

Ernährungszustand, Zuwachs und Insektenbefall in einer Kiefernkultur

*Näringstillstånd, tillväxt och insektsangrepp
i en tallkultur*

von

HUBERTUS H. EIDMANN und TORSTEN INGESTAD

SKOGSHÖGSKOLAN

STOCKHOLM

Ms mottaget 23 juli 1963

ESSELTE AKTIEBOLAG
STOCKHOLM 1963

313061

Ernährungszustand, Zuwachs und Insektenbefall in einer Kiefernkultur

In dem vorliegenden Aufsatz wird über zwei Düngungsversuche berichtet, die 1954/55 von T. Ingestad angelegt wurden. Ziel der Versuche war die Feststellung der Ursachen für den äusserst geringen Zuwachs und den schlechten Zustand der Bäume in einer Kiefernkultur (*Pinus silvestris*, L.) auf einem trockengelegten, kalkreichen Moor, Mästermyr auf Gotland. Der Aufsatz umfasst ausserdem eine von H. Eidmann ausgeführte Untersuchung über den Insektenbefall auf diesen Flächen, der im Jahre 1962 starke Schäden verursachte.

Carl Malmström wählte 1949 diese Kiefernkultur für einen Düngungsversuch aus, der auch 1950 angelegt wurde. Aus Malmströms Arbeiten geht hervor, dass eine Düngung mit den Mineralnährstoffen Phosphor und Kalium auf trockengelegten Moorböden in der Regel zuwachsstimulierend wirkt (6, 7). Ähnliche Ergebnisse hat Tamm veröffentlicht (10). Malmströms Versuche auf Mästermyr wurden durch Überschwemmungen zerstört, aber nachdem man 1952 begonnen hatte, den Hauptentwässerungskanal zu reinigen und zu vertiefen, bestanden Voraussetzungen für eine Wiederholung der Versuche.

Im Jahre 1954 wurde eine Serie Vorversuche mit Düngung von Stickstoff, Phosphor und Kalium angelegt. Weiterhin konnte auf Grund des ungewöhnlich hohen pH im Boden mangelnde Zugänglichkeit von Spurenelementen vermutet werden (vergl. 3). Daher wurden in den Vorversuchen Fe, B, Mn, Cu und Zn zugeführt, aber lediglich die Stickstoffdüngung gab einen Ausschlag durch Beeinflussung der Nadelfarbe. Dies bestätigte die Ergebnisse bereits früher ausgeführter Nadelanalysen (Tab. 1). Im Jahre 1955 wurde deshalb eine Versuchsserie angelegt, die u. a. die hier besprochenen Versuche mit Stickstoffdüngung und mit kombinierter Stickstoff- und Phosphordüngung umfasst.

Die Untersuchungen über den Insektenbefall wurden in Rahmen der Studien über das standort- oder bodenbedingte Auftreten von Schadinsekten ausgeführt. Zu dem schlechten Wachstum von Bäumen auf armem Boden kann auch Schädlingsbefall beitragen. Es ist oft beobachtet worden, dass Standorte mit schlechter Nährstoff- oder Wasserversorgung von manchen sogenannten primären Schädlingen stärker heimgesucht zu werden pflegen. Im vorliegenden Fall ist besonders an Wickler (z. B. *Evetria*-Arten) und an Blattwespen zu denken.



Abb. 1. Landschaft von Mästermyr mit vereinzelt Kiefernflug.
Myrvidden på Mästermyr med enstaka självföryngrade tallar.

Lokal und Untersuchungsmethoden

Mästermyr wurde in den Jahren 1902—1910 trockengelegt. Der Teil, auf dem die Versuchsflächen liegen, gehört zu einem sehr vegetationsarmen Gebiet. Eine Bodenvegetation fehlt praktisch, und nur vereinzelte Kiefern wachsen in dem Gebiet (Abb. 1). Der Boden besteht aus Weisserde (engl. lake marl) mit hohem pH (Tab. 2). Der

Tab. 1. Nährstoffgehalt in Nadeln von jungen Kiefertrieben, eingesammelt am 9.9. 1949 von Carl Malmström auf Mästermyr.

Näringshalter i årsbarr av tall insamlade på Mästermyr den 9.9 1949 av Carl Malmström

Herstammung der Proben Provkaraktäristik	Nährstoffgehalt, % des Trockengewichts Näringshalt, % av torrvikten				
	N	P	K	Ca	Mn
Wüchsige Kiefern Friska tallar	1,48	0,10	0,58	0,24	0,0018
Kümmernde Kiefern Sjuka tallar	0,82	0,09	0,62	0,30	0,0030
Besonders chlorotische Zweige Särskilt gula kvistar	0,67	0,08	0,72	0,28	0,0029

Tab. 2. Analysenergebnisse der Bodenproben von den Versuchsflächen. Mittelwerte und Variationsbreite.

Markanalysdata från försöksytorna. Medeltal och variationsbredd.

	N-Versuch N-försöket	N, P-Versuch N, P-försöket
pH.....	8,10 (7,9—8,2)	8,10 (7,8—8,4)
CaO (% der lufttrockenen Probe)..... (% av lufttorrt prov)	13,1 (9,2—16,1)	21,2 (19,3—22,9)
CaCO ₃ „	25 (17—33)	43 (40—46)
C _{org.} „	1,0 (0,5—1,4)	0,84 (0,3—1,4)
P _{Al}	1,7 (1,5—1,9)	1,9 (1,6—2,7)*
P _{HCl}	29 (20—35)	20 (19—20)*
K _{Al}	5,1 (3,4—6,5)	3,8 (3,0—5,3)
K _{HCl}	127 (75—160)	96 (65—150)

* Proben von den phosphorgedüngten Flächen nicht mitgenommen.
Prov från fosforgödslade ytor ej medtagna.

Grundwasserstand ist hoch; selbst in ausgesprochenen Trockenjahren tritt kaum Wassermangel auf. Anbauversuche haben ergeben, dass sich wirtschaftlicher Ackerbau hier schwer betreiben lässt und dass Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) eine der wenigen Pflanzenarten ist, die gedeihen (A. Lorensen, Visby; mündl. Mitt.).

In den Jahren 1925 und 1938 wurden Kiefern gepflanzt, die in der Folge ausserordentlich langsam wuchsen. Manche Pflanzen waren nicht einmal im Stande, dominierende Gipfeltriebe zu bilden, sondern kriechen am Boden. Im ganzen Gebiet zeigen die Kiefern starke Mangelercheinungen, die sich in gelben, kurzen Nadeln und im Abfallen der Nadeln in 1—1½ Jahren äussern. Diese Symptome stimmen mit denen überein, die schon früher als typisch für Stickstoffmangel angegeben worden sind (11).

In den beiden Versuchen, die hier besprochen werden, wurde die erste Stickstoff-Düngung im Frühjahr 1955 mit einer Gabe von 100 kg N/ha in Form von entweder Ammoniumsulfat oder Natriumnitrat ausgeführt. Diese Düngung wurde dann in jedem Frühjahr wiederholt. In einem der Versuche wurde ausserdem einmalig im Frühjahr 1954 100 kg Phosphor in Form von Thomasphosphat zugeführt. Diese Phosphordüngung wurde nicht wiederholt. Der betreffende Versuch umfasst die Behandlungen Stickstoff und Stickstoff mit Phosphor sowie eine ungedüngte Fläche. Der Stickstoff wurde in Form von Ammoniumsulfat gegeben, doch wurde zu Anfang des Versuches teilweise auch Natriumnitrat verwendet. Dieser Versuch wird im Folgenden „N,P-Versuch“ genannt. Der andere Versuch umfasst die Be-

Tab. 3. Anlage des Düngungsversuches auf Mästermyr.

Försöksplan för Mästermyr.

Versuchsbezeichnung Försöksbeteckning	Behandlung Behandling	Zufuhr von Düngemittel Gödslingsgivor	Anzahl Bäume Antal träd
N-Versuch N-försöket	Ungedüngt Ogödslat	—	30
	Natriumnitrat	100 kg N/ha jährlich ab 1955 100 kg N/ha, år f. o. m. 1955	28
	Ammoniumsulfat	»	24
N, P-Versuch N, P-försöket	Ungedüngt Ogödslat	—	30
	Ammoniumsulfat	100 kg N/ha jährlich ab 1955 100 kg N/ha, år f. o. m. 1955	37
	Thomasphosphat + Ammoniumsulfat	100 kg P/ha 1954 + 100 kg N/ha jährlich ab 1955 100 kg P/ha 1954 + 100 kg N/ha, år f. o. m. 1955	51

handlungen Ammoniumsulfat und Natriumnitrat sowie eine ungedüngte Fläche und wird im Folgenden „N-Versuch“ genannt. Einige Daten für die Versuche gehen aus der Tab. 3 hervor.

Jedes Jahr wurden zwischen September und Dezember Proben zur Nadelanalyse entnommen. Innerhalb jeder Fläche wurden von allen Bäumen gleich grosse Proben entnommen, nämlich ein bis zwei Triebe vom zweitobersten Astquirl jedes Baumes. Ausserdem wurde die Länge der Gipfeltriebe gemessen. Die Nadelanalysen wurden nach Standardmethoden ausgeführt (3, 4).

Ergebnisse der Düngung

Die Einwirkung der Düngung auf die Länge der Gipfeltriebe und auf den Gehalt einiger Nährstoffe in den Nadeln geht für den N-Versuch aus Abb. 2, für den N,P-Versuch aus Abb. 3 hervor. Aus Abb. 2 ist ersichtlich, dass die Stickstoffdüngung im N-Versuch von dem Jahre nach der ersten Stickstoffgabe an einen starken Einfluss auf die Länge der Gipfeltriebe hatte. Schon im Jahre der ersten Düngung stieg der Stickstoffgehalt in den Nadeln markant an. Entsprechende Verhältnisse wurden auch von anderen Autoren gefunden (vergl. 9). Der Gehalt an Phosphor wurde durch die Stickstoffdüngung kaum beeinflusst. Dies gilt auch für die Gehalte an Magnesium, Eisen und Mangan, die während der Dauer des Versuches zwischen 0,08 und 0,14, bzw. 0,004 und 0,007 sowie 0,001 und 0,004 Prozent des Trockengewichts variierten. Der Kalziumgehalt scheint nach der Düngung etwas ab-

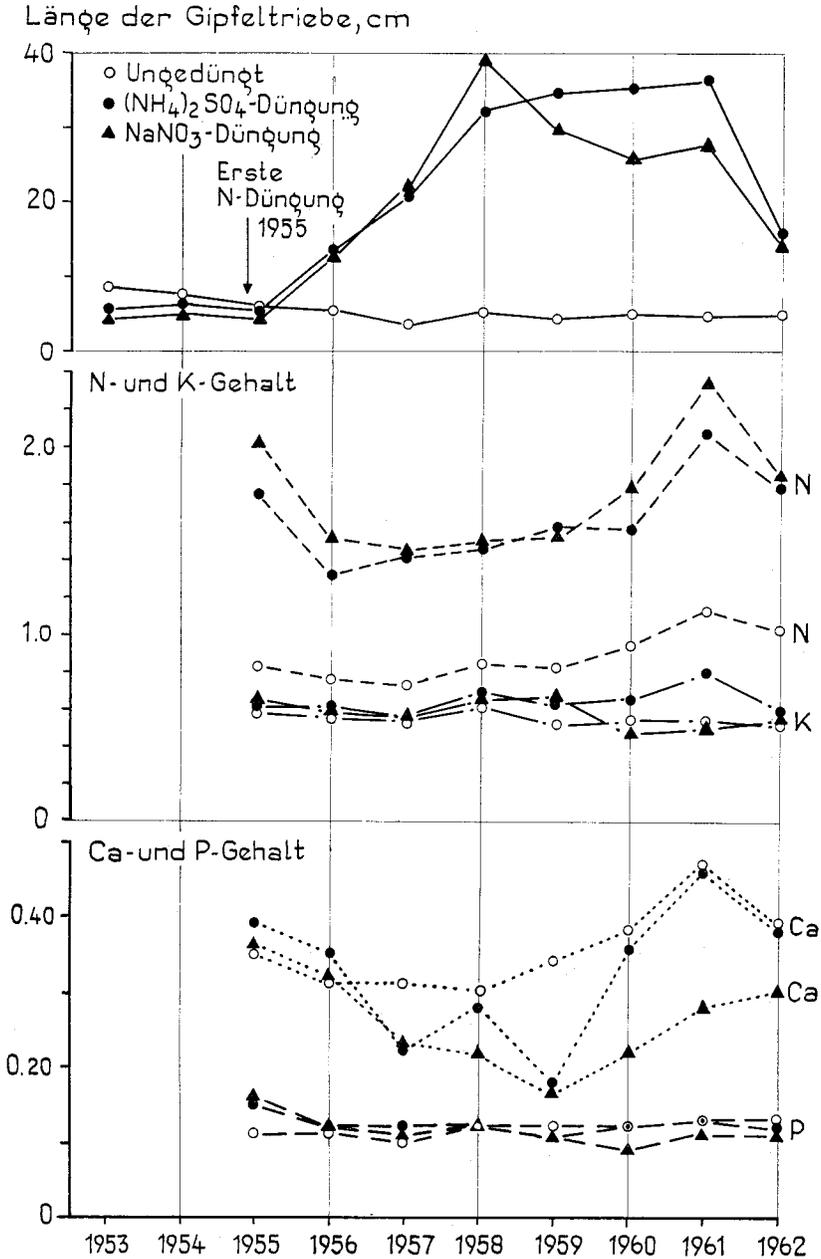


Abb. 2. N-Versuch: Durchschnittswerte für die Länge der Gipfeltriebe 1953—1962 sowie für die N-, K-, Ca- und P-Gehalte der Nadeln (in Prozent des Trockengewichts) von jungen Trieben 1955—1962.

N-försöket: Genomsnittvärden för toppskottlängden 1953—1962 samt för N-, K-, Ca- och P-halterna i årsbarren (procent av torrvikten) 1955—1962.

Länge der Gipfeltriebe, cm

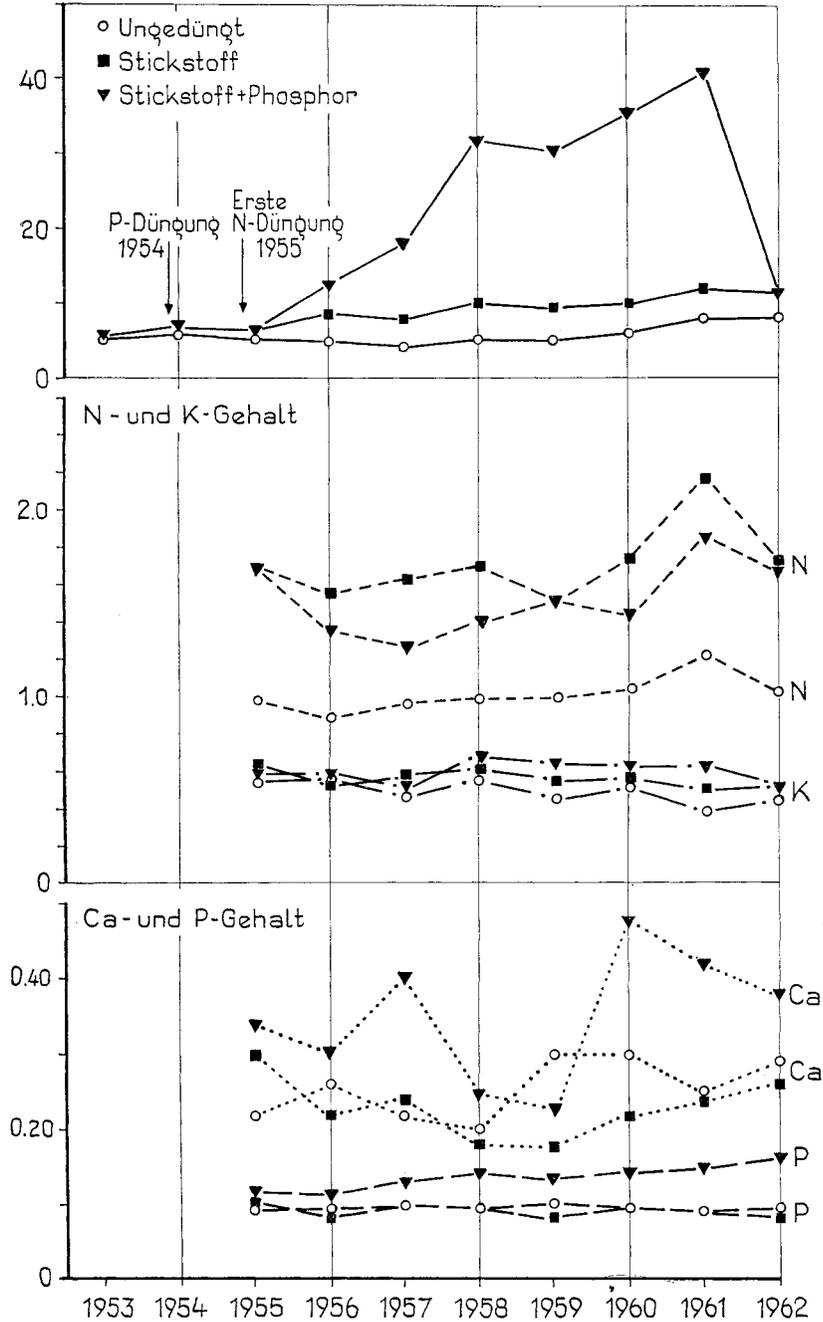


Abb. 3. N, P-Versuch: Durchschnittswerte für die Länge der Gipfeltriebe 1953—1962 sowie für die N-, K-, Ca- und P-Gehalte der Nadeln (in Prozent des Trockengewichts) von jungen Trieben 1955—1962.

N, P-försöket: Genomsnittvärden för toppskottslängden 1953—1962 samt för N-, K-, Ca- och P-halterna i årsbarren (procent av torrvikten) 1955—1962.

gesunken zu sein, besonders bei der Verwendung von Nitrat als Stickstoffquelle. Dagegen stieg der Kaliumgehalt etwas an.

Im N,P-Versuch (Abb. 3) hat die Stickstoffdüngung allein nicht solch markante Zuwachssteigerung wie in dem N-Versuch hervorgerufen, obwohl der Stickstoffgehalt ungefähr auf gleiche Weise wie in diesem Versuch angestiegen ist. Dagegen führte eine kombinierte Stickstoff- und Phosphordüngung zu einer Zuwachssteigerung in etwa der gleichen Grössenordnung wie die Stickstoffdüngung im N-Versuch. Die Nadelanalysen ergaben auch, dass der Phosphorgehalt im N,P-Versuch ohne Phosphordüngung auf einem niedrigeren Niveau als im N-Versuch liegt und dass die Phosphordüngung zu erhöhtem Phosphorgehalt führte. Bei der Zufuhr von sowohl Stickstoff als auch Phosphor stieg der Stickstoffgehalt in den Nadeln weniger als bei Zufuhr von Stickstoff allein. Entsprechend den Verhältnissen im N-Versuch haben die Düngungen im N,P-Versuch die Gehalte an Magnesium, Eisen und Mangan nicht nennenswert beeinflusst, während der Kaliumgehalt schwach erhöht wurde. Sie liegen im grossen Ganzen in beiden Versuchen auf dem gleichen Niveau. Der Kalziumgehalt ist im N,P-Versuch am höchsten nach der gemeinsamen Zufuhr von Stickstoff und Phosphor.

Der Insektenbefall

Wie aus den Diagrammen über den Längenzuwachs in den Jahren 1955—1962 hervorgeht (Abb. 2, 3), war das Triebwachstum auf den gedüngten Flächen bis 1961 offenbar nicht in grösserem Masse durch Schädlingsbefall gehemmt. Im Vorsommer 1961 wurden die Bäume auf den Versuchsflächen und auf dem angrenzenden Gebiet untersucht. Schäden durch Insekten spielten eine sehr geringe Rolle. An Schädlingsarten wurden besonders vermerkt *Evetria (Petrova) resinella* L., *Cacoecia (Archips) piceana* L. und *Pineus pini* L. sowie Cinarinen, doch traten alle Arten sehr schwach bis mässig auf.

Später im Jahr und im folgenden Jahre waren die Verhältnisse jedoch günstiger für die Insekten. Nicht nur hier, sondern an vielen Stellen auf Gotland wurde 1962 stärkeres Vorkommen von Schadinsekten, insbesondere von *Evetria (Rhyacionia) buoliana* Den. & Schiff. festgestellt. Leider konnten die Schäden auf Mästermyr erst im Spätherbst besichtigt werden. Mehr oder weniger häufiger Befall von folgenden Arten wurde gefunden: *Pineus pini* L., *Brachyderes incanus* L., *Pissodes validirostris* Gyll., *Blastophagus piniperda* L., *Diprion* sp. (*sertifer* und/oder andere Art), *Cacoecia piceana* L., *Evetria resinella* L., *E. duplana* Hbn., eine oder mehrere Arten des *turionana*-Komplexes

(*E. turionana* Hbn., *posticana* Zett., *pinivorana* Zell.), vor allem aber *E. buoliana*.

Hinsichtlich der Frage, inwieweit *E. buoliana* durch *E. pinicolana* Dbld. vertreten bzw. mit ihr verwechselt wird, ist hier Folgendes zu erwähnen: Alle Imagines aus im Sommer 1962 auf Gotland eingesammelten Raupen, die ein entsprechendes Befallsbild an Kieferntrieben verursachten, wurden mit Hilfe von Genitalpräparation als zu *buoliana* gehörend bestimmt.



Abb. 4. Krone einer stark von *E. buoliana* befallenen Kiefer im N, P-Versuch.
Krona av en tall i N, P-försöket, som starkt angripits av *E. buoliana*.

E. buoliana verursachte bei weitem die stärksten Schäden, und zwar an wüchsigen Bäumen (Abb. 4, 5). Schon von weitem fiel das gestutzte und büstenartige Aussehen der Triebe in der oberen Kronenregion auf. Eine nähere Untersuchung der Schäden ergab, dass jeweils zwei oder mehr Triebknospen 2. Ordnung abgetötet und nicht ausgetrieben waren. Andere Seitentriebe und der leitende Trieb (1. Ordnung) hatten meist ausgeschlagen, waren aber mehr oder weniger verstümmelt und wiesen oft deutliche Furchung auf (Abb. 5). Vor allem der Trieb 1. Ordnung war in der Regel verstümmelt oder fehlte, seine Rolle wurde von einem oder mehreren, oft selbst beschädigten Trieben 2.

Ordnung übernommen. Die Bildung von mehreren schwachen Johannistrieben an den beschädigten Triebenden war allgemein (Abb. 5). Der Gipfeltrieb war fast immer befallen, dazu meist die Triebe des obersten Astquirls, und danach vorwiegend Triebe in exponierten Lagen der oberen Krone. Der starke Rückgang des Längenwachstums, wie er aus den Abb. 2 und 3 hervorgeht, ist praktisch allein durch den Insektenbefall verursacht. Die schwerwiegenden

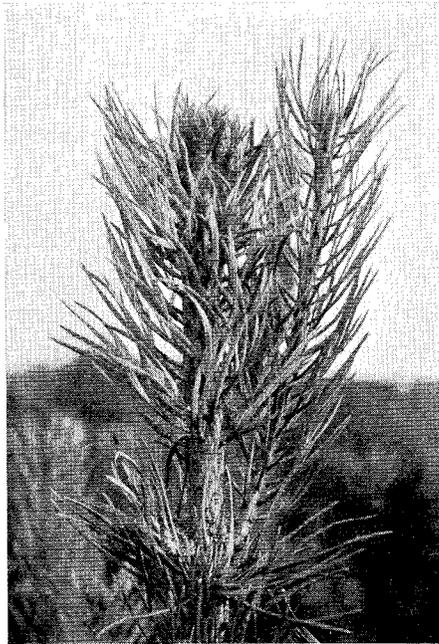


Abb. 5. Gipfeltrieb einer Kiefer im N,P-Versuch mit Wicklerbefall.
Toppskott av tall i N, P-försöket med vecklarangrepp.

Schäden für die einzelnen Bäume wie für den Bestand bestehen in dem Verlust der wertvollsten Triebe und nachfolgender schlechter Stammform.

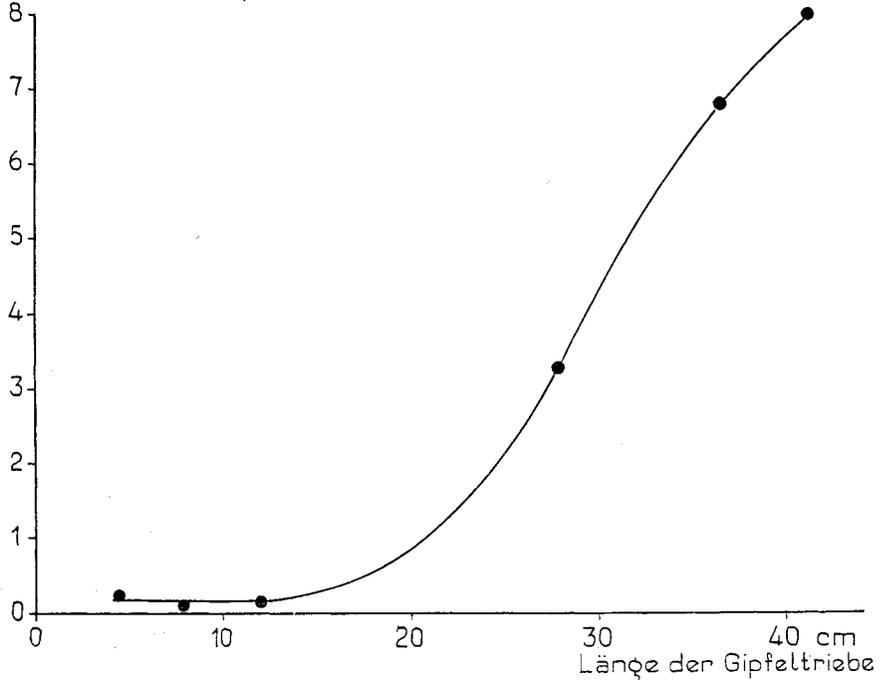
Einige wichtigere Ergebnisse der Untersuchungen über den Schädlingsbefall sind aus Tab. 4 und Abb. 6 ersichtlich. Es ist völlig eindeutig, dass die kräftig wachsenden Bäume stark geschädigt waren, während an den kümmernden oder schlecht wachsenden Bäumen nur unbedeutender Befall auftrat. Ebenso deutlich sind die Verluste der Gipfeltriebe durch Wicklerfrass auf den Flächen mit wüchsigen Pflanzen.

Tab. 4. Durchschnittswerte für die Länge der Gipfeltriebe im Herbst 1961 sowie für die Schäden von *Evetria buoliana* und *Blastophagus piniperda* an Trieben I. Ordnung des Jahres 1962 auf den verschiedenen Versuchsflächen des Düngungsversuches Mästermyr.

Genomsnittsvärden för toppskottslängden på hösten 1961 och för skador genom *Evetria buoliana* och *Blastophagus piniperda* på första ordningens skott år 1962 i gödslingsförsöken på Mästermyr.

Versuchsbezeichnung Försöksbeteckning	Behandlung Behandling	Trieblänge cm Skottlängd	Triebe geschädigt durch Skott skadade av		
			E. buoliana		B. piniperda
			Gipfeltriebe % Toppskott	Anzahl Triebe/Baum Antal skott/träd	Anzahl Triebe/Baum Antal skott/träd
N-versuch N-försöket	Ungedüngt Ogödslat	4,4	≤ 7	≤ 0,23	0,10
	NO ₃	27,8	71	3,29	0,18
	NH ₄	36,4	88	6,80	0,29
N, P-Versuch N, P-försöket	Ungedüngt Ogödslat	7,9	3	0,10	0,10
	N	12,0	3	0,16	0,30
	N, P	41,1	92	8,00	0,08

Befallene Triebe / Baum



Tab. 5. Mittlere Länge der Gipfeltriebe 1961 bei Bäumen verschiedener Höhe sowie mittlere Anzahl der 1962 durch *E. buoliana* geschädigten Triebe 1. Ordnung pro Baum bei verschiedenen Baumhöhen und Gipfeltrieblängen. (N, P-Düngungsfläche: 51 Bäume mit 408 geschädigten Trieben 1. 0.)

Medeltal för toppskottslängd 1962 hos träd med olika höjd samt medeltal för första ordningens skott 1962, som per träd skadats genom *E. buoliana*, hos träd med olika höjd och olika toppskottslängd. (N, P-gödsblad yta: 51 träd med 408 skadade skott 1:a o.).

Baumhöhe Herbst 1961 cm Trädhöjd hösten 1961	Länge Gipfeltr. cm Längd toppskott	Anz. gesch. Triebe/Baum Antal skadade Skott/träd	Länge Gipfeltr. cm Längd toppskott	Anz. gesch. Triebe/Baum Antal skadade skott/träd
151—180	28	2,0	25—27	1,0
181—210	—	—	28—30	6,3
211—240	—	—	31—33	6,4
241—270	36	5,0	34—36	8,0
271—300	41	7,0	37—39	11,0
301—330	41	9,0	40—42	7,9
331—360	45	9,3	43—45	8,1
361—390	42	8,9	46—48	8,0
391—420	45	9,8	49—51	9,5
421—450	36	6,0	52—54	—
			55—57	11,0

Da der Befall sich auf exponierte Triebe in der oberen Kronenregion konzentrierte, waren die Schäden an niedrigeren Bäumen in den wüchsigen Beständen im Durchschnitt geringer, und Bäume mit kürzeren Gipfeltrieben 1961 hatten geringere Schäden (s. Tab. 5). Es besteht eine gewisse Korrelation zwischen Länge der Gipfeltriebe und Baumhöhe. Die Ursache für die schwächeren Schäden an Bäumen mit kürzeren Trieben braucht daher nicht die Triebenlänge an sich zu sein. Wenn höhere bzw. kräftigere Bäume mehr Schäden als Folge bevorzugten Befalls oder geringerer Mortalität aufweisen, so muss sich dies auch im Verhältnis von Schadfrequenz zu Trieb länge ausdrücken.

Gleichmässiger verteilt waren die von einer der anderen, häufiger vorkommenden Schädlingarten, *B. piniperda*, verursachten Triebschäden. Hier lässt sich eine Tendenz zur Bevorzugung bestimmter Versuchsflächen nicht nachweisen. Interessant ist bei dieser Art aber die starke Reaktion der kräftig wachsenden Bäume auf den Befall, die nicht selten ein Misslingen des Frasses zur Folge hat; auch überleben die Triebe, die oft fast gallenartig anschwellen, in vielen Fällen den Befall.

Frischer Knospenbefall der *buoliana*-Generation 1962/63 war weniger häufig. Ausserdem wurde im Winter starke Parasitierung fest-

Abb. 6. Länge der Gipfeltriebe 1961 und Anzahl der von *E. buoliana* befallenen Triebe pro Baum. Durchschnittswerte für die einzelnen Versuchsflächen. Genomsnittsvärden för toppskottslängd 1961 och antalet av *E. buoliana* angräpnade skott.

gestellt. Im Frühsommer 1963 kamen neue Schäden von *E. buoliana* auf den Versuchsflächen und in ihrer näheren Umgebung praktisch nicht vor. Auch andere Arten traten nicht merkwürdig auf. Lediglich Befall von *Evetria resinella* und Triebfrass von *Blastophagus piniperda* wurde häufiger festgestellt.

Diskussion

Ernährungszustand und Zuwachs. Aus den Ergebnissen geht deutlich hervor, dass der Zuwachsbegrenzende Faktor im Versuchsgebiet in erster Linie Stickstoff ist. Aber auch der Zugang zu Phosphor ist in bestimmten Teilen so gering, dass Stickstoffdüngung allein keine grössere Zuwachssteigerung bewirken kann (Abb. 3). Ein Studium der Werte von den Nadelanalysen zeigt weiterhin, dass der Stickstoffgehalt auf den ungedüngten Flächen ausserordentlich niedrig ist und für 1957 auf der unbehandelten Fläche des N-Versuches nicht mehr als 0,73 Prozent beträgt (Abb. 2). Der Stickstoffgehalt nähert sich also dem in Hydrokulturen bestimmten Minimumgehalt (4) und unterschreitet wesentlich die niedrigsten Gehalte, die Tamm auf einem mageren Sandboden mit festgestelltem Stickstoffmangel fand (9). Die niedrigsten Werte in Nadeln des jüngsten Triebabschnittes, die Tamm mitteilt (9, Anhang II), beziehen sich gerade auf die besprochene Kiefernkultur von Mästermyr (s. Tab. 1).

Die Stickstoffdüngung bewirkte einen Anstieg des Stickstoffgehaltes in den Nadeln auf 1,5—2 Prozent; in einigen wenigen Ausnahmefällen lag der Gehalt höher oder niedriger (Abb. 2, 3). Diese Zunahme des Stickstoffgehaltes entspricht dem steilsten Teil der zugehörigen Zuwachskurve (vergl. 4, 9). Andererseits hat der Stickstoffgehalt trotz der jährlichen N-Zufuhr nicht das optimale Niveau erreicht ausser möglicherweise im Jahre 1961 (2,4—3,0 % in Hydrokulturen, 4; 2,0—2,5 % nach Tamm, 9).

Der Phosphorgehalt liegt innerhalb des N-Versuches im allgemeinen zwischen 0,10 und 0,14 Prozent; er ist also niedrig, aber nicht extrem niedrig. In Hydrokulturen entsprach dieses Niveau einem Zuwachs von etwa 70—85 Prozent des Maximum. Auf den nicht mit Phosphor gedüngten Flächen des N,P-Versuches liegt dagegen der Phosphorgehalt in der Regel unter 0,10 Prozent. Bei diesem Niveau bedeutet jede Erhöhung des Phosphorgehaltes einen steilen Anstieg des Zuwachses. Hier hatte die Phosphordüngung einen allmählichen Anstieg des Phosphorgehaltes auf 0,15 Prozent und mehr zur Folge (Abb. 3), d. h. das in Hydrokulturen bestimmte optimale Niveau wurde erreicht. Der Unterschied zwischen den beiden Versuchen hinsichtlich der

Phosphorzugänglichkeit und seiner Konzentration in den Nadeln scheint demnach entscheidend für die Unterschiede in den Ergebnissen der Stickstoffdüngung zu sein. Es ist nicht ausgeschlossen, dass auch im N-Versuch eine weitere Zuwachssteigerung durch Zufuhr von Phosphor bewirkt werden könnte. Der Grenzwert für Phosphormangel von 0,10 Prozent P stimmt jedoch mit dem von Tamm (9) angegebenen Wert überein.

Die Untersuchung hat ergeben, dass es sich bei dem betreffenden Teil von Mästermyr um ein in verschiedener Hinsicht extremes Lokal handelt. Auf bestimmten Flächen ist die Stickstoffversorgung der vorherrschende Zuwachsfaktor, und es liegt ein derart ausgesprochener Mangel vor, dass ein Zuwachs fast fehlt. Auf anderen Flächen herrschen die seltener auftretenden Verhältnisse, dass gleichzeitig starker Mangel von sowohl Stickstoff als auch Phosphor besteht.

Der Kaliumgehalt war zeitweise gering (etwa 0,4 %, Abb. 2, 3), aber in der Regel lag er zwischen 0,5 und 0,7 Prozent, was in Hydrokulturen einem Zuwachs von 55—75 Prozent des Maximum entsprach. Es ist daher möglich, dass auch Kaliumdüngung auf Flächen, die bereits mit Stickstoff und Phosphor gedüngt sind, erhöhten Zuwachs bewirken kann.

Von Interesse ist die Feststellung, dass der hohe Kalkgehalt des Bodens und der hohe pH (Tab. 2) keine wichtigere Rolle spielen, sondern eine solch starke Zuwachssteigerung zulassen, wie sie allein durch Stickstoffdüngung im N-Versuch erreicht wurde. Es überrascht auch, dass der Kalziumgehalt in den Nadeln keine höheren Werte als gegen 0,5 Prozent aufweist und sich in der Regel auf den ungedüngten Flächen zwischen 0,3 und 0,4 (N-Versuch) bzw. zwischen 0,2 und 0,3 Prozent (N,P-Versuch) hält. Dies stimmt gut mit der bei Hydrokulturen gemachten Feststellung überein, dass die grosse Kalziumtoleranz der Kiefer hauptsächlich darauf beruht, dass eine erhöhte Ca-Konzentration in der Nährstofflösung nicht mit einer entsprechend grossen Ca-Aufnahme beantwortet wird (4). Der hohe pH des Bodens scheint nicht im gleichen Grad eine schlechte Manganversorgung zu bedeuten, wie es bei dem früher veröffentlichten Versuch von dem nahegelegenen Levide der Fall war (3). Die Gehalte an Mangan sind jedoch nicht hoch, und 1957 wurde der niedrige Wert von 0,0009 Prozent Mangan in den Nadeln junger Triebe von sowohl stickstoff- als auch phosphorgedüngten Flächen festgestellt. Deshalb lässt sich denken, dass die durch Stickstoff- und Phosphordüngung gesteigerte Zuwachsgeschwindigkeit allmählich eine unzureichende Manganversorgung zur Folge haben kann.

Trotz der extremen Bodenverhältnisse bestätigen die Ergebnisse sehr gut die Werte im Nährstoffgehalt der Nadeln, die in Kulturversuchen (4) oder anderen Feldversuchen (9) einem für den Zuwachs entscheidenden Mangel entsprachen. Für genauere Daten über das Verhältnis Gehalt/Zuwachs bedarf es jedoch differenzierterer Versuche als die bisher ausgeführten.

Insektenbefall. Auf Mästermyr liegt im Gegensatz zu vielen anderen Beobachtungen ein Fall vor, in dem die gedüngten Flächen mit wüchsigen Bäumen stärkere Insektenschäden aufweisen als schwache und kümmernde Pflanzen. Bei Kiefern auf Sandboden ist gerade für *E. buoliana* festgestellt worden, dass Düngung zu vermindertem Befall führen kann (8). Diese beiden Befunde widersprechen einander jedoch nur scheinbar.

Schon rein theoretisch gesehen braucht eine Düngung nicht stets Abnahme des Schädlingsbefalls zur Folge zu haben. Auch für die sogenannten primären Schädlinge gibt es einen optimalen Zustand der Wirtspflanze. Je nach Art und Stadium verschieden kann dieser für die Tiere günstigste Zustand ein breiteres Spektrum von Pflanzen umfassen oder eng begrenzt sein. Die Amplitude des Befalls ragt aber oft weit über das Optimum hinaus und kann von kräftig wachsenden bis zu kümmernden oder geschädigten Bäumen reichen (vergl. 1, 5) Wenn ein Schädling nicht an kümmernden, sondern an besser wachsenden Bäumen die günstigsten Verhältnisse findet, so kann eine Düngung u. U. dem Befall Vorschub leisten.

So verhält es sich offenbar in dem vorliegenden Falle. Bei dem extremen Nährstoffmangel befinden sich die Bäume an der unteren Grenze des Erträglichen. Der Schädlingsbefall ist hier wesentlich geringer als auf anderen, besser wachsenden Kulturen auf Gotland. Die kümmernden Pflanzen bieten *E. buoliana* und anderen Arten sehr ungünstige Lebensbedingungen. An den kräftigeren, gedüngten Bäumen sind die Voraussetzungen für die Tiere besser, und deshalb treten an ihnen stärkere Schäden auf. Andererseits gedeiht anscheinend *E. buoliana* am besten nicht in wüchsigen Kulturen auf guten Standorten, sondern an Kiefern auf schlechteren Böden. Wenn der für die Wickler günstige Zustand solcher Pflanzen durch Düngung verändert wird, so kann der Befall zurückgehen (8). Kräftiges Wachstum und Kümmeren sind also die beiden Extreme, zwischen denen das Optimum für *E. buoliana* liegt. Es ist nach Abb. 6 nicht sehr wahrscheinlich, aber durchaus möglich, dass die kräftig wachsenden Bäume auf den Düngungsflächen schon den für die Tiere optimalen Zustand über-

schritten hatten, doch waren sie jedenfalls geeigneter als die kümmernden Pflanzen.

Die Beziehungen zwischen Boden und Insekten sind äusserst komplex. Durch Düngung verursachte Veränderungen können die Schädlinge auch auf andere Weise als über den physiologischen Zustand der Pflanze beeinflussen (vergl. 1). Folgende Wege für die Einwirkung der Düngung auf den Schädlingsbefall lassen sich denken:

Veränderungen in der Biozönose beeinflussen die Schädlingsvermehrung.

Düngemittel bzw. Pflanzennährstoffe, die von der Pflanze weitergegeben oder direkt aufgenommen werden, greifen in den Stoffwechsel der Insekten ein.

Bei Veränderung des Zustandes der Pflanzen erfolgt:

- stärkere oder geringere Anlockung von Schädlingen, mehr oder weniger Sterblichkeit durch veränderten Widerstand in Trieben und Nadeln, durch Harz und Saftfluss.
- gesteigerte bzw. verminderte Produktion von toxischen Substanzen, beeinflusst die Schädlinge direkt oder z. B. auf dem Umweg über pathogene Organismen.
- Veränderung der Nährstoffzusammensetzung (z. B. Eiweissanteil) in der Nahrung der Insekten; dies kann günstig oder ungünstig wirken.

Nur in seltenen Fällen dürfte ein Faktor allein verantwortlich für die Wirkung der Düngung auf die Schädlinge sein.

Die eigentlichen Ursachen der starken Schäden an den kräftig wachsenden Bäumen auf Mästermyr sind nicht bekannt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass befruchtete *buoliana*-Weibchen bevorzugt solche Bäume zur Eiablage aufsuchten. Auch Weibchen von der weiteren Umgebung können die gedüngten Bestände, die die besten auf diesem Teil von Mästermyr sind, anfliegen (s. 2). Es liesse sich weiterhin denken, dass die Sterblichkeit von jungen Raupen an den schwachen Bäumen wesentlich höher ist. Eine auf die guten Parzellen eng begrenzte Übervermehrung infolge günstigerer Nährstoffzusammensetzung im Futter der Raupen früherer Generationen kann schon im Hinblick auf den Überflug von Weibchen und das Fehlen nennenswerter Schäden in den vorhergehenden Jahren kaum in Betracht kommen. Eine direkte Wirkung der Pflanzennährstoffe auf die Insekten in Form von Stoffwechselstörungen lässt sich nicht nachweisen. Trotz des reichen Kalziumangebotes im Boden (Tab. 2) hält sich der Kalziumgehalt der Pflanzen in normalen, niedrigen Grenzen (Abb.

2, 3). Der stark erhöhte Stickstoffgehalt der gedüngten Bäume und der Anstieg des Phosphorgehaltes nach Phosphordüngung beeinträchtigt die Tiere nicht derart, dass stärkere Schäden ausbleiben.

Zusammenfassung

Es wird über zwei Düngungsversuche berichtet, die in der Absicht angelegt worden waren, die Ursachen des geringen Zuwachses und des schlechten Zustandes der Kiefern in einer Kultur auf kalkreichem, trockengelegtem Moorboden auf Gotland zu studieren. Aus den Versuchen geht hervor, dass auf einem Teil der Flächen ein stark ausgeprägter Stickstoffmangel die Hauptursache ist, während auf anderen Flächen zusammen mit dem Stickstoffmangel auch starker Phosphormangel herrscht.

Eine Untersuchung über die Insektenschäden in dem Versuchsgebiet ergab, dass die schlecht wachsenden Kiefern nur wenig von Schädlingen befallen waren. Dagegen traten im Jahre 1962 an den wüchsigen, gedüngten Bäumen starke Schäden auf, die hauptsächlich durch *Evetria (Rhyacionia) buoliana* Den. & Schiff. verursacht wurden.

Die Verfasser möchten Herrn Bezirksforstmeister S. Englund und Herrn Aufseher T. Siltberg auch an dieser Stelle ihren Dank für Rat und Hilfe bei den Feldarbeiten aussprechen. Fräulein B. Kjellberg, Frau S. Santesson und Frau B. Sigeman sind sie für technische und chemisch-analytische Arbeiten, Herrn B. Ehnström für wertvolle Hilfe bei den Schädlingsuntersuchungen zu Dank verpflichtet.

LITERATUR

1. Eidmann, H. H.: Über die Beziehungen zwischen Boden und Forstinsekten. — Anz. Schädlingkunde 36. 1963. (Im Druck.)
2. Green, G. W., und Pointing, P. J.: Flight and dispersal of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.). II. Natural dispersion of egg-laden females. — Can. Ent. 94: 299—314. 1962.
3. Ingestad, T.: Studies on manganese deficiency in a forest stand. — Medd. Stat. Skogsf. Inst. 48(4): 1—20. 1958.
4. — Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions. — Medd. Stat. Skogsf. Inst. 51(7): 1—150. 1962.
5. Kangas, E.: Über die Objektwahl des Schadenurhebers bei einigen Waldschäden. — Ann. ent. Fennici 16: 145—177. 1950.
6. Malmström, C.: Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkens skogsproduktiva förmåga. — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 28: 571—650. 1935.
7. — Svenska gödslingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40: 1—27. 1952.
8. Merker, E., und Büttner, H.: Die Wirkung von Mülldünger auf den Befall von Kiefernknospentriebwicklern. — Allg. Forstz. 14: 792. 1959.
9. Tamm, C. O.: Studier över skogens näringsförhållanden. III. Försök med tillförsel av växtnäringsämnen till ett skogsbestånd på mager sandmark. — Medd. Stat. Skogsf. Inst. 46(3): 1—84. 1956.
10. — Studier över skogens näringsförhållanden. IV. Effekten av kalium- och fosfortillförsel till ett oväxligt bestånd på dikad myr. — Medd. Stat. Skogsf. Inst. 46(7): 1—27. 1956.
11. — und Ingestad, T.: Symptom på näringsbrist hos skogsträd. — Bristsjukdomar, GKS, Stockholm. 136—140. 1959.

Sammanfattning

Näringstillstånd, tillväxt och insektsangrepp i en tallkultur

I denna uppsats redovisas två gödslingsförsök, som utlagts 1954—1955 med syfte att fastställa orsakerna till den mycket dåliga tillväxten i en tallkultur på Mästermyr, Gotland. Uppsatsen omfattar dessutom en undersökning över insektsangrepp, som år 1962 förorsakade stora skador i försöket. Ett tidigare gödslingsförsök i denna tallkultur, som tillkommit på initiativ av Carl Malmström år 1950, spolierades av översvämningar.

Tidigare analysresultat av tallbarr från detta område (Tab. 1) visar, att kvävehalten är extremt låg och preliminära försök utlagda 1954 bekräftade, att kvävebrist sannolikt var orsaken till trädens dåliga kondition. År 1955 startades därför de två gödslingsförsök, som här redovisas; ett (»N-försök»), som omfattar årliga gödslingar med 100 kg N per ha antingen som ammon-sulfat eller natriumnitrat, samt ett (»N, P-försök»), vari ingår två ytor, som årligen gödslas med ammon-sulfat (100 kg N per ha) och varav den ena gödslades med thomasfosfat (100 kg P per ha) år 1954 utan senare upprepning. Några data om försöken framgår av Tab. 3.

Mästermyr dikades 1902—1910 och den aktuella delen består, med undantag för de planterade tallarna, av ett mycket vegetationsfattigt område (Fig. 1). Marken utgöres av kalkbleke med högt pH (Tab. 2). År 1925 och 1938 planterades tall, som sedan vuxit utomordentligt långsamt. Några planter har icke ens kunnat utveckla dominerande toppskott, utan kryper längs marken. Inom hela området uppvisar barren starka bristsymptom; barren är korta och gula och faller av inom 1—1½ år. Dessa symptom överensstämmer med de, som tidigare beskrivits som typiska för kvävebrist (11).

Varje år har under september—december prov tagits för kemisk analys av barren. Inom varje yta har lika stora prov tagits från varje träd. Trädhöjden har bestämts under vintern 1962/63 och på N-försöket dessutom hösten 1954 (Tab. 3).

Gödslingsförsöket. Gödslingarnas inverkan på toppskottslängden och barrenhalt av några näringsämnen framgår av Fig. 1 för N-försöket och av Fig. 2 för N, P-försöket. I Fig. 3 har dessutom trädens höjd i de två försöken återgivits grafiskt. Det framgår av Fig. 1, att kvävegödslingen i N-försöket lett till ökad kvävehalt i barren redan samma år, som den första givan gavs, under det att toppskottslängden ökat först året därpå. Fosforhalten har föga påverkats av kvävegödslingen. Kalciumhalten har sjunkit något, särskilt då nitrat använts som kvävekälla, medan kaliumhalten stigit något.

I N, P-försöket har kvävegödslingen ensam icke framkallat en så markant tillväxtstegring som i N-försöket, trots att kvävehalten i barren påverkats på ungefär samma sätt (Fig. 2). Däremot ledde kombinerad kväve- och fosforgödsling till ungefär lika stor tillväxtökning som kvävegödslingen ensam i N-försöket. Barranalysen visar också, att fosforhalten i N, P-försöket ligger på en lägre nivå och att fosforgödslingen lett till ökad fosforhalt i barren. Vid tillförsel av såväl fosfor som kväve ökar kvävehalten mindre än om endast kväve givits. Kaliumhalten har ökat något på de gödslade

ytorna och kalciumhalten är högst vid samtidig gödsling med kväve och fosfor.

Resultaten visar sålunda, att kväve i första hand utgör den tillväxtbe-gränsande faktorn inom området. Inom vissa delar är fosfortillgängligheten också så liten, att fosfortillförsel krävs för att kvävegödsling skall ge en klar tillväxtökning. Barranalysen tyder också på att kväve ensamt eller kväve och fosfor ligger på bristnivå (jfr 4, 9).

Det är av intresse att notera, att markens höga pH och halt av kalk icke betytt mera än att tillförsel av kväve eller kväve och fosfor kunnat ge en mycket god tillväxt och detta trots trädens dåliga kondition. Det är också överraskande, att kalciumhalten i barren vanligen ligger så lågt som mellan 0,2 och 0,4 procent av torrvikten. Detta förhållande överensstämmer väl med resultat av näringslösningförsök (4), som visar att tallens stora kalciumtolerans i huvudsak beror på att en ökad kalciumkoncentration i rotmediet icke motsvaras av en i lika hög grad ökad kalciumupptagning.

Det bör också framhållas, att barranalysresultaten bekräftar den utvärdering av bristnivåer, som tidigare gjorts i kulturförsök (4) och andra fältförsök (9), trots de extrema markförhållandena på Mästermyr.

Insektsundersökningen. Vid en undersökning av insektsangreppen på träden i försöksområdet på försommaren 1961 konstaterades endast få skador. Detta framgår också av längdtillväxten detta år på de gödslade ytorna (Fig. 1, 2). Senare inträdde emellertid för insekterna gynnsammare förhållanden och 1962 fastställdes här, liksom på flera andra lokaler på Gotland, ökad frekvens av skadeinsekter, av vilka *Evetria (Rhyacionia) buoliana* Den. & Schiff. förorsakade de starkaste skadorna på försöksträden. Dessa skador uppträdde huvudsakligen på gödslade och kraftigt växande träd (Fig. 4). På de angripna kvistarna hade knopparna till två eller flera sidoskott förstörts, andra sidoskott och framför allt det ledande skottet på grenarna var som regel mer eller mindre starkt skadade och förkortade. De skadade skottens spets hade i allmänhet flera svaga midsommarskott (Fig. 5). Som framgår av Tab. 4 utsattes särskilt de kraftigt växande trädens toppskott för angreppet, och detta är den främsta orsaken till den tillbakagång i toppskottslängden år 1962, som visas i Fig. 2 och 3. I första hand var kvistarna i översta grenvarvet angripna liksom också skott i exponerade lägen i övre kronregionen (Fig. 4). Träd med dålig tillväxt uppvisade betydligt mindre skador av *E. buoliana* (Tab. 4). En viss korrelation mellan skottlängd och frekvens av vecklarskador (Fig. 6, Tab. 5) kan tolkas på olika sätt och kan, förutom av skottets tillstånd, vara beroende av t. ex. kraftigare angrepp eller mindre mortalitet på högre träd. Vecklargenerationen 1962/63 uppträdde i betydligt mindre omfattning än den föregående generationen och var kraftigt parasiterad.

Angreppet av *Blastophagus piniperda* L. visade ingen tydlig tendens till ökad frekvens på bestämda försöksytor (Tab. 4). Skott på gödslade träd med god tillväxt reagerade dock kraftigt mot mörghorreangreppet genom gallliknande förtjockning av skottet och överlevde därigenom i många fall.

Evetria buoliana är en skadeinsekt, som vanligen uppträder med högre individantal på svaga ståndorter än på goda, och man har konstaterat, att en gödsling kan leda till minskat angrepp (8). På Mästermyr föreligger det motsatta förhållandet, vilket torde kunna förklaras med insektens krav

på ett för angreppet optimalt tillstånd hos värdväxten. Djurens optimum är smalare än amplituden för angreppet, vilken omfattar alla träd, som kan angripas (1, 5). De ogödslade träden med mycket dålig tillväxt erbjuder *E. buoliana* och andra arter särskilt ogynnsamma livsbetingelser, medan kraftigare träd bättre uppfyller dessa insekters krav. Därför angrips här gödslade träd i större utsträckning än ogödslade. Det tillstånd hos tallen, som motsvarar vecklarens optimum för angrepp, tycks sålunda ligga mellan god och särskilt dålig tillväxt. De gödslade träden på Mästermyr hade kanhända redan överskridit djurens optimum, men de var ändå lämpligare än de extremt dåliga plantorna.

Mellan markförhållandena och skadeinsekterna råder mycket komplicerade relationer. Inverkan av en gödslingsåtgärd på insektsangreppen kan tänkas ske på följande sätt (se 1):

Förändringar i biocoenosen påverkar djurens förökning.

Växtnäringsämnen, som transporterats genom värdväxten till insekten eller tas upp direkt av denna, ingriper i djurets ämnesomsättning.

Med en förändring av växtens tillstånd följer:

- kraftigare eller svagare attraktion på skadedjur, ökad eller minskad mortalitet genom förändrat motstånd hos skott och barr och genom kåda och sav.
- ökad resp. minskad produktion av toxiska substanser, vilket kan påverka insekterna direkt eller t. ex. över patogena organismer.
- förändrad sammansättning av insekternas föda (t. ex. äggviteandel), vilket kan inverka gynnsamt eller ogynnsamt.

De egentliga orsakerna till de kraftiga skadorna hos träd med god tillväxt på Mästermyr är icke kända. Möjligen attraherar dessa träd i högre grad äggläggande *buoliana*-honor (se 2) eller också kan larvmortaliteten ha varit mindre än på svaga plantor. En på de gödslade träden lokalt begränsad förökning på grund av gynnsammare näringssammansättning för tidigare generationers larver kan med hänsyn till honorernas flygförmåga och frånvaron av nämnvärda skador under tidigare år icke ha avgörande betydelse. En direkt inverkan av växtnäringsämnen på insekterna kan inte påvisas. Trots riklig kalciumtillgång i marken håller sig kalciumhalten i barren inom relativt låga gränser. Den starka ökningen av kvävehalten i barren efter gödslingen och den ökade fosforhalten efter tillförsel av thomasfosfat har icke påverkat djuren i sådan grad, att kraftiga skador utblivit.