

## Skogsplantering på marginaljord – miljö och ekonomi

Mats Olsson

Olsson, Mats: Skogsplantering på marginaljord – miljö och ekonomi. Geografisk Tidsskrift 89:14-18. København 1989.

*The paper aims at discussing forest production potential and impact of forest ecosystems on soil properties at afforestation of arable land. It is shown that forest ecosystems improve soils of arable land by increasing the organic contents, increasing the contents of plant available nutrients and by improving the soil structure.*

Keywords:

*Afforestation, soil conservation, soil organic matter.*

Mats Olsson, Professor, Department of Forest Soils, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7001, S-750 07 Uppsala, Sweden.

Det ekonomiska värdet av en skogsplantering är en fråga, som främst berör den tid, som skogsproduktion pågår, medan däremot markvärdsaspekterna har mera långtgående konsekvenser i tiden, eftersom de berör markens kvalite och värde även efter ett eventuellt framtida skifte i markanvändning från skogsproduktion till något annat. Kan man därför visa, att skogsplantering är liktydigt med god markvård, så är detta ett starkt incitament för övergång till skogsproduktion. Man har genom skogsproduktionen inte avhänt sig något framtida markanvändningssalternativ. En återgång till jordbruksproduktion är fullt möjlig, särskilt i de fall skogsplanteringen skett med träd med korta omloppsperioder. Skogsbruksalternativet är dessutom flexibelt och kan efter hand anpassas mot energiproduktion, massavedsproduktion, sågvirke och agroforestry. Lövträdsbestånd kan glesas ut och möjliggöra bete.

### Skoglig produktion och ekonomisk avkastning

Olika trädslags produktionsförmåga och omloppsperioder efter plantering på bördig åkermark i södra Sverige har sammanställts i tabell 1. Gran hör till de trädslag, som ger högst produktion med en medelproduktion uppgående till 13 m<sup>3</sup>sk (stamved och stambark) per år och ha under omloppsperioden. Alternativ finns dock i form av lövträd, t ex hybridasp med en medelproduktion uppgående till 17 m<sup>3</sup>sk per år och ha. En stark fördel med vissa lövträd framför gran är kortare omloppsperioder. Det går naturligtvis att bedriva skogsproduktion med kortare omloppstider än vad som angivits i tabell 1, men detta innebär i regel lägre medelproduktion. De olika

trädslagens veddensiteter skiljer sig något åt varför produktionsrelationer, som baseras på vikt, blir något annorlunda. Vedens densitet för gran, tall, klibbal, asp och hybridasp anges ligga mellan drygt 300 och 400 kg torrsubstans per m<sup>3</sup>sk. Motsvarande värde för björk är 500 kg, medan bok, ek och asp har veddensiteter mellan 600 och 700 kg per m<sup>3</sup>sk.

Uppskattningarna avser en produktion, som är baserad på ståndorternas naturgivna egenskaper, dvs utan bevattning eller näringstillförsel. Skogliga bördighetsförsök, t ex i Stråsan, i centrala Sverige visar, att näringsoptimering i skogsbestånd kan ge mer än en fördubbling av produktionen (Axelsson, 1985). Utrymme finns således för väsentligt högre produktion. Av miljökäl avråds emellertid från skogsgödsling på bördiga marker i södra och mellersta Sverige. Man räknar dessutom med att inom några år kunna distribuera förädlat plantmaterial för bl a björk och hybridasp med en betydligt högre pro-

Trädslag	medeltillväxt/ m <sup>3</sup> sk	ton /ha*år	omloppstid år
Gran ( <i>Picea abies</i> )	13	4.2	70
Tall ( <i>Pinus silvéstris</i> )	9	2.9	100
Vårtbjörk ( <i>Bétula verrucósa</i> )	8	4.0	55
Klibbal ( <i>Alnus glutinósa</i> )	9	3.3	50
Asp ( <i>Populus tremula</i> )	9	3.2	50
Hybridaasp ( <i>P. tremuloides</i> x <i>P. tremula</i> )	17	6.0	30
Ask ( <i>Fráxinus excélsior</i> )	7	4.6	70
Bok ( <i>Fagus silvática</i> )	8	5.3	100
Ek ( <i>Quercus robur</i> )	6	4.1	120

Tabell 1. Medelproduktion i m<sup>3</sup>sk och i ton torrsubstans/ha\*år samt omloppsperioder efter skogsplantering på bördig åkermark i södra Sverige.

*Table 1. Average production in m<sup>3</sup>sk and in ton dry matter/ha\*year and length of rotation period at afforestation of fertile arable land in southern Sweden.*

duktionsförmåga. Det är också viktigt att notera, att man ser ljus på framtida avsättningsmöjligheter för lövvirket. Det finns idag ett klart utrymme för en ökad produktion.

Lönsamheten vid skogsodling kan beräknas på olika sätt beroende på markägarens förutsättningar och mål. Årlig medelavkastning kan vara ett relevant kriterium för större skogsinnehav, där en långsiktig hög avkastning eftersträvas. Den årliga medelavkastningen har för ungefär de produktionstal och omloppstider, som redovisats i tabell 1, beräknats till 940 sek per ha för vårtbjörk, 2560 sek för hybridasp och 2910 sek för gran (Albrektsson, 1988). En slutsats är, att hybridasp ekonomiskt förmår att hävda sig gentemot gran. För nystartade företag kan internröntan vara mer relevant. Den har på motsvarande sätt beräknats till 3.8 % för vårtbjörk, 9.3 % för hybridasp samt 5.4 % för gran (Albrektsson, 1988). Kalkylen har utförts utan hänsyn till eventuella bidrag för skogsplantering.

Sett ur skogsbrukets synpunkt och med dagens stora efterfrågan på skogsråvara är naturligtvis överföringen av bördig åkermark till skogsmark av stort värde. En medelproduktion på 10 m<sup>3</sup>sk per ha på 400 000 ha åkermark innebär på sikt ett årligt tillskott på 4,0 miljarder m<sup>3</sup>sk, vilket motsvarar ca 5 % av den årliga avverkningsvolymen i Sverige. Skogsnäringens totala exportvärde uppgick 1984 till 46.7 miljarder sek (Skogsstatistisk årsbok, 1986). Mot denna bakgrund borde rimligen en ökning med 5 % innebära ett årligt tillskott på 2-3 miljarder sek för samhällsekonomin.

Det faller egentligen utanför artikelns ram att beskriva, hur skogsplanteringen skall utformas. Eriksson (1987) har redan bidragit med flera värdefulla synpunkter. Inom skogsbruket har sedan några år ansträngningarna intensifierats med att anpassa beståndens utformning och skötsel till ståndortens förutsättningar. Vid skogsplantering på åkermark kommer ståndortsanpassningen av beståndens utformning och skötsel att spela en avgörande roll. Detta beror på åkermarkens stora variationer i textur och grundvattenytans läge samt på stora skaderisker vid åkerplantering. Få träslag är anpassade till jordar med mycket hög lerhalt. Blandbestånd med t ex gran och björk eller gran och ek kan vara lämpliga lösningar med tanke på produktion, skaderisker och ekonomi.

### Markvård

Med utgångspunkt från produktionsuppskattningen i tabell 1 beräknades approximativt tillförseln av humusbildande organiskt material till marken i form av förna. I beräkningen ingår förutom fallförna (Maj-Britt Johansson, pers. comm.) och rotförna (Persson, 1980) även förna från markvegetationen samt avverkningsrester vid konventionell skörd dvs grenar, toppar, stubbar samt barr eller löv. Mängden avverkningsrester har uppskattats med utgångspunkt från biomassastudier av ett bok- och

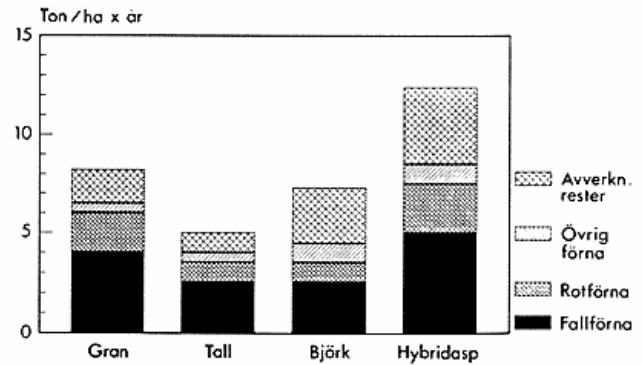


Fig. 1. Beräknad genomsnittlig tillförsel av förna och avverkningsrester till marken efter skogsplantering på bördig åkermark i södra Sverige. Ton/ha\*år.

Fig. 1. Calculated average supply of litter and tree logging residues to the soil after afforestation of fertile arable land in southern Sweden. Ton/ha\*year.

ett granbestånd (Nihlgård, 1970). Bokbeståndets biomassauppgifter utnyttjades därvid för björk och hybridasp. Fallförna, rotförna och avverkningsrester har satts i relation till beståndets produktion. Avverkningsrester tillförs visserligen momentant vid gallring eller slutavverkning men har i beräkningen utslagits som ett årligt medelvärde för hela omloppsperioden.

Tillförseln av organiskt material kan enligt dessa beräkningar uppgå till mellan 8 och 13 ton per år och ha (fig. 1) vid konventionell skörd. Bästa alternativet förefaller att vara snabbväxande lövträd, t ex hybridasp. I de fall hela träd skördas, dvs inklusive grenar etc. innebär detta, att tillskottet till marken blir väsentligt lägre (fig. 1). Naturligtvis kommer nedbrytningen av förnan att ske snabbt, och endast en mindre mängd kommer att ansamlas som mer stabila humusföreningar. Men detta hindrar inte, att skogsplantering är ett gynnsammare alternativ än jordbruk genom en större tillförsel av organisk substans. Tillförseln av rotförna och stubb vid odling av råg har i det svenska projektet Åkermarkens Ekologi uppskattats till i medeltal 2.7 ton per ha och år (Andrén, 1986). Om också halmen tillförs marken, ökar det organiska tillskottet med c. 4 ton per år och ha. Skogen borde således i de flesta fall kunna medföra mer än en fördubbling av humushalten. Livingston et al. (1988) fann vid studier av Alfisols, att humushalten i en sedan 40 år uppodlad mark endast uppgick till c. halva värdet av halten under angränsande lövträdsbestånd. På nivåer under 50 cm djup var skillnaderna små.

De positiva effekterna av en ökad förnatillförsel och en ökad halt organisk substans i marken är flerfaldiga och väl dokumenterade. På framför allt grövre jordar är den organiska substansen betydelsefull för markens vattenhushållning. Den organiska substansen befrämjar en god markstruktur genom att stimulera markbiologisk aktivi-

	Ca	Mg	K
Utbytbara joner:			
0-10 cm	8.76	3.49	4.71
10-50 cm	0.92	1.08	4.90
50-100 cm	0.46	0.25	2.24
Summa 0-100cm	10.14	4.82	11.85
Totalt förråd:			
Summa 0-100 cm	10300	2600	32900
Andel utbytbart, %:			
0-100 cm	0.10	0.19	0.04

Tabell 2. Mängd utbytbara katjoner ( $\text{NH}_4\text{Ac}$  extraktion enligt Brown, 1943) samt totalt förråd (X-ray fluorescens). Sandig moig morän, södra Sverige (Olsson och Melkerud, 1989).  $\text{g/m}^2$ .

Table 2. Amount of exchangeable cations ( $\text{NH}_4\text{Ac}$  extraction according to Brown, 1943) and total content (X-ray fluorescence). Loamy sandy till, southern Sweden (Olsson and Melkerud, 1989).  $\text{g/m}^2$ .

tet och genom att stabilisera aggregaten. Vid en jämförelse av markstruktur efter uppodling av två skilda jordmåner med olika humus innehåll, nämligen Mollisols med hög humushalt och humusfattig Alfisols, konstaterades att de negativa effekterna på markstrukturen inte blev lika påtagliga för Mollisols (Livingston et al., 1988). Vid försök med inblandning av externt organiskt material i mjälaleror har som bäst erhållits 13 % merskörd under 5 år för vårsådda grödor (Johansson, 1988).

Växternas tillgång på mineralnäringsämnen är i regel inte begränsat av ett för lågt totalt förråd i marken. I de flesta fall, då det är brist, är det snarare växtnäringsämnenas tillgänglighet, som är dålig. Merparten av de utbytbara jonerna förekommer i markens översta humusrika horisonter, där vittring och markbiologisk aktivitet är som högst (tabell 2). För hela profilen ned till 1 m djup uppgår den utbytbara mängden endast till någon tiondel % av det totala förrådet. Eftersom det totala förrådet av växtnäringsämnen för skandinaviska förhållanden i praktiken kan betraktas som näst intill obegränsat, handlar således god markvård om att öka ämnens tillgänglighet, dvs intensifiera vittring och förbättra markens katjonutbyteskapacitet.

Den organiska substansens avgörande roll för mineraljordens vittring och därmed för utbudet av växtnäring har visats bl a av Grandstaff (1980), Cronan (1984), Sjöberg (1985) och Thompson et al. (1988). Olsson och Melkerud (1989) visade, att den naturliga vittringen i södra Sverige i medeltal har uppgått till c. 200 me per  $\text{m}^2$  och år. De tolkade denna vittring som beroende av sura ämnen från markens organiska substans.

Betydelsen av den organiska substansen för växtnäringsämnenas tillgänglighet framgår av fig. 2, där det logaritmiska värdet för summan av utbytbart Ca, Mg, K och Na

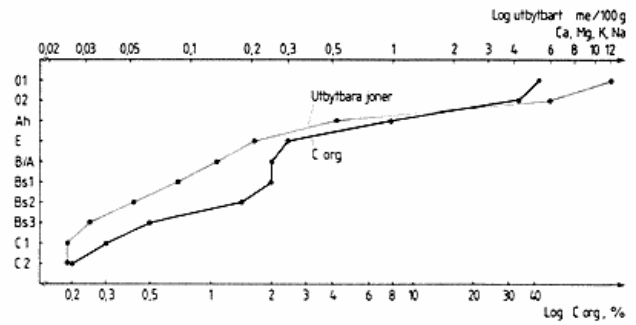


Fig. 2. Sambandet mellan halt organisk substans ( $\text{C org}$  enligt Nömmik, 1971) och utbytbara baskatjoner (extraktion med  $\text{NH}_4\text{Ac}$  enligt Brown, 1943) i olika markhorisonter. Sandig moig morän, södra Sverige (Olsson & Melkerud, 1989).

Fig. 2. Correlation between concentration organic matter ( $\text{C org}$  according to Nömmik, 1971) and exchangeable base cations ( $\text{NH}_4\text{Ac}$  extraction according to Brown, 1943) in various soil horizons. Loamy sandy till, southern Sweden (Olsson and Melkerud, 1989).

har markerats tillsammans med det logaritmiska värdet för organiskt C för olika markhorisonter. Exemplet är med avsikt hämtat från en relativt grovkornig jord – en sandig moig morän – eftersom det är sannolikt, att den organiska substansens inverkan klarast framgår på en sådan jord.

Vid en jämförelse mellan olika odlingsalternativs långsiktiga effekter på markens utbud av växtnäringsämnen måste man också ta hänsyn till förlusten av växtnäringsämnen genom skörden. Genom att skogsträden har låga askhalter och kvävehalter i stamved och bark blir förlusterna, utslagna som medelvärden per år under omloppsperioden, mycket låga jämfört med skörd av jordbruksgrödor (fig. 3). Skördas hela träd, dvs inklusive de ovanjordiska gröna växtdelarna, blir förlusterna avsevärt större. Vid stråsädsproduktion påverkas uttaget av om halmen kvarlämnas eller borttas. Även vid en jämförelse, som bygger på en skörd av hela träd resp ett kvarlämnande av halm, blir uttaget vid jordbruksalternativet större än vid skogsproduktion (fig. 3). Det enda undantaget är Ca. Vid vetproduktion härrör dock c. hälften av den upptagna och bortförda näringen från gödselmedel. Förnatillförseln vid skogsbruk innebär på sikt en ansamling av organiskt bundna växtnäringsämnen, vilka relativt snabbt kan bli växttillgängliga genom mineraliseringsprocessen.

Ett ofta framfört argument är att skog, i synnerhet granskog, försurar marken. Riktigheten i ett sådant påstående är dock tveksam. Markförsurning definieras som förlust av syraneutraliserande förmåga (van Bremen et al., 1983), dvs i praktiken förlust av element med basverkan. I ett sådant perspektiv försurar skogen mindre än vad jordbruksproduktion gör beroende på de lägre uttagen av baskatjoner via skörden. Gödslingen vid jordbrukspro-

duktion spelar dock en avgörande roll ur försurningssynpunkt. Vad som däremot kan inträffa vid skogsproduktion är ett sänkt pH, i synnerhet i markens översta horisonter. Detta orsakas av det större tillflödet av sura organiska föreningar. Dessa organiska ämnen är dock bra ur markvärdssynpunkt eftersom de utgör grundvalen för en hög vittring och en hög utbyteskapacitet. Negativa effekter av ett lägre pH kan vara sänkt löslighet av vissa viktiga växtnäringsämnen, t ex P, resp ökad löslighet av miljöfarliga ämnen, t ex Cd och Al (Berdén et al., 1987). Sänkt pH och ökad halt organiskt material kan också gynna lerilluviation och på sikt leda till besvärliga textuella förhållanden. Det är svårt att generellt utvärdera de negativa effekterna av ett sänkt pH kontra de positiva effekterna av ökad förnatillförsel. Resultatet blir beroende på ståndortens egenskaper, t ex jordmån.

Skogsplantering på åkermark innebär också, att utlakningen av kväve och fosfor minskar. Detta beror på att skogsbestånden inte behöver gödulas, men också på att marken förblir täckt med kväveupptagande vegetation året runt. Idealiskt vore en kombination av ogödslade skogsbestånd och gödslade grödor så utformade i terrängen, att de förra kan utnyttja näringsläckaget från de senare. Därigenom skulle vinsten bli tvåfaldig; dels ökad skogsproduktion, dels lägre belastning på omgivande miljö. Lowrance et al. (1983) visade att ett lövskogstäckt strandnära utströmningsområde förmådde binda 26 kg N per ha, vilket motsvarade 90 % av allt lateralt tillfört N.

En ytterligare konsekvens av skogsodling är en förbättrad markstruktur. Studier av Alfisols visade, att uppodlad mark har högre volymvikt och mindre porstorlek än lövskogsmark (Livingston et al., 1988). Flera studier visar också hur upprepade mekanisk belastning dessutom leder till uppkomsten av lateralt utbredda porer (Bullock et al., 1985; Olsson, 1986). Ekologiskt viktiga konsekvenser av en sämre struktur är försvärad rotgenomväxt, sämre genomluftning och lägre infiltration med eventuell erosion som följd. Viktigt är att olika jordar är olika känsliga för störningar i markstruktur. Så t ex är humusfattiga och grovkorniga jordar känsliga medan däremot humusrika leriga jordar är mer resistent.

### SAMMANFATTANDE SYNPNKTER

Sammanfattningsvis finns det från såväl markvärdsmässig som ekonomisk synvinkel goda skäl för skogsplantering på åkermark. Vissa lövträd förefaller att kunna ge en nog så bra ekonomisk avkastning som gran. De har dessutom fördelen med en kort omloppsperiod, vilket ökar markägarens framtida handlingsram. Skogsodling av åkermark innebär på sikt en förhöjning av humushalten, ökad halt av växttillgängliga växtnäringsämnen samt en förbättrad markstruktur. Flera lövträdarter är ur markvärdssynpunkt bättre än gran genom att de har djupare rotsystem samt genom att de medför

bättre markstruktur och högre pH. Mycket talar således för en stor andel lövbestånd vid åkerplantering.

### Summary

Average annual forest production at abandoned fertile arable land in southern Sweden is estimated to 6-17 m<sup>3</sup> trunk wood per ha including bark, depending on the tree species. Hardwoods may be superior to spruce, especially when production is measured as dry weight. The value of an average of 13 m<sup>3</sup> spruce wood per ha amounts to almost 3000 sek. Forest production results in higher amounts of litter, including logging residues, being supplied to soils when compared to many annual crops. At whole-tree harvesting the advantage with respect to organic matter supply decreases. The increased content of soil organic

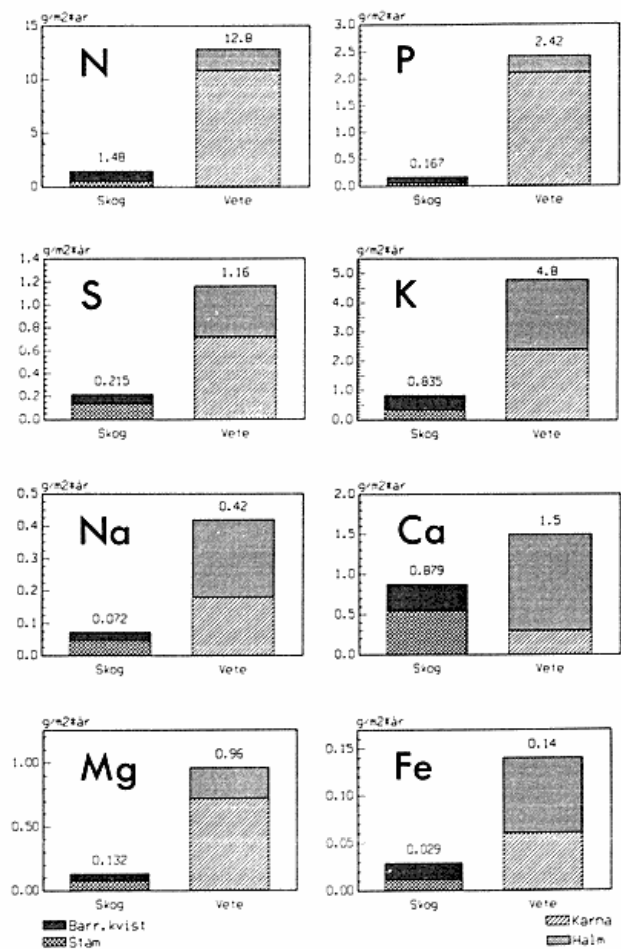


Fig. 3. Årlig medelförlust (g/m<sup>2</sup>) av växtnäringsämnen vid skörd av 6 ton vetekärnor och 4 ton halm/ha resp 5 ton granstamved inkl bark/ha. Beräknat från Nihlgård (1970) och Svanberg (1971).

Fig. 3. Annual average loss (g/m<sup>2</sup>) of plant nutrients at harvest of 6 ton wheat grains and 4 ton straw/ha and 5 ton of trunk wood incl bark, respectively. Calculated from Nihlgård (1970) and Svanberg (1971).

matter improves a great number of soil properties, such as water retention, cation exchange capacity and structure. Annual average losses of nutrients due to harvest are lower at forestry compared to cereal production. In the long run forestry results in accumulation of nutrients in soil organic matter. As forestry results in soil improvement it is possible to change land use back to annual crops after a forest generation without any losses in fertility. From this point of view tree species with short rotation periods are superior.

#### Referenser

- Albrektsson, A.* (1988): Åkermarken – en resurs för ett annorlunda skogsbruk. Skogsfakta 11:91-99.
- Andrén, O., Hansson, A.-C. and Petterson, R.* (1986): Ur: Soil organic matter dynamics and soil productivity. (J.H. Cooley). INTECOL Bulletin 15:41-48.
- Axelsson, B.* (1985): Biomassautvecklingen i Strånsförsöket. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, supplement 17:30-39.
- Berdén, M., Nilsson, S.I., Rosén, K. and Tyler, G.* (1987): Soil acidification – extent, causes and consequences. An evaluation of literature information and current research. National Swedish Environmental Protection Board. Report 3292.
- van Breemen, N., Mulder, I. and Driscoll, C.T.* (1983): Acidification and alkalization of soils. Plant and Soils 75: 283-308.
- Brown, I.C.* (1943): A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. Soil Science 56:353-357.
- Bullock, P., Newman, A.C.D. and Thomasson, A.J.* (1985): Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction. Soil Tillage Research 5:325-341.
- Cronan, C.S.* (1984): Chemical weathering and solution chemistry in acid forest soils: different influence of soil type. Biotic processes and H<sup>+</sup> deposition. Ur: The chemistry of weathering. (J.I. Drever). Nato advanced research workshop on chemistry of weathering. Rodez, France. Nato ASI series, Serie C 149:175-195.
- Eriksson, H.* (1987): Beskogning av åkermark. Ur: Hur skall överbliven åkermark användas? – En miljöfråga av stor betydelse. Rapport från ett seminarium. Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd. Stockholm. 29-39.
- Grandstaff, D.E.* (1980): The dissolution of forsteritic olivine from Hawaiian beach sand. Third International Symposium on Water-Rock Interaction. Edmonton. Canada. 72-74.
- Johansson, W.* (1988): Jordars fysikaliska egenskaper - växtproduktion och miljö. Ur: Åkermark – livsmedelsbehov, industriråvaror och miljö. Lantbrukskonferensen 1988. Konsulentavdelningens rapporter 136. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. 11-27.
- Livingston, S.J., Norton, L.D. and West, L.T.* (1988): Effect of long term tillage on aggregate stability, organic carbon distribution and porosity of a Typic Udalf and Typic Udoll. Ur: International working meeting on soil micromorphology. Agricultural Communications. Texas A&M University. Texas. 49.
- Lowrance, R.R., Todd, R.L. and Asmussen, L.E.* (1983): Waterborne nutrient budgets for the riparian zone of an agricultural watershed. Agriculture, Ecosystems and Environment 10:371-384.
- Nihlgård, B.* (1970): Comparative studies on beech and planted spruce forest ecosystems in southern Sweden. Akademisk avhandling. Matematisk-Naturvetenskapliga fakulteten vid Kungliga Universitetet i Lund.
- Nömmik, H.* (1971): A modified procedure for determining of organic carbon in soils by wet combustion. Soil Science 11:5:330-336.
- Olsson, M.T.* (1986): Micromorphometric evaluation of artificial compaction of fine sandy till. Forest Ecology and Management 17:109-117.
- Olsson, M. and Melkerud, P.-E.* (1989): Chemical and mineralogical changes during genesis of a podzol from till in southern Sweden. Geoderma. In press.
- Persson, H.* (1980): Death and replacement of fine roots in a mature Scots pine stand. Ur: Structure and function of northern coniferous forests (T. Persson). Ecological Bulletins 32:251-260.
- Sjöberg, L.* (1985): The effects of pH and phthalic acid on labradorite dissolution kinetics. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107:311-313.
- Skogsstatistisk årsbok* (1986): Sveriges officiella statistik. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Svanberg, O.* (1971): De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringssämnen. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium 37. Uppsala.
- Thompson, J., Robert, M. and Berrier, J.* (1988): Fungal activity in dissolution and precipitation of minerals. Agricultural Communications. Texas A&M University. Texas. 40.

matter improves a great number of soil properties, such as water retention, cation exchange capacity and structure. Annual average losses of nutrients due to harvest are lower at forestry compared to cereal production. In the long run forestry results in accumulation of nutrients in soil organic matter. As forestry results in soil improvement it is possible to change land use back to annual crops after a forest generation without any losses in fertility. From this point of view tree species with short rotation periods are superior.

#### Referenser

- Albrektsson, A.* (1988): Åkermarken – en resurs för ett annorlunda skogsbruk. *Skogsfakta* 11:91-99.
- Andrén, O., Hansson, A.-C. and Petterson, R.* (1986): Ur: Soil organic matter dynamics and soil productivity. (J.H. Cooley). *INTECOL Bulletin* 15:41-48.
- Axelsson, B.* (1985): Biomassautvecklingen i Stråanförsöket. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, supplement* 17:30-39.
- Berdén, M., Nilsson, S.I., Rosén, K. and Tyler, G.* (1987): Soil acidification – extent, causes and consequences. An evaluation of literature information and current research. National Swedish Environmental Protection Board. Report 3292.
- van Breemen, N., Mulder, I. and Driscoll, C.T.* (1983): Acidification and alkalization of soils. *Plant and Soils* 75: 283-308.
- Brown, I.C.* (1943): A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. *Soil Science* 56:353-357.
- Bullock, P., Newman, A.C.D. and Thomasson, A.J.* (1985): Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction. *Soil Tillage Research* 5:325-341.
- Cronan, C.S.* (1984): Chemical weathering and solution chemistry in acid forest soils: different influence of soil type. Biotic processes and H<sup>+</sup> deposition. Ur: *The chemistry of weathering.* (J.I. Drever). Nato advanced research workshop on chemistry of weathering. Rodez, France. Nato ASI series, Serie C 149:175-195.
- Eriksson, H.* (1987): Beskogning av åkermark. Ur: Hur skall överbliven åkermark användas? – En miljöfråga av stor betydelse. Rapport från ett seminarium. Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd. Stockholm. 29-39.
- Grandstaff, D.E.* (1980): The dissolution of forsteritic olivine from Hawaiian beach sand. *Third International Symposium on Water-Rock Interaction.* Edmonton. Canada. 72-74.
- Johansson, W.* (1988): Jordars fysikaliska egenskaper - växtproduktion och miljö. Ur: Åkermark – livsmedelsbehov, industriråvaror och miljö. Lantbrukskonferensen 1988. Konsulentavdelningens rapporter 136. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. 11-27.
- Livingston, S.J., Norton, L.D. and West, L.T.* (1988): Effect of long term tillage on aggregate stability, organic carbon distribution and porosity of a Typic Udalf and Typic Udoll. Ur: International working meeting on soil micromorphology. Agricultural Communications. Texas A&M University. Texas. 49.
- Lowrance, R.R., Todd, R.L. and Asmussen, L.E.* (1983): Waterborne nutrient budgets for the riparian zone of an agricultural watershed. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 10:371-384.
- Nihlgård, B.* (1970): Comparative studies on beech and planted spruce forest ecosystems in southern Sweden. Akademisk avhandling. Matematisk-Naturvetenskapliga fakulteten vid Kungliga Universitetet i Lund.
- Nömmik, H.* (1971): A modified procedure for determining of organic carbon in soils by wet combustion. *Soil Science* 11:5:330-336.
- Olsson, M.T.* (1986): Micromorphometric evaluation of artificial compaction of fine sandy till. *Forest Ecology and Management* 17:109-117.
- Olsson, M. and Melkerud, P.-E.* (1989): Chemical and mineralogical changes during genesis of a podzol from till in southern Sweden. *Geoderma.* In press.
- Persson, H.* (1980): Death and replacement of fine roots in a mature Scots pine stand. Ur: *Structure and function of northern coniferous forests* (T. Persson). *Ecological Bulletins* 32:251-260.
- Sjöberg, L.* (1985): The effects of pH and phthalic acid on labradorite dissolution kinetics. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 107:311-313.
- Skogsstatistisk årsbok* (1986): Sveriges officiella statistik. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Svanberg, O.* (1971): De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringssämnen. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium 37. Uppsala.
- Thompson, J., Robert, M. and Berrier, J.* (1988): Fungal activity in dissolution and precipitation of minerals. Agricultural Communications. Texas A&M University. Texas. 40.