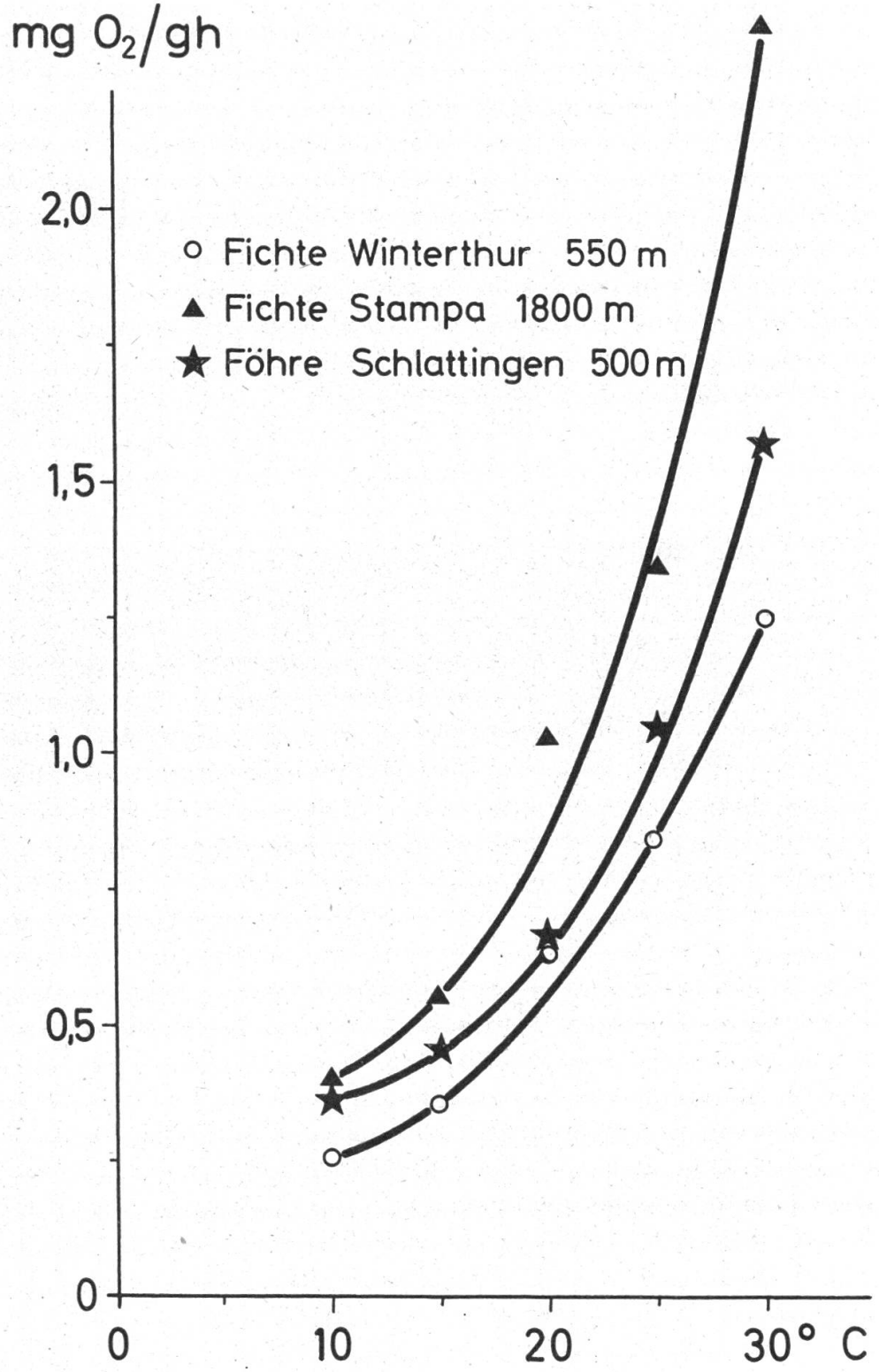
Aber der Hauptgrund für den Umstand, daß die Kalimangelsymptome vorwiegend im Herbst und Winter zur Ausbildung kommen statt während der Vegetationsperiode, dürfte weniger in dieser Temperaturabhängigkeit der Ionenaufnahme liegen als vielmehr in der leichten Beweglichkeit des Kali in der Pflanze. Auch in Nadelbäumen wird am Ende der Vegetationsperiode ein Teil des Kaligehaltes der Assimilationsorgane in die Sproßachse zurücktransportiert und in Knospennähe gespeichert, um die Versorgung

des neuen Triebes zu Beginn der nächsten Vegetationsperiode sicherzustellen.

Es bleibt noch der Einfluß der Behandlungen auf das Höhenwachstum zu erklären. Die Differenz im Höhenwachstum zwischen gemulchten und nicht gemulchten Fichten entfällt völlig auf den Jahrestrieb des zweiten Verschuljahres und ist wohl zur Hauptsache durch die vermehrte Johannistriebbildung im nassen Sommer 1965 bedingt. Aber auch die für die Assimilationstätigkeit günstigeren Bedingungen während trockener Perioden im Sommer 1964 dürften zur Speicherung größerer Reserven beigetragen haben, welche sich in der Bildung längerer Triebe äußerte. Die Johannistriebbildung ist allerdings nicht eine erwünschte Eigenschaft, da sie die Anfälligkeit für Frühfröste erhöht. Sie ist aber in unserem Falle ein untrügliches Zeichen für einen garen, sehr tätigen Boden, denn die Johannistriebbildung läßt sich leicht durch eine Stickstoffdüngung stimulieren. Der durch die Gründüngung angereicherte Stickstoff wurde, wie auch andere Nährstoffe, durch die intensive Tätigkeit der Bodenorganismen den Fichtenwurzeln erschlossen und ermöglichte dank der allgemein guten Nährstoffversorgung die Bildung des Johannistriebes. Der gemulchte Boden blieb nämlich während der ganzen Vegetationsperiode feucht, da die Evaporation durch die lockere Bodenabdeckung vermindert wurde. Außerdem blieb die Bodentemperatur der oberflächlichen Schichten unter dem Mulchmaterial im Sommer kühler, im Herbst und Winter vermutlich wärmer, im Jahresgang also gleichmäßiger. Dadurch wurden für die Bodenorganismen viel günstigere Lebensbedingungen geschaffen als im ungemulchten Boden, wo die zeitweilige Austrocknung und Überwärmung jeweils eine Hemmung der mikrobiellen Tätigkeit und damit des Nährstoffnachschubes mit sich brachten.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß die Atmung der Fichtenwurzeln in den gemulchten Flächen dank der kühlern Bodentemperatur geringer ist. Aus Darstellung 1 geht hervor, daß sich die Wurzelatmung im Bereich von 10 bis 30 °C pro 10 °C Temperaturerhöhung verdoppelt, so daß durch die Wurzelatmung der ungemulchten Fichten ein wesentlich höherer Prozentsatz des vom Sproß assimilierten Kohlendioxids auf Kosten der Stoffproduktion (einschließlich Bildung von Reservestoffen) wieder verausgabt wird. Dazu kommt, daß Nährstoffmangel die Wurzelatmung zusätzlich steigert (Keller und Wehrmann, 1963), wobei für Sproßteile schon lange bekannt ist, daß Kalimangel eine erhöhte Atmung bewirkt.

Es mag allerdings der Einwand erhoben werden, der Mulchversuch sei in der Praxis in dieser Form aus finanziellen Gründen nicht durchführbar, da sich allein die Kosten für Ankauf und Einarbeiten des Torfes auf über 20 000 Fr./ha belaufen. Hiezu sind noch die Kosten für die Gründüngung, der Produktionsausfall im Jahr der Gründüngung und die Kosten für das Einbringen der Bodenabdeckung hinzuzurechnen. Dem steht aber entgegen, daß die Pflanzen schon nach zwei statt erst nach drei Jahren ausgeschult



Darstellung 1

Temperaturabhängigkeit der Wurzelatmung (gemessen als Sauerstoffaufnahme pro Gramm trockene Wurzelmasse pro Stunde) im Bereich 10 bis 30 °C

werden können, so daß der Produktionsausfall im Jahr der Gründüngung wegfällt. Außerdem haben diese Versuche ergeben, daß auf der mit Torf reichlich versehenen und grüngedüngten, aber ungemulchten Fläche ebenfalls ein hoher Prozentsatz der Fichten diese Symptome einer physiologischen Störung trug. Es kann daraus gefolgert werden, daß die günstige Wirkung hauptsächlich von der Bodenabdeckung ausgeht. Tastversuche mit reiner Bodenabdeckung (Laubstreue, Kehrichtkompost und dgl.) unterstützen diese Ansicht, die jedoch noch durch eingehendere und langfristigere Versuche zu überprüfen sein wird.

Es darf aber auch darauf hingewiesen werden, daß eine geeignete Bodenabdeckung den Boden locker und krümelig erhält (keine Verkrustung nach Gewittern und geringere oder keine Schwemmschäden), aber das Auflaufen von Samenunkräutern weitgehend verhindert (Wurzelunkräuter wie Quecke und dergleichen dürften dagegen eher gefördert werden). Wenn es daher gelingt, die Mulchtechnik zu rationalisieren, so wird sie zu einem gangbaren Weg werden, den Zeitaufwand für Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung auf einen Bruchteil zu reduzieren, wobei auch die Wurzelverletzungen durch die Bodenfräse dahinfallen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß diese Versuche zeigen, daß durch hohen Kalkgehalt des Bodens an Verschulfichten induzierter und durch Symptome (Nadelverfärbungen, verminderter Höhenzuwachs) sowie Nadelanalysen festgestellter Kalimangel durch eine Kombination Mineral- und Gründüngung mit Bodenabdeckung auf Würmmoräneböden besser bekämpft wird als durch eine reine, starke Mineraldüngung. Dabei offenbarte sich vor allem die Bodenabdeckung (Mulchung) als wirkungsvoll. Dieser günstige Einfluß ist in erster Linie auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- Die Bodenabdeckung verhindert weitgehend den ständigen Wechsel von Austrocknung und Wiederbefeuchtung des Bodens und wirkt humuserhaltend. Dies vermindert die kalifixierende Wirkung kalk- und illitreicher Böden.
- Die Bodenabdeckung dämpft Schwankungen von Bodentemperatur und -feuchtigkeit und schafft dadurch günstigere Lebensbedingungen für die Bodenmikroorganismen, deren Stoffwechselprodukte und humifizierende Tätigkeit die Kaliaufnahme durch die Wurzeln fördern. Außerdem werden übermäßige Substanzverluste durch eine starke Wurzelatmung bei hohen Temperaturen vermieden.

Durch weitere Versuche bleibt abzuklären, wieweit die ungenügende Kaliaufnahme durch Bodenabdeckung allein beseitigt werden kann, bzw. wie weit eine zusätzliche Grün- bzw. Mineraldüngung notwendig ist. Nachdem die bisherigen Versuche aber auch ergaben, daß eine geeignete Abdeckung des unkrautfreien Bodens den Aufwand für Bodenlockerung und Unkrautbekämpfung stark zu reduzieren vermag, scheint es angezeigt, die Bodenabdeckung durch Rationalisierungsmaßnahmen für die Praxis allgemein anwendbar zu machen.

Zum Schlusse möchte ich allen danken, die mich bei diesen Versuchen unterstützt haben, insbesondere Herrn Dr. J. Wehrmann, München, für die Nadelanalysen, Herrn E. Frehner für die Durchführung der praktischen Arbeiten und Herrn R. Keiser für die Mithilfe bei der Auswertung.

Résumé

Essais tentés pour empêcher la décoloration hivernale des aiguilles de l'extrémité des pousses de l'épicéa, en pépinière

La surabondance de calcaire et le manque de potassium (par retenue) provoquent la décoloration des aiguilles à l'extrémité des pousses de l'épicéa dans de nombreuses pépinières de repiquage de la Suisse orientale où le sol est très calcareux, neutre et argilo-morainique. C'est surtout en automne et en hiver que les aiguilles prennent une couleur jaunâtre à rougeâtre et tombent même souvent, laissant le bourgeon isolé au bout d'une extrémité de pousse dénudée. Des essais avec des engrais purement minéraux (jusqu'à 2000 kg/ha de $K_2SO_4 + M_gSO_4$) n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Comme il a été observé que les symptômes disparaissaient dès que les plantes repiquées formaient massif — avec, simultanément, le départ d'une croissance en hauteur normale —, on a tenté de combiner un engrais minéral avec l'engrais vert. Mais même cette combinaison n'a pas donné entièrement satisfaction, si ce n'est là où, en plus, le sol a été recouvert avec de la litière ou des matières semblables.

L'heureux effet du recouvrement du sol doit être attribué surtout aux facteurs suivants:

1° Le recouvrement contrarie la retenue du potassium par des minéraux argileux en empêchant dans une très forte mesure la fréquente alternance du déssèchement et de l'humectation du sol et en gardant la teneur en humus.

2° Il améliore le microclimat du sol et, par là, les conditions du développement édaphique, dont les produits et l'humification favorisent la susception du potassium par les racines.

3° Comme une baisse de la température du sol entrave plus fortement l'absorption des ions dans de faibles concentrations (K) que dans de hautes concentrations (Ca), on peut admettre que la plus haute température du sol recouvert, en automne, facilite l'absorption du potassium, et la hausse au dessus de ce qu'elle est en terrain nu et plus froid.

4° En été, la température plus basse du sol recouvert provoque une sensible réduction de la respiration des racines et réduit par là une perte de substance excessive.

Comme une adjonction onéreuse de tourbe et l'engrais vert ne donnent pas un résultat satisfaisant sans être combinés avec le recouvrement du sol, nous voulons examiner dans des essais ultérieurs jusqu'à quel point le seul recouvrement du sol avec de la litière, des composts, etc., améliore la disponibilité du potassium dans le sol. Si c'est le cas, et si le recouvrement du sol peut être réalisé en un temps

réduit, de grosses économies seraient alors possibles, ceci d'autant plus qu'un recouvrement approprié est capable de réduire fortement le coût de l'ameublissement du sol et de la lutte contre les mauvaises herbes.

Traduction : E. Badoux

Literaturverzeichnis

Flaig, W., und *Saalbach, E.,* 1959: Beziehungen zwischen Kalium, Wasser und Boden. Kali-Briefe (Bern), Fachgebiet 4, Folge 23

Iberg, R., 1954: Beitrag zur Kenntnis von Tonmineralien einiger schweizerischer Böden. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen 30 : 62—132

Ingestad, T., 1960: Some Notes on Magnesium Deficiency of Spruce in Forest Nurseries. Svenska Skogsvardsför. Tidskrift 1

Jackson, M. L., 1958: Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, 498 pp.

Keller, Th., 1965: Über den winterlichen Gaswechsel der Koniferen im schweizerischen Mittelland. Schweiz. Z. Forstwesen 116 : 719—729

Keller, Th., und *Wehrmann, J.,* 1963: CO_2-Assimilation, Wurzelatmung und Ertrag von Fichten- und Kiefernsämlingen bei unterschiedlicher Mineralstoffernährung. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen 39 : 217—242

Laatsch, W., 1957: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. 4. Aufl. Dresden-Leipzig, 280 pp.

Robertson, R. N., 1958: The Uptake of Minerals. Hdb. Pflz. physiol. IV : 243—279. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg

Schönnamsgruber, H., 1962: Kalimangelerscheinungen bei Kiefern in Holland. Allg. Forstz. 17 : 402—403

Surber, E., 1957: Über Technik und Organisation der Waldpflanzennachzucht. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen 33 (4), 97—123

Surber, E., Braun, R., und *Peter, E.,* 1959: Versuche zur Beschleunigung der Kompostbereitung. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen 35 (6), 415—436

Tamm, C. O., 1953: Some more Observations on the «Yellow Tip-Disease» of Spruce. Svenska Skogsvardsför. Tidskrift 4

Themlitz, R., 1958: Ein Beitrag zur Düngung in forstlichen Pflanzgärten. Beobachtungen zum Kalk-Kali-Antagonismus bei jungen Nadelholzpflanzen. Kali-Briefe (Hannover), Fachgebiet 6, 1. Folge, 11 pp.

Themlitz, R., 1963: Erfahrungen zum Nährstoffzustand von Böden und Pflanzen aus Forstpflanzenanzuchtstätten. Allg. Forst- und Jagdztg. 134 : 173—177

Viets, F. G., 1944: Calcium and other Polyvalent Cations as Accelerators of Ion Accumulation by Excised Barley Roots. Plant Physiol. 19 : 466—480

Voigt, H., 1957: Der Einfluß von Humus auf die Beweglichkeit des Kaliums bei verschiedenen Tonkolloiden. Kali-Briefe (Hannover), Fachgebiet 10, Folge 4

Wanner, H., 1948: Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme durch Pflanzenwurzeln. II. Die Temperaturkoeffizienten von Kationen- und Anionenaufnahme in Abhängigkeit von der Salzkonzentration. Ber. schweiz. bot. Ges. 58 : 383—390

York, E. T., Bradfield, R., und *Peech, M.,* 1953: Calcium-Potassium Interactions in Soils and Plants. Soil Sci. 76 : 379—387