

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



SERİ B. CİLT IX. SAYI I : 1959

ORMAN TOPRAĞININ AZOT VERİMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR *

Yazan :

Dr. H. ZÖTTL

Çeviren :

Dr. N. CEPPEL

Azot, bütün bitkilerin beslenmesi için mutlak surette lüzumludur. Orman ağaçlarımız gibi mütakâmil bitkiler havanın elementer azotundan doğrudan doğruya istifade edecek durumda değildirler. Bunlar, azotu amonyak veya nitrat iyonları olarak yalnız mineral bileşikler halinde alırlar. Amonyak ve nitrat, potasyum ve fosfor bileşikleri gibi taze ayrılmış anataşları tarafından verilmez; bunlar ancak ve bilhassa azot ihtiva eden organik maddelerin ayrışmasından meydana gelir. O halde ölü örtü ve humusta organik olarak bağlanmış bulunan azotun miktarı mütakâmil bitkilerimiz için önemli bir besin maddesi ihtiyatı teşkil eder. Basit amino bileşiklerinden sarfinazar, organik şekilde bağlı bu azot, bitkiler tarafından alınabilir vaziyette olmadığından, organik maddelerin mikro organizmalar tarafından ayrıştırılması yani azot mineralizasyonu mütakâmil bitkilerin azot beslenmesi için büyük bir önem taşımaktadır.

Tabii yetiştirme muhitinde azot, muayyen bir devri daim gösterir. Toprağın içinde ve üstünde bulunan bütün organik maddeler mikro organizmaların ayrıştırıcı etkisi altında bulunmaktadırlar. Mantarlar ve bakterilerin büyük bir kısmı heteretrof organizmalar olduklarından karbondioksit asimilasyonuna müsait değildirler ve bunun için de enerji kaynağı olarak organik maddelere muhtaçtırlar. Bütün besin maddelerini organik materyalden almaya mecburdurlar. Azot ihtiva eden organik kitle mikro organizmalar vasıtasıyla ayrıştırıldığı takdirde, basit amonyak bileşikleri ve bunu takiben de amonyak açığa çıkacaktır. Buna biz organik olarak bağlı azot mineralize oluyor, diyoruz. Mineralize olmuş bu azotu

*) Bu makale «29. Heft der Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns» in 73-80. sahifelerinin tercümesidir.

hem müttekâmil bitkiler ve hem de mikro organizmalar yumurta akı maddesi teşkili için alabilirler. Fakat aynı zamanda humus teşekülü esnasında cereyan eden kimyevî reaksiyonda da kullanılabilir, yahut bazı özel bakteri grubu tarafından nitrata okside edilir. Humusta ve kilde amonyum iyonları kabili mübadele olarak bağlandıkları halde, nitrat toprak mahlûlünde çok defa kolayca amonyağa çevirelerek yıkanıp gitmeye mahkûm olur. Bir çok mikro organizmalar oksijen kıtlığında nitrattan oksijen menbaı olarak istifade ederler, böylece azot nitrit veya elementer azot şeklinde gaz haline çevrilmiş olur. Bu olaya biz denitrifikasyon diyoruz. Bu suretle ıslâk topraklarda önemli miktarlarda azot kaybı vukua gelir. Fakat bu meyanda azot ekonomisi bakımından kazancımız da vardır. Yağmurların ihtiva ettiği amonyak ve nitrat ve bilhassa muayyen bakteriler ve algler tarafından asimile edilen elementer hava azotu, bu hususta birer misâl olarak zikredilebilir.

Görüyoruz ki, bitki beslenmesi bakımından kabili istifade amonyak ve nitrat için topraktaki bitki kökleri ile mikro organizmalar arasında bir rekabet ve mücadele vardır: Bunun için faal ve olgun bir toprakta husule gelene amonyak ve nitratin büyük bir kısmı tekrar ve derhal harcanmaktadır. Onun için amonyak ve nitrat yahut kısaca ifade ettiğimiz gibi mineral azot ölçmeleri yaparak, mevcut amonyak ve nitrat miktarı hakkında bir hükme varmaya çalışmak oldukça mânasızdır.

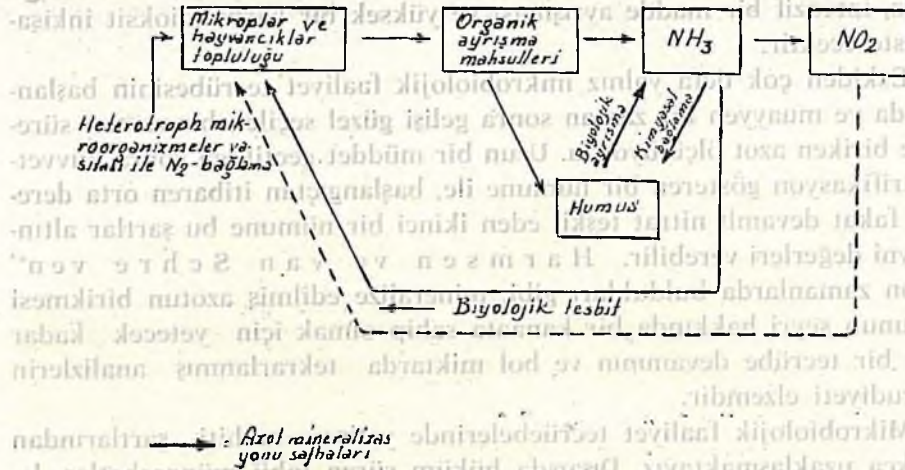
O halde orman topraklarının büyük besin maddesi ihtiyatından olan ölü örtü ve humus tabakalarında devamlı olarak meydana gelen azotu nasıl araştırabiliriz?

Mineralize edilmiş azotun bir yerde birikmesini temin edebildiğimiz takdirde, azot verimini ölçmek mümkün olur. Buna da ancak mikrobiolojik faaliyet veya toplama tecrübeleri (Brut- oder Lagerungsversuch) ile muvaffak olunur. Bu usul bilhassa İskandinavya toprakçıları tarafından kullanıldı. (Meselâ Hesselman^{5, 6, 7}, Glømmø⁸, Mork¹⁰, Aaltonen¹, Tamm¹⁴). Almanya'da bilhassa Suchting^{12, 11} ve Wittich^{16, 17}, keza Krauss⁹ bu mevzu ile meşgul oldular.

Mikrobiolojik faaliyet tecrübesinde mineralize edilmiş azotun biriktirilmesine çalışılır. Bu maksat için yetiştirme muhitinden humus veya toprak nünuneleri alınarak kaplar içine konup bekletilir. Böylece bitki köklerinin azot sarfiyatı ile ve diğer şekillerde (denitrifikasyon) vukua gelen azot kaybı önlenir. Şekil 1. de mikrobiolojik faaliyet tecrübesinde azot devr-i daimî şematik olarak gösterilmiştir.

Muayyen bir zaman süresinden sonra birikmiş amonyak ve nitrat tespit edilir. Fakat mineral azotun tespit edilen bu miktarı, çok defa zan-

nedildiği gibi mikrobiyolojik faaliyet tecrübesi esnasında meydana gelen total mineral azot olmayıp Süchting¹³ ve Jansson⁹ in de belirttikleri gibi bunun bir kısmı mikro organizmaların vücutlarının inkişafı için kullanılmıştır. O halde mikrobiyolojik faaliyet tecrübesinde mineral azotun biriken miktarı, mineralize edilmiş bütün azotla, mikro organizmaların vücut yapısı için kullanılmış bulunan azot miktarı arasındaki farka eşittir.



Şekil 1: Mikrobiyolojik faaliyet tecrübesinde azot devridaimi

Mikro organizmalar tarafından tekrar meydana getirilen azotun miktarı ise muhtelif humus nünunelerinde farklı dereceldedir. Misâl olarak iki ayrı nümune tasavvur edelim, bunların mikrobiyolojik faaliyet tecrübesinde tespit edilen yani biriken mineral azot miktarı aynı derecede az olsun. Birincisinde mikro organizmalar fena hayat şartlarına sahip bulunsun; diğesinde ise yüksek bir mikro organizma faaliyeti olsun. İkincisinde organik olarak bağlı azottan çoğu ayrıştırılacaktır; fakat yine de büyük bir kısmı organizmaların bünyesinde biyolojik olarak bağlanacaktır. Mineralize edilmiş azotun hepsi, veya Jansson⁹ un ifade ettiği gibi total mineralizasyon birinci nümunenin aksine olarak ikincide büyüktür, fakat biriken azot yani mineral azotun net olarak miktarı birinci nümune olduğu gibi azdır.

Bu sebeple aynı derecede net mineralizasyona, fakat oldukça farklı total mineralizasyona sahip iki toprağın, üzerlerinde bulunan meşçerele-re farklı miktarlarda mineral azot verecekleri hesaba katılmalıdır, zira yetişme muhitindeki müttekâmil bitkilerin kökleri ile bütün mikro orga-

nizmalar arasında total mineral azot miktarı için bir rekabet vardır. Bu sebeple net mineralizasyon azot verimi için tek başına bir ölçü olamaz.

O halde total mineralizasyonu herhangi bir şekilde tespit edebilir miyiz?

Bunun direkt olarak ölçülmesi mümkün değildir. Devamlı olarak karbondioksit prodüksiyonunu, yani nünunelerimizin teneffüsünü ölçebilir ve bunu bütün mikro biyel faaliyetin ölçüsü olarak kullanabiliriz. Bu takdirde evvelce zikrettiğimiz ve total mineralizasyonu fazla olan nünunemiz, intenzif bir madde ayrışması ve yüksek bir karbondioksit inkişafı gösterecektir.

Eskiden çok defa yalnız mikrobiolojik faaliyet tecrübesinin başlangıcında ve muayyen bir zaman sonra gelişi güzel seçilen bir zaman süresinde biriken azot ölçülüyordu. Uzun bir müddet geçtikten sonra kuvvetli nitrifikasyon gösteren bir nünune ile, başlangıçtan itibaren orta derecede fakat devamlı nitrat teşkil eden ikinci bir nünune bu şartlar altında aynı değerleri verebilir. H a r m s e n ve v a n S c h r e v e n'in son zamanlarda buldukları gibi, mineralize edilmiş azotun birikmesi ve bunun seyri hakkında bir kanaata sahip olmak için yetecek kadar uzun bir tecrübe devamının ve bol miktarda tekrarlanmış analizlerin mevcudiyeti elzemdir.

Mikrobiolojik faaliyet tecrübelerinde yetişme muhiti şartlarından oldukça uzaklaşmaktayız. Dışarıda hüküm süren tabii münasebetler, laboratuvarında aynen temin edilemez. Fakat biz mikrobiolojik ayrışmada büyük rolü olan rutubet, havalanma ve humusun toprak üzerindeki yatış şeklini mümkün merteye optimal ve konstant halde tutabiliriz. Burada ayrışma hâdisesini çabuklaştırıyor ve muayyen şartlar altında seyretmesini sağlıyoruz. Bu sebeple laboratuvarında yaptığımız bu tecrübe ile biriktirilen azot miktarı, yetişme muhitinde diğer yollarla meydana gelen mineralize edilmiş azotun net miktarından daha fazladır. Fakat biz sabit tutulan şartlarla yapmış olduğumuz bu mikrobiolojik faaliyet tecrübesinde mukayese imkânı veren kıymetler elde ettik.

O halde görülmüyor ki, eski mikrobiolojik faaliyet tecrübelerini, aynı zamanda yapılan karbondioksit ölçmeleri ve mineral azotun birikmesine ait bir zaman grafiği ile tamamlamak mecburiyetindeyiz. Bundan başka aynı normal şartlar altında çalışmak mecburiyetindeyiz.

Muayyen bir yetişme muhitinin humusu üzerine tatbik edilen muhtelif ıslâh tedbirlerinin, halen devam etmekte olan mikrobiolojik faali-

yet tecrübelerimizde ne gibi neticeler verdiğini gösteren bir araştırmamızdan şimdi burada bahsedilecektir. Amberg Orman İşletmesinde pot-solümsü, az nisbette balçık karakteri gösteren kum toprakları üzerindeki 40-60 yaşındaki bir çam meşçeresinde 1955 mayısında aşağıdaki gübreleme sahaları alındı. Buralarda toprak vejetasyonu olarak umumiyetle *Vaccinium vitis idea*, *Calluna vulgaris*, *Pleurozium Schreberi* bulunmakta idi. Alınan bu gübreleme sahaları :

1. Hiç bir muameleye tâbi tutulmayan muakeyese sahası.
2. Amonyumsülfat (100 Kg. N/Ha.).
3. Sulu amonyak (100 Kg. N/Ha.).
4. Gaz halinde amonyak (100 Kg. N/Ha.).
5. Kalsiyum karbonat (100 Ken./Ha.).
6. Kalsiyum karbonat (100 Ken./Ha.) + Hiperfosfat (3 Ken./Ha.).
7. Kalsiyum karbonat (100 Ken./Ha.) + Hiperfosfat (3 Ken./Ha.) + Amonyumsülfat (50 Kg. N/Ha.).

Burada zikredilen bu mikrobiolojik faaliyet tecrübesi için bu sahalardan gübrenmesinden bir sene sonra, ham humusun çürüntü kısmından 1956 Mayısında nümune aldık. Her tecrübe sahasından 40 tane ayrı ayrı nümune alınıp birbirleri ile karıştırılarak bu sahayı temsil eden karışık bir nümune elde edildi.

Bu mikrobiolojik faaliyet tecrübesinden elde edilen neticeler şekil 2 de topluca gösterilmiştir. Evvelâ hiç bir muameleye tâbi tutulmamış sahaya ait humusun amonyak verimi grafiğini tetkik edelim : Sellüloz ve lignin ayrıştıran mikro organizmalar için bu asit ham humusta hayat şartları çok kötüdür. Burada azot ihtiva eden organik maddelerin ayrışması sonucunda meydana gelen amonyak bu sebeple biolojik olarak çok az tutulacaktır ve büyük bir kısmı birikecektir.

Nümune alınmadan bir sene evvel amonyumsülfatla gübrenmiş sahada aynen mukayese sahasında olduğu gibi mineral azot muhtevasının mahsulü olan amonyak çok az miktarda bulunmuştur. Gübre olarak verilmiş amonyum tuzundan bir sene sonra humusta absorbe edilmiş olarak hiç bir şey kalmamıştır. O halde amonyum iyonları kökler yahut mikro organizmalar tarafından alınarak ayrıştırılmış, bir kısmı da yıkanmak suretiyle kaybolmuştur (Themli t¹⁵). Mikrobiolojik faaliyet tecrübesinde amonyak birikmesi, mukayese sahasına ait nümuneye nazaran biraz daha azdır. Gübreleme ile süfat tuzları verildiğinden artan hidrojen iyonu konsantrasyonu (PH 2,7 den 2,6 ya) ile bakteriler için daha fena hayat şartları ikame edilmiş olduğu kabul edilebilir.

Tecrübe olarak kullanılan sulu amonyak humus üzerinde bâriz bir etki göstermemiştir. Amonyak ve teneffüs grafikleri hemen hemen birbirine intibak etmektedir. Bunun izahı şu şekilde yapılabilir : Bir kaptan dökülen amonyak toprak üstündeki yaprakları, toprak vejetasyonu ve yosun örtüsü tarafından tutulmuş, çürüntü ve humus tabakasına hemen hemen hiç ulaşmamıştır. Bundan başka bir kısım amonyak daha dökme esnasında buharlaşmış olabilir. Yetişme muhitindeki durum da bunu ifade etmekte idi ; bir kaç gün sonra toprak vejetasyonunun yaprakları ve yosunlar amonyaktan zarar görerek kurumuşlardı. O halde yaprak kütlesi içine alınmış amonyak, ancak bunların ayrışmasından sonra toprağa yarayışlı hale gelecektir.

Bir saha da hususî bir âletle (Amoniaklanze) işlendi ve gaz halinde amonyak verildi. Burada diğer bütün sahaların aksine olarak humusun çürüntü tabakasında, bir yıl sonra oldukça fazla miktarda kabili mübadele halde amonyağın bağlandığı görüldü. O halde gaz halindeki amonyak verildikten bir sene sonra alınan nümunelerde intensif bir humus ayrışması görülmektedir, zira başlangıçta karbondioksit prodüksiyonu diğer nümunelere nazaran daha azdır. Bundan başka amonyağın birikmesine ait grafik, mukayese sahasında olduğu gibi yavaş yavaş yükselmektedir. Diğer araştırmalardan da anlaşıldığı üzere gaz vermeyi müteakip kısa bir zamanda fazla karbondioksit prodüksiyonu yani şiddetli bir organik madde ayrışması vukua gelmektedir. Bu halin bir intikâl devresi olması mümkündür. Bütün mikro flora ve favnanın, amonyak verilmek suretiyle değiştirilen yetişme muhiti şartlarına kendilerini uydurduktan sonra, amonyak gazının azotu ile zenginleşen organik maddelerin daha sür'atli ayrışıp ayrışmadığı yapılacak diğer araştırmalarla tahkik edilmelidir. (F r a n z² ile mukayese et).

Üç deneme sahası ayrıca kireçle gübrelendi ; bunlardan biri sırf kireç, ikincisi kireç ve fosfat, üçüncüsü de kireç + fosfat + azot ile gübrelendi. Her üç sahadan alınan nümunelerle yapılan mikrobiolojik faaliyet tecrübesi neticesinde elde edilen rakamlara göre çizilen grafikler aynı mânada bir seyir gösterdiklerinden burada hepsi birlikte mütalâa edilecektir. Bu üç sahadan alınan nümunelerde mukayese sahasına nazaran son derece az amonyağın biriktiği ve 9 hafta sonra da bu amonyağın nitrifikasyona uğradığı görülmüştür. Bâriz derecede bu az amonyak birikmesi, azot mineralizasyonunun azaldığı şeklinde bir kanaat uyandırabilir. Fakat yine de teneffüs grafikleri mukayese sahasınıninkine nazaran daha yüksek bir seviyededir. (Şekil 2. nin üst tarafına bak). Bu da kireçle gübrelenmiş nümunelerde, bütün mikro organizma faaliyeti yani teknil ayrıştırma olayları ve bununla birlikte azotun t o t a l mineralizasyonunun

lizasyonunun mukayese nümunesine nazaran daha yüksek olduğunu göstermektedir. Fazla miktardaki karbondioksit prodüksiyonu ve bu meydana husule gelen az miktardaki mineral azot birikmesine dayanarak total mineralizasyonun da az olduğu neticesine varamayız.

Yüksek bir total azot mineralizasyonu meyanında böyle düşük bir net azot birikmesinin izabı şu şekilde yapılabilir : Kireç verilmek suretiyle çürüntü ve humusu ayrıştıran mikro organizmalara daha iyi hayat şartları temin edilmiş olur; organik maddenin ayrıştırılma şiddeti artar; bu da nümunelerde fazla miktarda karbondioksit meydana gelmesi ile kendini gösterir. Mikropların bu aktifliği ve adet itibariyle şiddetle çoğalmaları neticesinde meydana çıkan serbest mineral azotun mühim bir kısmı bizzat mikro organizmaların vücut yapısı için elzem bulunan yumurta akı maddelerinin teşekkülünde harcanır ve böylece bu miktar kadar eksik azot birikir. Bu suretle azotun biolojik olarak zapt edilmesi denen hüdisse meydana gelir. Az azotu olan organik madde birdenbire müsait ayrışma şartlarına kavuşunca böyle bir netice doğmaktadır. Meydana gelen amonyak, kolay ayrışabilen organik materialin bir kısmı harcanıncaya kadar bakteriel devr-i daim içinde kalmaktadır. İşte bu sebeple, kireç verilmiş bu üç nümunenin total mineralizasyonu fazla, mineral azotun toplanıp ölçülebilen net miktarı ise oldukça azdır.

Bu birkaç misâlden anlıyoruz ki, yukarıda açıklandığı şekilde devamlı olarak yapılan mikrobiolojik faaliyet tecrübeleri, organik maddenin ayrışması ve normal şartlar altında mineral azot maddesinin birikmesi hakkında bir fikir vermektedir.

Giriş kısmında orman toprağı humus tabakalarının mütekâmil bitkilere vermiş olduğu mineral azot hakkında tevcih edilen sual ancak yarı yarıya cevaplandırılmış oldu. Zira mikrobiolojik faaliyet tecrübelerinin, bir yetiştirme muhitinin hakiki azot verimi, hakkında ne dereceye kadar bir ölçü olabileceğinin araştırılması ikinci adımı teşkil etmektedir.

Yer noksanlığı yüzünden bu araştırmada kullanılan metod hakkında burada malûmat veremedik. Gerek bu hususta ve gerekse mikrobiolojik faaliyet tecrübesinin problematik hususları hakkında bilâhare ve diğer bir yerde etraflı malûmat verilecektir.

Bu araştırmadaki devamlı teşvikleri için Prof. Laatsch'a teşekkür ederim. Analizleri ihtimamlı bir şekilde yürüten kimya teknik asistanı Bayan I. Höchler'e, nünunelerin alınması ve hazırlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm laboratuvar yardımcısı Bayan K. Zellner'e de ayrıca teşekkürlerimi bildiririm.

LİTERATÜR

- 1) Aaltonen, V. T., Boden und Wald. Berlin-Hamburg, 1948.
- 2) Franz, H., Die Walddüngung im Lichte der Bodenbiologie. AFZ 11,321-323, 1956).
- 3) Glomme, H., Undersokelser over ulike humustypers ammoniak-og nitratproduksjon samt faktorer som har inflytelse pa disse prosesser. Meddelelser fra det Norske Skogforsoksvesev 4, 38-328, (1932).
- 4) Harmsen, G. W., van Schreven, D. A., Mineralisation of organic nitrogen in soil. Advances in Angronomy, 7, 299-398, (1955).
- 5) Hesselmann, H., Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmaner och dess betydelse i växtekologisk avseende. Medd. Skogsförsöks-Anst. 13/14, 297-528, (1916-17).
- 6) — Studier över barrskogns humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvarden. Medd. Skogsförsöks-Anst. 22, 160-552, (1925).
- 7) — Om humustäckets beroende av bestandes alder och sammansättning i den nordiska granskogen av blabärsrig Vaccinium-typ och dess inverkan pa skogens föryngring och tillväxt. Medd. Skogsförsöks-Anst. 30, 529-715, (1937).
- 8) Jansson, S. L., Orientierde Studien über den Stickstoffkreislauf im Boden mit Hilfe von N als Leitisotop. Zeitschr. Pfalz. Ernähr., Düng., Bodenk. 69, 190-198, (1955).
- 9) Krauss, G. A., Dipl. Arbeit von J. Gude über Ammoniak- und Nitratbildung im Auflagehumus des Tharander Revirs. 1931, Unveröffentlich.
- 10) Mork, E., Omstningen i humusdekket ved forskjellig temperatur og fktighet. Medd. Norske Skogfors. — Ves., 6, 179-224, (1937/39).
- 11) Schwemmer, W., Düngungsversuch mit Stickstoffwalze zur Melioration stark versauerter Böden mit Rohhumusaufgabe. AFZ 11, 621-624, (1956).
- 12) Süchting, H., Untersuchungen über die Wirkung der Düngung auf Waldböden, zugleich Beitrag zur Methodik der Bestimmung der Bodengüte. Mitt. Forstwirtsch. Forstwiss. 4, 439-493, (1933).

- 13) Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. Reihe von Beiträgen in Zeitschr. Pflanz. Ernähr., Düng., Bodenkund. ab 1938. Besonders über die Stickstoffdynamik der Waldböden und die Stickstoffernährung des Waldbestandes. Zeitschr. Pflanz. Ernähr., Düng., Bodenkund. 48, 1-37 (1950).
 - 14) Tamm, O., Northern Coniferous Forest Soils. Oxford, 1950.
 - 15) Themlitz, R., Die Stickstofffestigung aus Schwefelsauerem Ammoniak durch Fichtenrohhumus bei verschiedener Reaktion. Zeitschr. Pflanz. Ernähr. Düng., Bodenkund. 73, 202-209, (1956).
 - 16) Wittich, W., Untersuchungen über den Einfluss intensiver Bodenbearbeitung auf Hohenlubbichower und Biesenthaler Sandböden. Neudamm, 1926.
 - 17) — Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Weg zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. Frankfurt/Main, 1952.
- 2) Franz, H., Die Waldböden im Lichte der Bodenbiologie. APZ 11, 321-332. (1952).
 - 3) Glunne, H., Undersøkelser over ulike humus typer ammoniak- og nitratproduksjon samt faktorer som har innflytelse på disse prosesser. Medd. Medd. Forstl. Forsk. Inst. i Oslo 4, 38-328. (1937).
 - 4) Harmsen, G. W., van Schreven, D. A., Mineralisation of organic nitrogen in soil. Advances in Agronomy, 7, 299-368. (1955).
 - 5) Hessefmann, H., Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmassor och dess betydelse i växtologiska avseende. Medd. Skogsforsks-Anst. 13/14, 307-325. (1918-17).
 - 6) — Studier över barrskogens humusläckor, dess egenkapitet och beroende av skogsvärdet. Medd. Skogsforsks-Anst. 22, 160-222. (1925).
 - 7) — Om humusläckor beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska gran-skogen av bladsåttig Vaccinium-typ och dess inverkan på skogens förgätnings och tillväxt. Medd. Skogsforsks-Anst. 30, 529-715. (1937).
 - 8) Jansson, S. L., Orienterande Studier över den Stickstoffkretsløp i Boden mit Hilfe von N als Indikator. Zeitschr. Pflanz. Ernähr. Düng. Bodenkund. 60, 190-193. (1955).
 - 9) Kraus, G. A., Dipl. Arbeit von J. Güde über Ammoniak- und Nitratbildung im Aufschlamm des Tharander Reviers 1931, Unveröffentlicht.
 - 10) Mork, E., Omstøtningen i humuslaget ved forskjellige temperatur og fuktighet. Medd. Norske Skogfors. — Vers. 6, 179-224. (1937/39).
 - 11) Schwemmer, W., Düngungsversuch mit Stickstofflösungen zur Melioration stark versauerter Böden mit Rohhumusausläge. APZ 11, 621-624. (1950).
 - 12) Söchtig, H., Untersuchungen über die Wirkung der Düngung auf Waldböden, zugleich Beitrag zur Methodik der Bestimmung der Bodenqualität. Mitt. Forstwirtschaftl. Forstwiss. 4, 439-483. (1933).