BSAG
Baltic Sea Action Group

CARBON ACTION

# Markens odlingsskick

## – nyckeln till säkrare skördar och hållbar odling

# Innehåll

Förord ... 3

1 Vad menas med markens odlingsskick? ... 4

Fysikaliskt skick ... 5

Kemiskt skick ... 6

Biologiskt skick ... 7

2 Omsorg om markens odlingsskick har många fördelar ... 8

2.1 Goda skördar ... 8

2.2 Större skördesäkerhet ... 10

2.3 Bättre sjukdomsresistens ... 11

2.4 Växternas tillgång till vatten ... 12

2.5 Kvarhållning av näringsämnen ... 13

2.6 Fosforns tillgänglighet ... 14

2.7 Minskning av erosionen ... 15

2.8 Biologisk kvävefixering ... 16

2.9 Kolinlagring ... 17

2.10 Förebyggande av ogräs ... 19

2.11 Biologisk mångfald och markens odlingsskick går hand i hand ... 20

3 En översikt av metoderna för skötseln av markhälsan ... 21

3.1 Växtföljd ... 22

3.2 Jordförbättringsmedel ... 23

3.3 Behovsanpassad jordbearbetning ... 24

Till sist ... 25

Källor ... 26

Markens odlingsskick
– nyckeln till säkrare skördar och hållbar odling
BSAG 2025

| | | |
|---|---|---|
| Författare | Kati Berninger, Petra Egilmez, Anne Antman och Elisa Vainio | 1. upplagan maj 2025 |
| Svensk översättning | Heidi Rustanius | ISBN 978-952-65726-2-8 (mjuk pärm) |
| Pärmbild | Henri Uotila | ISBN 978-952-65726-3-5 (PDF) |
| Tryckeri | Grano Oy | |
| Layout | Mainostoimisto Kuke Oy | |
| Närmare upplysningar | bsag.fi | |

# Förord

Markens odlingsskick, även kallat markhälsan, är en av de viktigaste jordbruksresurserna. Åkerjordar i gott skick tål extrema väderförhållanden som till exempel torka eller störtregn bättre. Risken för att näringsämnen ska läcka ut till sjöar och vattendrag och därifrån ta sig ut i Östersjön är också mindre. Dessutom garanterar ett gott odlingsskick att marken innehåller organismer av många olika slag – vilket i sin tur ökar motståndskraften mot växtsjukdomar och skadeinsekter. God markvård kan öka skördesäkerheten, något som är positivt både för jordbrukarnas ekonomi och för Finlands livsmedelsförsörjning.

I den här publikationen sammanställde vi fakta om nyttorna av god markhälsa och om hur markhälsan inverkar på skördarna, åkrarna och miljön. Publikationen grundar sig på forskningslitteratur och vi har strävat efter att presentera aktuella forskningsrön, i synnerhet rön från Finland. Dessutom har vi lyft fram utländska undersökningar, särskilt svenska sådana, som kan tillämpas också på finländska förhållanden. Allt har vi ändå inte kunnat ta upp här. I publikationen fokuserar vi på mineraljordar, trots att en del av informationen går att tillämpa också på torvjordar. Forskning om den mångsidiga nyttan av ett gott odlingsskick pågår oavbrutet, och nya rön uppkommer hela tiden.

Arbetet för att förbättra odlingsskicket är långsiktigt. I slutet av den här publikationen finns en kort översikt av några utvalda metoder för skötseln av markhälsan. Här behandlar vi ändå inte metoderna desto mer ingående, eftersom det finns gott om andra källor där man hittar information om saken.

Den här publikationen bjuder alltså på rikligt med information om vilka nyttor man har av ett gott odlingsskick. Förhoppningsvis blir du som är jordbrukare och/eller äger åkrar inspirerad att fundera på odlingsskicket på dina åkrar och möjligheterna att utveckla det. Vi hoppas också att publikationen ska uppmuntra beslutsfattare att främja lösningar på de utmaningar som hör ihop med åkrarnas odlingsskick.

Vi tackar Tuomas Mattila vid Finlands miljöcentral och Layla Höckerstedt vid Meteorologiska institutet för att de faktagranskat publikationen.

Dessutom tackar vi Tuomas Mattila, Helena Soinne vid Naturresursinstitutet och Hanna Susi vid Helsingfors universitet för värdefulla intervjuer som de gav när publikationen skrevs.

Vi tackar också Eija Hagelberg för att hon föreslog den här publikationen och skisserade upp en stomme till den samt Terhi Mäkilä, Jenni Jääskeläinen och Katri Salovaara vid Baltic Sea Action Group för värdefulla kommentarer under olika etapper av skrivprocessen.

Publikationen skrevs huvudsakligen av Kati Berninger vid Tyrsky-Konsultointi Oy på uppdrag av Baltic Sea Action Group. I skrivarbetet deltog Petra Egilmez (Tyrsky-Konsultointi Oy) samt Anne Antman och Elisa Vainio (Baltic Sea Action Group).

Läsglädje tillönskas alla!

3.3.2025
Kati Berninger, Anne Antman och Elisa Vainio

# 1 Vad menas med markens odlingsskick?

**Välmående mark fungerar** bra och klarar av att producera ekosystemtjänster, t.ex. producera skörd, lagra vatten, kol och näringsämnen samt upprätthålla ett mångsidigt organismsamhälle. Markhälsan är en följd av markorganismernas aktivitet. Odlingsjordens hälsa och förmåga att skapa förhållanden som är gynnsamma för grödorna kallas odlingsskick eller markhälsa. Markens fysikaliska, kemiska och biologiska kvalitet betraktas ofta som komponenter i odlingsskicket. De olika delområdena växelverkar ändå intensivt med varandra.[1]

**Hurdant är då ett gott odlingsskick?** Tabell 1 ger en översikt av vad som kännetecknar ett gott respektive dåligt fysikaliskt, kemiskt och biologiskt skick. Jordbrukaren kan bedöma odlingsskicket genom mätningar och iakttagelser (Bild 1).

*Tabell 1. Tecken på ett gott respektive dåligt odlingsskick.*

| | Gott odlingsskick | Dåligt odlingsskick |
|---|---|---|
| Fysikaliskt skick | Marken är lucker och lättarbetad | Ställvis är marken packad |
| | Regnvattnet sugs snabbt upp, och på våren torkar marken snabbt | Vattenpölar bildas på åkern |
| | Vatten lagras i marken för växternas behov | Åkern suger inte upp vatten, regnvattnet rinner bort längs ytan |
| Kemiskt skick | Marken innehåller de näringsämnen som växterna behöver, i rätt mängd och proportion och i en form som växterna kan tillgodogöra sig | Marken innehåller för litet av något näringsämne, eller mängden av näringsämnen är inte i balans |
| | Markens pH är nästan neutralt | Marken är sur |
| Biologiskt skick | Markens mullhalt är tillräcklig | Marken är mullfattig |
| | Det finns mycket daggmaskar i åkern | Det finns lite daggmaskar i åkern |
| | Nedbrytningen är aktiv | Växtresterna bryts inte ner |

**Hur känner man igen ett gott odlingsskick?** I faktarutan här invid nämns källor där du kan leta fram information om bedömning av odlingsskicket.

I de följande underavsnitten beskrivs de viktigaste egenskaperna hos odlingsskickets olika delområden.

Information om bedömning av markens odlingsskick hittar du bl.a. här:

**Grunderna i regenerativ odling, kapitel 11: Mät och observera**
https://courses.minnalearn.com/sv/courses/regenfarming/mittaa-ja-havainnoi/

**Skiftesvis markvårdsplan**
https://www.bsag.fi/sv/materialen/skiftesvis-markvardsplan

**Ruralia-institutet vid Helsingfors universitet, webbplatsen för markens odlingsskick** (mestadels på finska)
www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/opetus/maan-kasvukunto

1 Europeiska kommissionen 2023; Mattila & Rajala 2017; Mattila m.fl. 2018; Svensk Kolinlagring 2024

*Bild 1. Jordbrukare i färd med att bedöma markstrukturen. Vid visuell bedömning av markstrukturen (ett så kallat Markstrukturtest) bedöms och poängsätts egenskaperna hos en spadfull jord. Foto: Eija Hagelberg.*

## Fysikaliskt skick

**Markstrukturen** är en viktig komponent i odlingsskicket. Den har en väsentlig inverkan på bl.a. åkerns vattenhushållning, kvarhållningen och transporten av näringsämnen samt rötternas tillväxt. Marken består av fast material som innehåller både mineraler och organiskt material. Mellan de partiklar och aggregat som det fasta materialet bildar finns det porer som innehåller vatten och luft.[2] (Bild 2)

Mark där strukturen är god känner man igen på att vattnet snabbt sugs upp och aggregatstrukturen är stabil. En stabil aggregatstruktur ger en hållfast och porös markstruktur. När strukturen är som den ska förmår marken hålla kvar tillräckligt med vatten för växternas behov, men porerna är tillräckligt stora för att avleda överlopps vatten. Markens porositet har en väsentlig inverkan på syrehushållningen i marken och den vägen på bl.a. mikrobernas artsammansättning och biologiska aktivitet.[3]

Markens vattenhushållning baserar sig på välfungerande dränering, som alltså är en central faktor när det gäller att upprätthålla markens fysikaliska skick.

2 Alakukku & Pietola 2002, Alakukku 2016
3 Alakukku 2016; Ravander m.fl. 2019

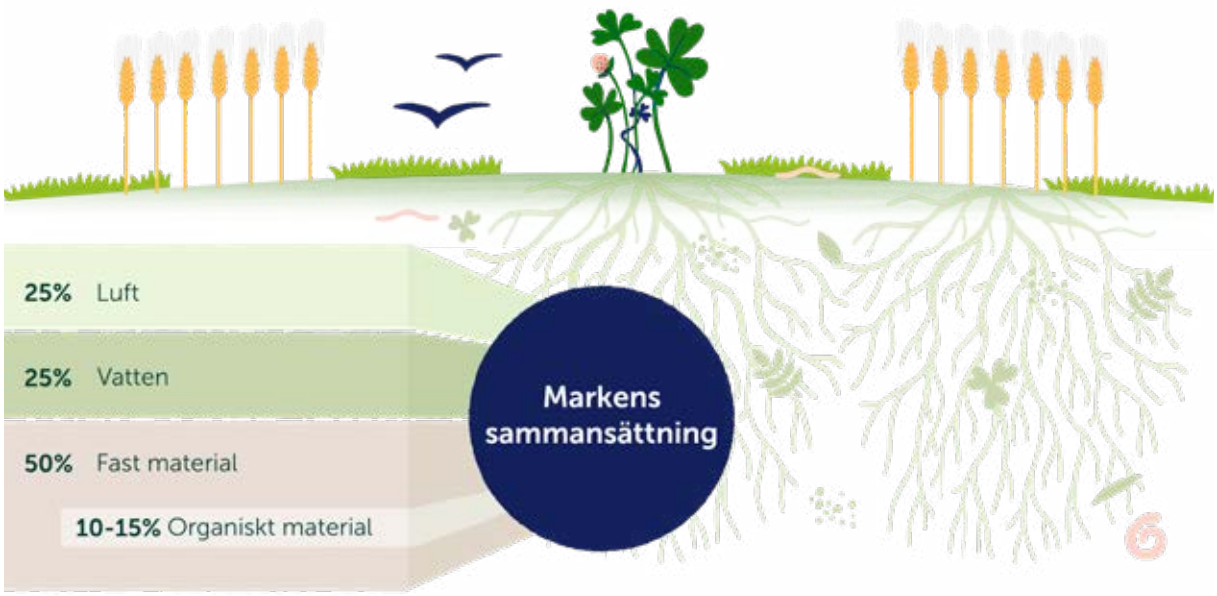


*Bild 2. Marken består av fast material samt av vatten och luft som finns inne i porerna. Det fasta materialet består dels av mineraler, dels av organiskt material. Andelen vatten och luft kan variera mellan olika jordarter.*

## Kemiskt skick

I mark där odlingsskicket är gott finns en för växterna lämplig mängd huvud- och binäringsämnen samt spårämnen i rätt proportion. Brist på näringsämnen stör växternas tillväxt, men också en alltför stor mängd näringsämnen kan medföra problem för växterna och öka belastningen av sjöar och vattendrag. För att nämna ett exempel kan riklig tillgång till kväve (N) öka risken för växtsjukdomar. Å andra sidan ökar en stor mängd kol (C) i marken mikrobernas nedbrytningsaktivitet, vilket i sin tur förbrukar mer av markens kväveförråd. Då behöver det säkerställas att växterna får tillräckligt med kväve. Växternas tillväxt är beroende av det näringsämne som det finns lite av i förhållande till behovet. Tillväxten begränsas redan när ett enda nödvändigt näringsämne finns i otillräcklig mängd, även om tillgången till övriga näringsämnen är god.

Näringsämnena i marken kan vara lösta i markvätskan, ha formen av utbytbara joner på markpartiklarnas yta, förekomma i mineraliska ämnen eller vara bundna till organiskt material. Det är viktigt att marken har kapacitet att lagra näringsämnen och att näringsämnena är i en form som växterna kan tillgodogöra sig eller lätt omvandlas till en sådan form. Samtidigt bör näringsämnena vara skyddade mot läckage (urlakning). Markens kemiska skick omfattar därför olika kemiska och biologiska processer som har att göra med hur näringsämnena binds i och omvandlas från en kemisk form till en annan. Till de viktigaste hör processer som hör samman med katjonbytet i marken och kvävets (N) och fosforns (P) kretslopp. Fosforns kretslopp beskrivs i avsnitt 2.6 och katjonbyteskapaciteten i avsnitt 2.5. Den biologiska kvävefixeringen beskrivs i avsnitt 2.8.

Surheten (pH) i mark som är i gott skick ligger på en nivå som är lämplig för grödorna, vilket betyder att marken är neutral eller lindrigt sur. I Finland är alltför stor surhet ett allmänt problem, eftersom marken hos oss är naturligt sur och lätt försuras. Surheten påverkar näringsämnenas löslighet, på så sätt är den illa för grödornas tillväxt och minskar skördarna i och med att näringsupptaget försvåras. Dessutom inverkar surheten på mikrobaktiviteten och nedbrytningen av organiskt material.[4]

Till exempel är fosforns löslighet störst i neutral jord (pH 6,0–7,0), men i sur eller basisk jord kan fosforn fällas ut så att växterna inte kan tillgodogöra sig den.

4 Yli-Halla & Simojoki 2017

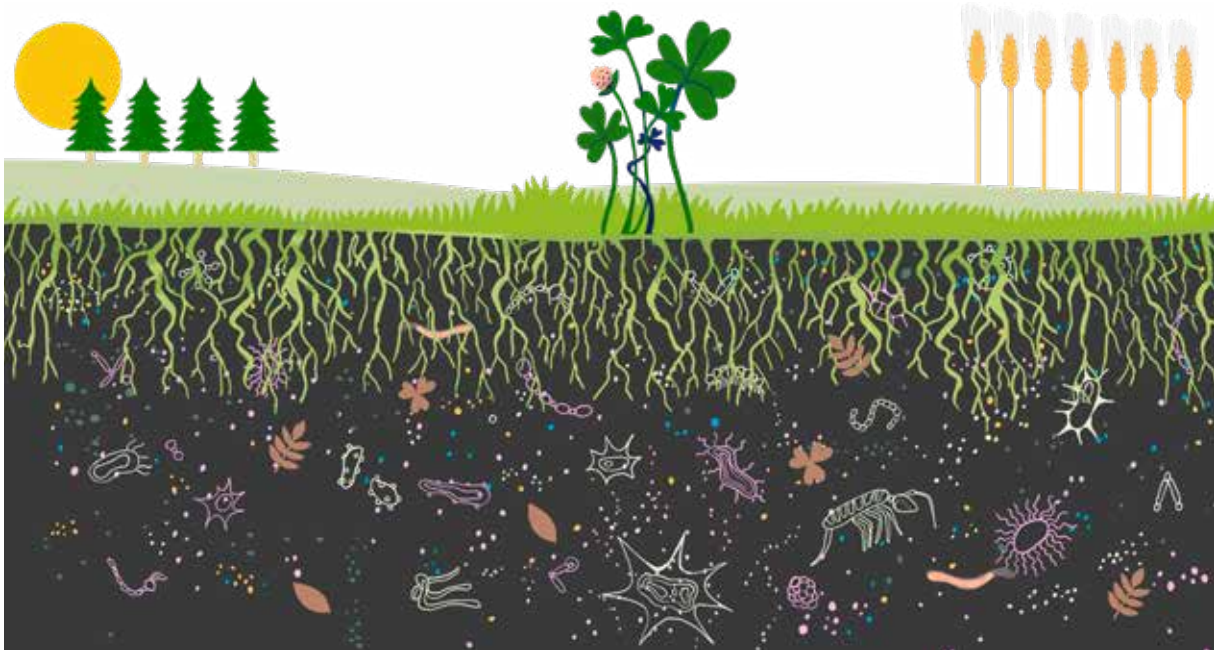

*Bild 3. Markens mångsidiga näringsväv inbegriper växterna och deras rötter, organiskt material i olika nedbrytningsstadier, djur som lever i marken (bl.a. daggmaskar, spindlar, kvalster och hoppstjärtar), olika mikrober (bl.a. svampar och bakterier) och urorganismer.*

## Biologiskt skick

Ett gott biologiskt skick betyder att markens näringsväv är mångsidig (Bild 3). Där ingår växter av varierande slag och deras olika rötter. I marken råder stor mikrobaktivitet, och där finns också större organismer såsom daggmaskar. Mikroberna luckrar jorden, omvandlar kolföreningar och bidrar till näringsämnenas kretslopp. Tack vare mikroberna har växterna tillgång till en större mängd näringsämnen, så gödslingsbehovet minskar. Till mikroberna hör också svampar, av vilka mykorrhizasvamparna är särskilt nyttiga för växterna genom att tillsammans med växtrötterna bilda svamprot, mykorrhiza. Mykorrhizan främjar växternas näringsupptag. Å andra sidan orsakar många svampar växtsjukdomar. Daggmaskarna luckrar jorden, och deras gångar ger plats för växtrötter och bidrar till bättre vattengenomsläpplighet och gasutbyte.[5]

När odlingsskicket är gott är mullhalten tillräcklig, marken innehåller alltså rikligt med organiskt material som bildas när mikroberna bryter ned växtrester, rotbiomassa och rotutsöndringar (rotexudat). När åkrarna markkarteras visar analysresultaten markens mullhaltsklass (mullfattig, mullhaltig, mullrik, mycket mullrik, mulljord, torvjord). Det organiska materialet i marken befinner sig i olika nedbrytningsstadier, och nedbrytningen frigör näringsämnen som sedan kan utnyttjas av växterna på nytt. Material som är lättnedbrytbart utgör föda för markorganismerna, medan det stabila organiska materialet utgör reaktionsyta för de kemiska reaktionerna i marken. Vardera har sin betydelse för uppkomsten av aggregat och för aggregatstrukturens stabilitet. Det organiska materialet förbättrar bl.a. den mikrobiologiska aktiviteten i jorden och vattenhushållningen.[6]

5 Hartikainen 2016a
6 Brady & Weil 2017; Heinonsalo 2020

# 2 Omsorg om markens odlingsskick har många fördelar

## 2.1 Goda skördar

Växternas tillväxt och skördebildning bestäms till stor del av deras genetiska egenskaper samt av vädret och marken[7]. Med tanke på växtstarten, näringsupptagningen och därigenom skördebildningen är det viktigt att markbördigheten och tillväxtförhållandena är i sin ordning. Odlingsskicket har en avgörande inverkan på skördemängderna och på utnyttjandet av produktionsinsatser samt på odlingens lönsamhet och miljöeffekter.

*Bild 4. Ett förbättrat odlingsskick ökar odlingssäkerheten och minskar behovet av gödsel- och växtskyddsmedel. På bilden en fånggröda under skördeväxten. Foto: Eliisa Malin.*

Medelskördarna av spannmål i Finland är ungefär 3–4 ton per hektar och år. Enligt Naturresursinstitutets statistik över den tiondedel av gårdarna i respektive område som har nått den bästa skördenivån (statistik över skördepotentialen) kan hektarskördarna på de bästa jordarna vara ungefär 1,2–2,0 ton högre än genomsnittet. Årsvariationen och variationen mellan områdena är ändå avsevärd, och det är inte sällsynt med hektarskördar på mer än 7 ton. Den landskapsvisa statistiken över skördepotentialen ger riktlinjer för potentialen hos ett gott odlingsskick, samtidigt som den ger jordbrukarna en chans att jämföra sin egen skörd med områdets bästa skördar.[8]

**Markstrukturen** är i nyckelställning när man vill öka skördeproduktionsförmågan och effektivisera användningen av produktionsinsatser. God markstruktur främjar bl.a. rötternas tillväxt och förbättrar växternas tillgång till vatten och näringsämnen. I mark med god struktur kan rötterna ta sig fram till vatten och näringsämnen. I packad jord är i stället det mekaniska motståndet stort så att rötternas energi går till att tränga in i jorden, därför förblir rotsystemet tätt och grunt. Ju mer utbredda odlingsväxternas rötter är, desto större vattenreserv har växten tillgång till. En effektiv upptagning av näringsämnen kräver att det finns vatten i marken samt att rötterna har god jordkontakt och att rotsystemet är välutvecklat.[9] (Bild 5).

Det har vid flera försök konstaterats att markpackning minskar skördarna[10] . Enligt Keller m.fl. kan dålig markstruktur begränsa skördarna ända upp till 20–30 %, och rötternas tillväxt kan minska med så mycket som 50 %.[11]

7 Jaakkola 1992, s. 177
8 Naturresursinstitutet 2024, 2025
9 Ball m.fl. 2005; Mattila & Rajala 2017
10 bl.a. Bakken m.fl. 1987, Whalley m.fl. 2008
11 Keller m.fl. 2019

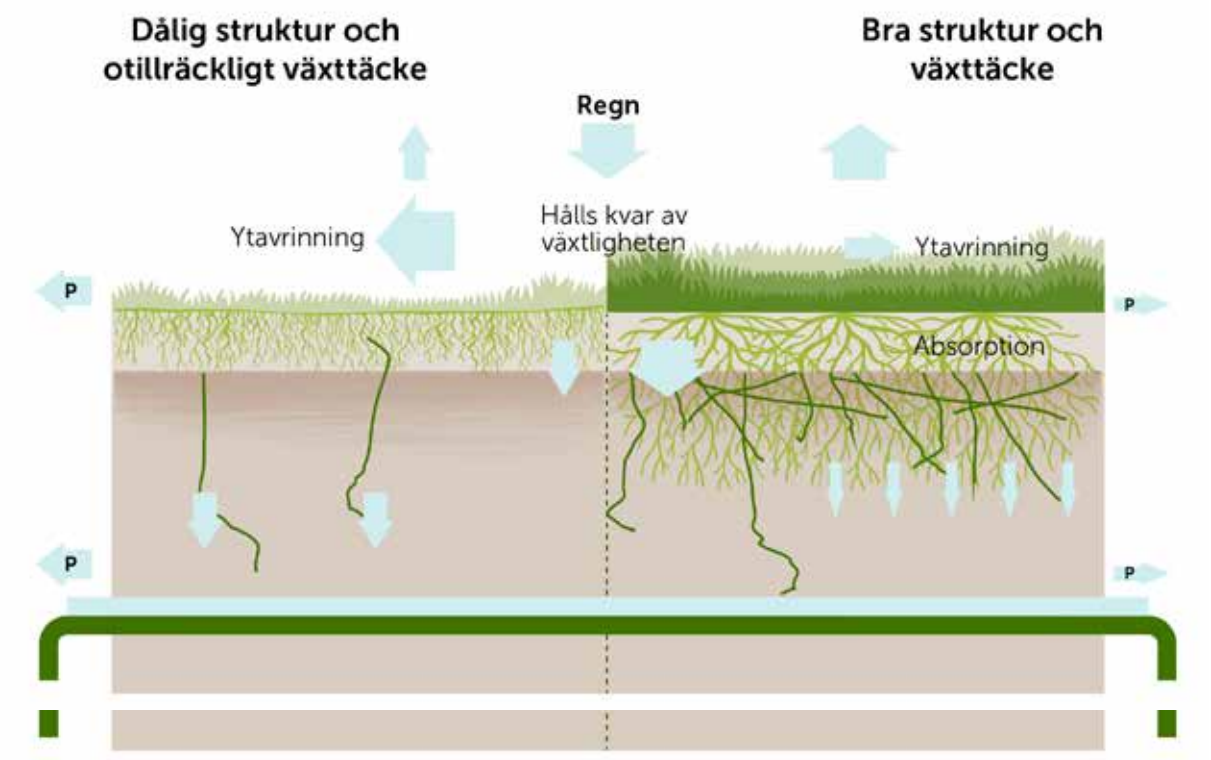


*Bild 5. Mark i gott skick förmår suga upp vatten och också hålla kvar vattnet länge i porerna, där det är inom räckhåll för växtrötterna. Sådan mark fungerar alltså som en tvättsvamp. Eftersom mycket vatten sugs upp minskar ytavrinningen. Ett bra växttäcke avdunstar effektivt vatten och torkar upp jorden. Växtrötterna tränger djupt ner och breder ut sig i ett stort område, där de utnyttjar vattnet och näringsämnena. Också avrinningen via täckdiken minskar och risken för fosforurlakning avtar. I mark som är i dåligt skick växer växterna däremot dåligt, och markens vattenhållningskapacitet är svag. Avdunstningen är liten, men yt- och täckdikesavrinningen är stor.*

När halten av **organiskt material** i marken stiger är det mycket som förbättras: markens vattenhållningskapacitet och mängden vatten som är tillgängligt för växterna, vattenuppsugningen och markaggregatens vattentålighet, och därmed markens förmåga att producera skörd. Exempelvis Kätterer och Bolinder noterade att tillförsel av organiskt material till majsåkrar gav betydande skördeökningar, om tillgången till kväve var tillräcklig och markens pH-tal var lämpligt[12]. Enligt dem berodde skördeökningen till största delen på att markens vattenhållningskapacitet hade blivit bättre.

Det har konstaterats att markens porositet och aggregatstruktur blir bättre när organiskt material tillförs. Organiskt material gör aggregaten stabilare, mer elastiska och mer vattenavvisande, vilket gör att deras vattentålighet förbättras. Samtidigt blir marken mer lättarbetad, och den packas inte lika lätt.[13]

Mängden av organiskt material i marken kan också inverka på tillgången till kväve och den vägen på skördemängden. Markens förmåga att lagra näringsämnen är beroende av lerhalten och mängden organiskt material. Soinne m.fl. observerade att det på lerjordar där halten av ler är hög i proportion till mängden kol förekommer en risk för låg skördenivå på grund av att kvävet mineraliseras i ringa omfattning[14]. På sådana jordar behövs mera organiskt kol än på jordar med lägre lerhalt för att samma skördenivå ska nås. I samma undersökning konstaterades det att kväveutnyttjandet i mineraljordar med grov struktur blev effektivare när halten av organiskt kol i jorden steg.

12 Kätterer & Bolinder 2024
13 Alakukku 2016; Brady & Weil 2017; Pagliai m.fl. 2004
14 Soinne m.fl. 2020

## 2.2 Större skördesäkerhet

*Bild 6. När odlingsskicket är dåligt blir vattnet stående på åkern. Foto: Henri Uotila.*

Extrema väderförhållanden, bland annat skyfall och perioder av torka, väntas bli allmännare också i de nordliga områdena i och med klimatförändringen. Tidiga värmeböljor och sen frost kan hämma växternas utveckling. Grödorna utsätts allt oftare för torka eller för att marken blir vattenmättad på grund av stor nederbörd[15]. I och med klimatförändringen stiger medeltemperaturen och då ökar avdunstningen, vilket kan förvärra torkan.

När klimatet blir varmare ökar risken för dåliga skördeår, eftersom grödorna tvingas att växa i förhållanden som de inte är anpassade till. Högre temperaturer ökar också de skördeförluster som sjukdoms- och insektsangrepp orsakar.[16]

Ett gott odlingsskick utgör en buffert som upprätthåller skördeproduktionsförmågan i växlande tillväxtförhållanden. Genom att förbättra odlingsskicket kan jordbrukarna höja skördesäkerheten och minska sjukdomsrisken.

Mark med god struktur är stabilare och klarar bättre av extremt väder. Torka kan påverka markens kemiska, fysikaliska och biologiska funktioner som är nödvändiga för växt- och markhälsan. Den synligaste effekten är att växternas näringsupptag försvåras, men torka kan också inverka på mikrobaktiviteten. Det har konstaterats att en god vattenhållningskapacitet i marken ökar bl.a. vetets biomassa och skördeavkastning i ett torrt klimat[17].

Det organiska materialet i marken är en viktig indikator på markens hälsa. Jordar där halten av organiskt material är hög har en koppling till högre skördar också i torra förhållanden[18]. Tillförsel av organiskt material till marken kan göra skörden stabilare, särskilt i anslutning till extrema väderfenomen[19]. Odlingsmetoder som ökar mängden organiskt material är därför ett bra sätt att anpassa sig till att klimatförändringen för med sig att de torra perioderna blir allmännare också i nordliga förhållanden[20].

Mark med god struktur slammar inte upp ens vid häftiga regn. Dess vattengenomsläpplighet är effektiv och bärförmågan är bra. I exempelvis förhållanden där marken är vattenmättad har man bland annat observerat att kornrötterna slutar växa, vilket försvagar skörden[21]. Dålig rottillväxt försvårar bland annat näringsämnesupptaget.

15 Teng m.fl. 2024; Ylivainio m.fl. 2017
16 Teng m.fl. 2024
17 He & Wang 2019
18 Kane m.fl. 2021; Mahmood m.fl. 2023
19 Mahmood m.fl. 2023
20 Kätterer & Bolinder 2024
21 Trought & Drew 1980

## 2.3 Bättre sjukdomsresistens

Odlingsskicket inverkar direkt på växternas hälsa och mottaglighet för växtsjukdomar. Ett gott odlingsskick innebär att marken erbjuder växterna optimala förhållanden, till exempel näringsämnen, vatten och syre, som stöder en frisk tillväxt. Mark i dåligt skick kan däremot försvaga växternas motståndskraft (resistens) och göra dem mer mottagliga för växtsjukdomar. Enligt en översikt som Thakur m.fl. sammanställt är fuktighet, temperatur, surhet och näringsämnen de markfaktorer som påverkar växternas sjukdomsresistens allra mest[22].

Lämplig och balanserad tillgång till näringsämnen är en nyckel till växternas sjukdomsresistens. Exempelvis kalium är ett viktigt näringsämne för tillväxt, det hjälper växterna att klara av bland annat stress som orsakas av växtsjukdomar. Kväveunderskott kan försvaga vävnaderna, då blir växterna mottagligare för svampinfektioner. Å andra sidan kan överstor tillgång till kväve utsätta växterna för växtsjukdomar. Rätt näringsämnesbalans ökar också växternas förmåga att motarbeta eller tåla skadeinsekter. För att nämna ett exempel kan överdriven användning av kvävegödselmedel öka också de skador som skadeinsekterna åstadkommer.[23]

Markens surhet inverkar på förekomsten av patogener samt på hur mikrobfloran i marken är sammansatt och på dess jämvikt. Bevarandet av en lämplig surhet kan hjälpa till att minska antalet patogener i jorden och främja växternas sunda tillväxt. Exempelvis dör sporer av klumprotsjuka (orsakad av klumprotssvampen Plasmodiophora brassicae) när pH är över 7,2, därför kan kalkning bidra till att bekämpa sjukdomen[24]. Å andra sidan är sur jord med ett pH-tal under 5,5 till hjälp när det gäller att bekämpa vanlig skorv på potatis (orsakad av Streptomyces-bakterier)[25].

*Bild 7. Bladfläcksjukdomar och rost av olika slag är allmänna växtsjukdomar hos spannmålsväxter. Foto: Eliisa Malin.*

Tack vare den biologiska aktiviteten i jorden kan växternas exponering för sjukdomsalstrare minska, samtidigt som deras motståndskraft mot dessa ökar. Mark där odlingsskicket är gott stöder ett mångformigt och balanserat mikrobiom. Ett mångformigt mikrobiom minskar sjukdomstrycket i växtens rötter, eftersom sjukdomsalstrarna får konkurrens av de övriga mikroberna. En del mikrober kan också bilda föreningar som är giftiga för sjukdomsalstrare. Ett mångformigt mikrobiom kan förbättra växternas näringshushållning och markstrukturen, i synnerhet via en förbättrad aggregatstruktur. Nyttiga mikrober så som kvävefixerande bakterier eller mykorrhizasvampar som bildar mykorrhiza (svamprot) tillsammans med växter hjälper växterna att motstå växtsjukdomar.[26]

Om en och samma växtart eller växtarter som tillhör ett och samma släkte odlas på ett skifte flera år i rad börjar sjukdomar och skadedjur som är typiska för den arten eller det släktet klara sig bättre. En mångsidig växtföljd förebygger sjukdomar och skadedjur.[27] Mångsidiga växtföljder behandlas mer ingående i avsnitt 3.1.

22 Thakur m.fl. 2021
23 Altieri & Nicholls 2003; Thakur m.fl. 2021; Tripathi m.fl. 2022
24 Myers & Campbell 1985
25 Lambert & Manzer 1991; #Peruna365 2025
26 Cappelli m.fl. 2022; Liu-Xu m.fl. 2024
27 Peters m.fl. 2003

## 2.4 Växternas tillgång till vatten

I Finland faller största delen av nederbörden utanför växtperioden. Växternas tillgång till vatten påverkas i hög grad av markens kapacitet att lagra vatten inför växtperioden och växternas förmåga ta upp vatten med rötterna.

Mark i gott skick är vattengenomsläpplig till och med när det regnar häftigt. Överflödigt vatten sugs upp snabbt, det blir inte stående på åkern. Mark i gott skick lagrar också vatten. Växterna använder just det här lagrade vattnet för sin tillväxt.[28] (Bild 8)

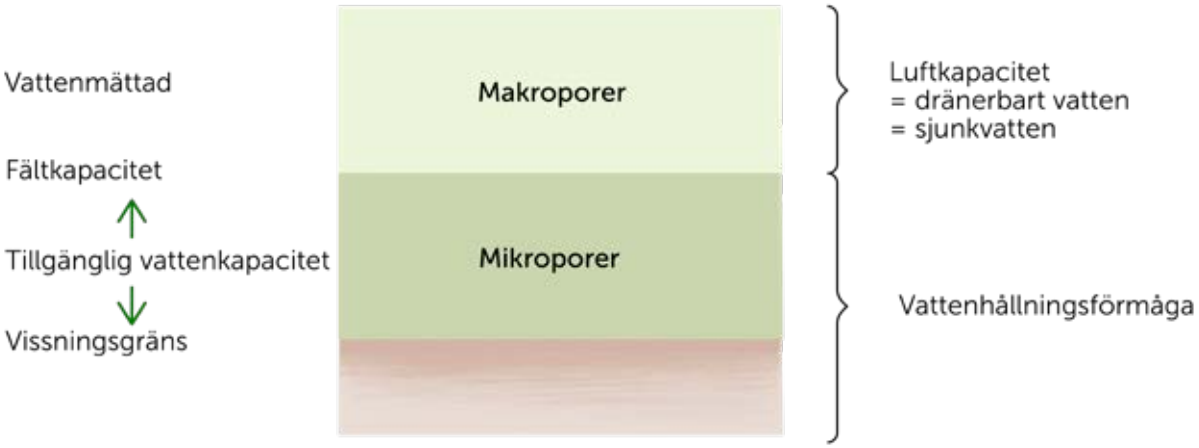


*Bild 8. Lagring av vatten i jord. Om markens odlingsskick är gott rinner vattnet rätt så snabbt ut ur makroporerna efter att det har regnat. Det återstående vattnet som är lagrat i mikroporerna kallas fältkapacitet. Växterna kan ta vara på vattnet i jorden ända till vissningsgränsen. Skillnaden mellan fältkapaciteten och vissningsgränsen är lika med mängden vatten som växterna kan tillgodogöra sig, alltså den tillgängliga vattenkapaciteten.*

**Markens vattenhållningskapacitet** påverkas av markstrukturen och i någon mån också av mängden organiskt material. Det väsentliga i fråga om strukturen är att porositeten är lämplig och aggregatstrukturen är stabil. Vid vård av markstrukturen ska man försöka undvika markpackning. En bra markstruktur gör att **rötternas tillväxtförhållanden är goda**, vilket förbättrar växternas vattenupptagning. När rötterna tränger djupt ner och breder ut sig kan växterna dra större nytta av vattenförrådet i marken.[29]

Ett sätt att förbättra odlingsjordens struktur är att använda fånggrödor, i synnerhet djuprotade växter[30].Fånggrödor ökar vattenuppsugningen i mark genom att skydda markytan, minska ytavrinningen och förbättra markens porstruktur[31]. Det här kan öka mängden vatten som är tillgängligt för växterna. Å andra sidan har det också konstaterats att fånggrödor ökar avdunstningen[32].

28 Libohova m.fl. 2018
29 Libohova m.fl. 2018; Mattila 2014; Minasny & McBratney 2018
30 Mattila 2024
31 Blanco-Canqui m.fl. 2015; Malin 2020
32 Meyer m.fl. 2019

## 2.5 Kvarhållning av näringsämnen

Kvarhållningen av näringsämnen och näringsämnenas tillgänglighet för växterna utgör en viktig del av markens kemiska odlingsskick. Fosforn i jorden är till stor del bunden vid markmineral. Kretsloppet för och kvarhållningen av fosfor behandlas i avsnitt 2.6.

Kvävet beter sig på ett annat sätt. Det oorganiska kvävet i mark strävar efter att omvandlas till nitrat ($NO^{3-}$), som lätt urlakas om växterna inte binder det. Kväve som är bundet till organiskt material är inte tillgängligt för växterna utan frigörs till följd av den nedbrytning som mikroberna står för. Mest kväve finns det i luften. Genom biologisk kvävefixering antar det här kvävet en form som är användbar för växterna. Biologisk kvävefixering behandlas i avsnitt 2.8.

**Katjonbyteskapaciteten** uttrycker markens kapacitet att binda och avge näringsämnen. Den är en del av det kemiska odlingsskicket. Övriga delområden i markens odlingsskick inverkar på katjonbyteskapaciteten.

Katjonbyteskapaciteten hos mark i gott skick är stor (Bild 9). I katjonbytesreaktionen binds positivt laddade joner (katjoner) till marken. De för växterna viktiga näringsämnena kalium (K), kalcium (Ca) och magnesium (Mg) är tillgängliga för växterna just i form av katjoner. Också ammoniumkväve ($NH^{4+}$) har formen av katjoner. Allra mest specifik yta för bindning av näringsämnen finns det i så kallad finjord, såsom lerjord. Likaså är katjonbytesytorna många till antalet i jord som innehåller en stor mängd organiskt material.[33]

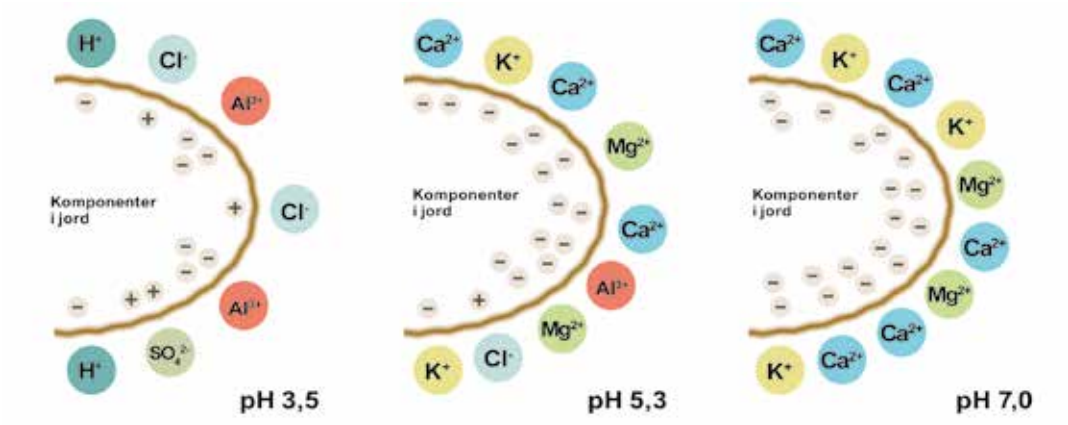


*Bild 9. Markens katjonbyteskapacitet är ett viktigt mått på odlingsskicket. Näringsämnen i katjonform binds till markpartiklarnas ytor, därifrån de frigörs för växternas bruk. Mark i gott skick lagrar effektivt näringsämnen, men de är ändå tillgängliga för växterna. Surhet, alltså ett lågt pH-värde, minskar katjonbyteskapaciteten. Bilden är en modifikation av bild 2 i källan Sonon m.fl. 2014.*

Katjonbyteskapaciteten påverkas av jordens lerhalt, surhet och innehåll av organiskt material. Om jorden blir surare minskar dess katjonbyteskapacitet. Det beror på att vätejonerna ersätter näringskatjonerna på partiklarnas ytor. Då händer det lätt att näringskatjonerna urlakas och inte längre är tillgängliga för växterna. Katjonbyteskapaciteten kan förbättras genom tillförsel av organiskt material till marken och höjning av pH-värdet.[34]

Mattila och Vihanto konstaterade att katjonbyteskapaciteten och pH-värdet var på en god nivå på största delen av de åkrar i Finland som undersöktes, men att katjonbyteskapaciteten var låg på ungefär en femtedel av åkrarna[35]. Förmågan att hålla kvar näringsämnen skulle kunna förbättras genom en ökning av det organiska materialet i jorden.

33 Kirkby 2012
34 Kirkby 2012; Lemola m.fl. 2018
35 Mattila & Vihanto 2024

## 2.6 Fosforns tillgänglighet

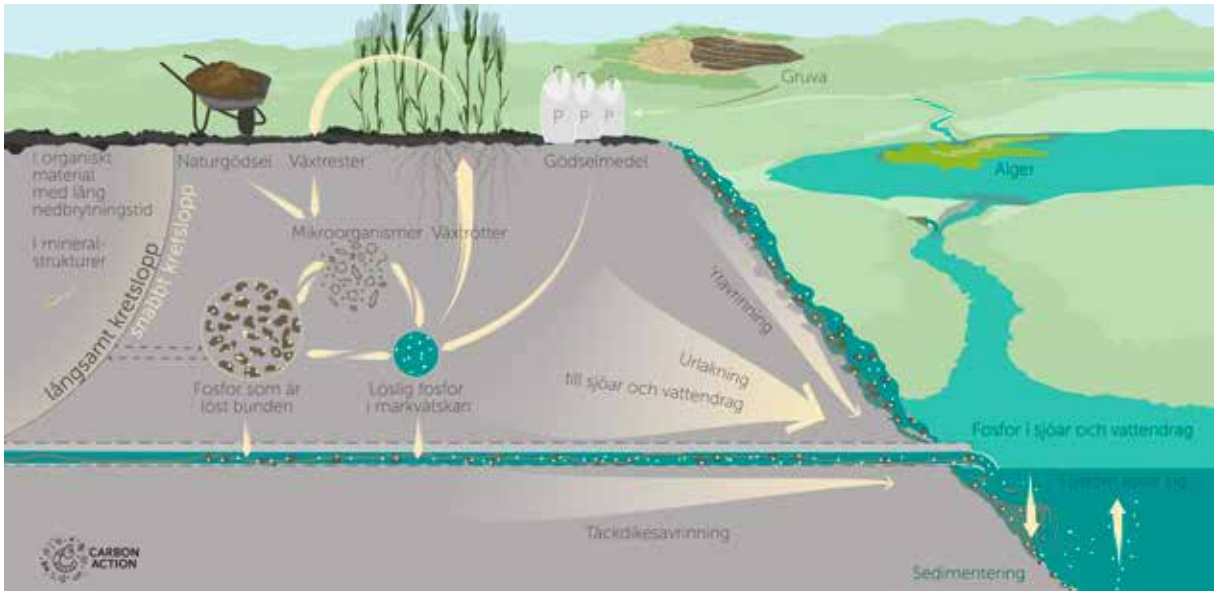


*Bild 10. Åkern tillförs fosfor i form av naturgödsel (stallgödsel) och oorganiska gödselmedel som härrör från ändliga resurser, dvs. gruvdriftsprodukter. Dessutom frigörs fosfor ur växtrester och till följd av att fosfor som varit bunden till markpartiklar långsamt frisätts. Urlakningsrisken växer, om fosforhalten är hög och en svag markhälsa begränsar växternas fosforupptag. Bild: Núria Altimir.*

Fosfor (P) är ett makronäringsämne som är viktigt för växterna. Det har stor betydelse särskilt i början av tillväxten. I växtproduktionen är det därför viktigt att trygga tillgången till fosfor i en form som är lättillgänglig för växterna och att samtidigt minimera urlakningen av fosfor till sjöar och vattendrag. Här spelar utnyttjandet av fosforförrådet i marken en nyckelroll. En hög fosforutnyttjandegrad minskar förutom urlakningen och den därav orsakade eutrofieringen (övergödningen) av vattendrag också användningen av fosfor från gruvdrift, som är en sinande resurs.[36] (Bild 10)

I marken finns naturliga fosforförråd. Dessutom har fosfor anrikats till följd av att fosforgödslingen under gångna årtionden överstigit växternas behov. På 2000-talet har fosforanvändningen effektiviserats, vilket märks genom lägre fosfortal i åkrarna. Både åkrarnas genomsnittliga fosfortal och andelen areal i de högsta fosforklasserna har sjunkit betydligt. Å andra sidan har också andelen areal i de lägsta fosforklasserna stigit. Fosforgödslingen bör därför anpassas till växternas behov och till mängden tillgänglig fosfor i marken.[37]

För att fosforbelastningen på sjöar och vattendrag ska minska är det viktigt att granska åkrar med ett särskilt högt fosfortal och att försöka utnyttja fosforn i dem effektivare. Det har dessutom konstaterats att åkrarna kan ha svagt avkastande delar där fosfor har anrikats. Mattila föreslår att lokala objekt där fosforbelastningen utgör en risk åtgärdas genom uppluckring och fånggrödor[38]. På så sätt kan den anrikade fosforn avlägsnas från skiftet med odlingsväxternas hjälp.

Odlingsskicket inverkar på växternas fosforutnyttjande. Fosfor förflyttar sig trögt i jorden, så goda tillväxtförhållanden för växtrötterna är viktiga när det gäller att främja ett effektivt fosforutnyttjande. Om markstrukturen och vattenhushållningen är i sin ordning har rötterna chansen att tränga djupt och samtidigt breda ut sig. I sur jord händer det lätt att fosforn binds i en form som växterna inte kan utnyttja, därför gör kalkning fosforn mer tillgänglig för växterna. Det organiska materialet i mark och mikrobaktiviteten i anslutning till det förbättrar likaså fosforns tillgänglighet för växterna.[39]

36 Berninger m.fl. 2018; Mattila 2024
37 Lemola m.fl. 2023; Valkama ym. 2009
38 Mattila 2024
39 Hartikainen 2016b; Mattila & Rajala 2018

## 2.7 Minskning av erosionen

*Bild 11. Ett vintertida växttäcke, till exempel odling av höstsäd, minskar risken för jorderosion. Foto: Eija Hagelberg.*

Vid jorderosion (jordförlust) transporteras det skikt som innehåller organiskt material bort med vattnet eller vinden, så erosionen leder till förlust av odlingsjordarnas värdefulla fruktbara ytjord. På samma gång forslas eutrofierande fosfor till sjöar och vattendrag. Odlingsskicket – framför allt markstrukturen och vattenhushållningen – har stor inverkan på hur stor erosionen är.[40]

Om jordaggregaten är stabila lösgörs markpartiklarna inte så lätt när de utsätts för regn eller avrinningsvatten. Det här förebygger erosion, som sker när åkrarnas finjord rymmer ut i sjöar och vattendrag. För bevarande av ytjordens aggregatstabilitet behövs en tillräcklig mängd organiskt material, särskilt på lerjordar.[41]

Vattenhushållningen har en väsentlig inverkan på erosionsbenägenheten. Därför är det viktigt att se till att markstrukturen är god och att dikningen fungerar bra. Porernas fördelning och storlek påverkar markens vattenhållningskapacitet vid regn. Packad jord hindrar vattnet från att röra sig neråt, det här ökar ytavrinningen. Ytavrinningen kan transportera markpartiklar, näringsämnen och skadliga ämnen till sjöar och vattendrag och på så sätt försämra vattenkvaliteten.

Enligt Soinne m.fl. är lerjordar där det finns bara lite organiskt material och dräneringen är svag extra utsatta för erosion[42]. Det skulle därför vara viktigt att identifiera sådana riskområden och förbättra dräneringen där.

Risken för jorderosion kan minskas genom att växttäcket vintertid ökas och jordbearbetningen minskas. Växttäcket kan ökas till exempel med hjälp av skyddszoner, fånggrödor eller höstsäd. Vid undersökningar i Finland har det konstaterats att skyddszoner med ett permanent växttäcke minskar risken för erosion på sluttande åkrar och samtidigt risken för urlakning av fosfor i partikulär form[43]. Allmänt har det konstaterats att fånggrödor minskar den erosion som vatten orsakar, men hur stor inverkan är beror på växtens tillväxt och växtarten[44] .

40 Soinne m.fl. 2016
41 Soinne m.fl. 2016; Ravander m.fl. 2019
42 Soinne m.fl. 2016
43 Uusi-Kämppä 2005; Uusi-Kämppä & Jauhiainen 2010
44 Blanco-Canqui m.fl. 2015

## 2.8 Biologisk kvävefixering

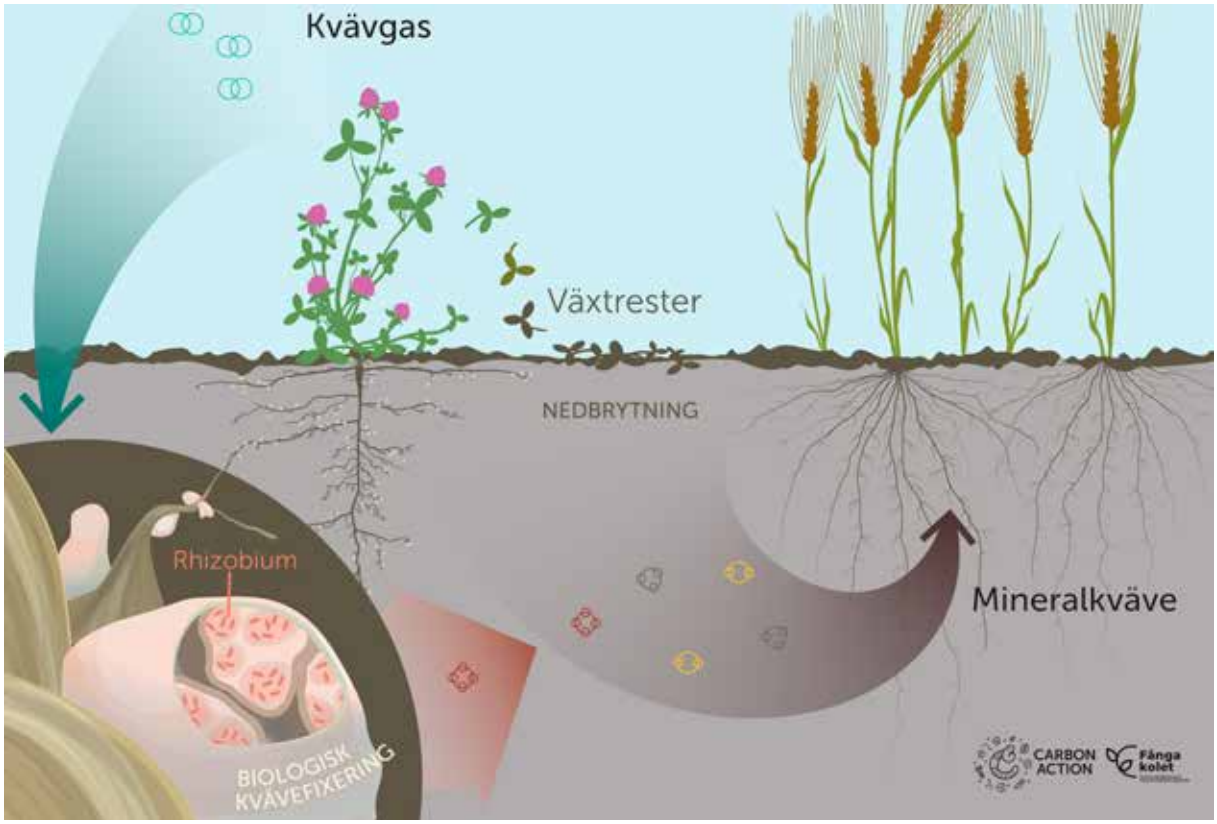


*Bild 12. Rhizobium-bakterierna i baljväxternas rotknölar lever i symbios med växten. De binder kväve som finns i luften så att växterna kan utnyttja det. Bild: Núria Altimir.*

Den biologiska kvävefixeringen grundar sig på kvävefixerande bakterier som lever i växternas rotknölar. De binder kvävgas i luft till organiskt material i en form som är tillgänglig för växterna. I den här symbiosen ger växterna ifrån sig energi, något som åtgår i stor mängd vid bakteriernas kvävefixering.[45] (Bild 12)

Den biologiska kvävefixeringen är beroende av de kvävefixerande bakterierna i jorden, och förhållanden som är gynnsamma för markmikrober ökar den biologiska kvävefixeringen. Markens struktur, surhet och näringshushållning inverkar på de kvävefixerande bakteriernas antal och aktivitet[46].

De kvävefixerande växterna är känsliga för brist på fosfor (P), kalium (K) och svavel (S). Brist på de här näringsämnena kan begränsa de kvävefixerande bakteriernas tillväxt samt bildningen av rotknölar och deras funktion, vilket inverkar direkt på den biologiska kvävefixeringen. Bristen inverkar därmed indirekt på värdväxtens tillväxt[47]. Molybden (Mo) och järn (Fe) ingår i ett enzym som gör kvävefixeringen effektivare[48], medan zink (Zn) är viktigt i samband med reglering av den biologiska kvävefixeringen[49]. Om det i marken finns en riklig mängd kväve som är tillgängligt för växterna minskar kvävefixeringen, eftersom rotknölsbakterierna då inte fungerar med full effekt eller växten inte förbrukar energi i rotknölarna på grund av att det är enklare att ta kväve ur markvattnet[50].

Uppkomsten av symbios mellan de kvävefixerande bakterierna och växten och symbiosens funktion är mycket känsliga för stress som orsakas av torka[51]. Å andra sidan kan också ett överskott av vatten minska den biologiska kvävefixeringen[52].

45 Huhta & Hallanaro 2019, s. 272
46 Martinez-Mera m.fl. 2017; Keskitalo m.fl. 2022
47 Divito & Sadras 2014
48 Kim & Rees 1994
49 Lin m.fl. 2024
50 Keskitalo m.fl.. 2022
51 Sprent 1972; Weisz m.fl. 1985
52 Lian m.fl. 2023; Van Schreven & Sieben 1972

## 2.9 Kolinlagring

Mängden och dynamiken i fråga om organiskt, kolhaltigt material i marken har sin betydelse för att begränsa klimatförändringen. I Finland och internationellt har mängden organiskt material i jorden sjunkit under de senaste årtiondena. Enligt Heikkinen m.fl. krympte kolförrådet i de finska mineraljordarna med 220 kg/ha årligen under perioden 1974–2009[53].

Kolförrådet kan antingen minska eller växa beroende på odlingsåtgärderna och odlingsskicket. Kolförrådets utveckling påverkas av balansen mellan det kol som tillförs och det kol som lämnar åkern.

**Det kol som binds i marken, även kallat kolflödet till marken,** består av biomassa som bildats till följd av växternas fotosyntes, av död biomassa såsom rötter och skott samt av organiskt material som tillförts åkrarna, bl.a. växtrester och organiska gödselmedel. **Kol lämnar marken** till följd av nedbrytningen av organiskt material samt i och med erosion och urlakning. De här processerna pågår hela tiden. Kolförrådet växer när mängden kol som binds i marken är större än mängden kol som lämnar marken. På motsvarande sätt minskar det, om kolavgången är större än kolflödet till marken.[54] (Bild 13)

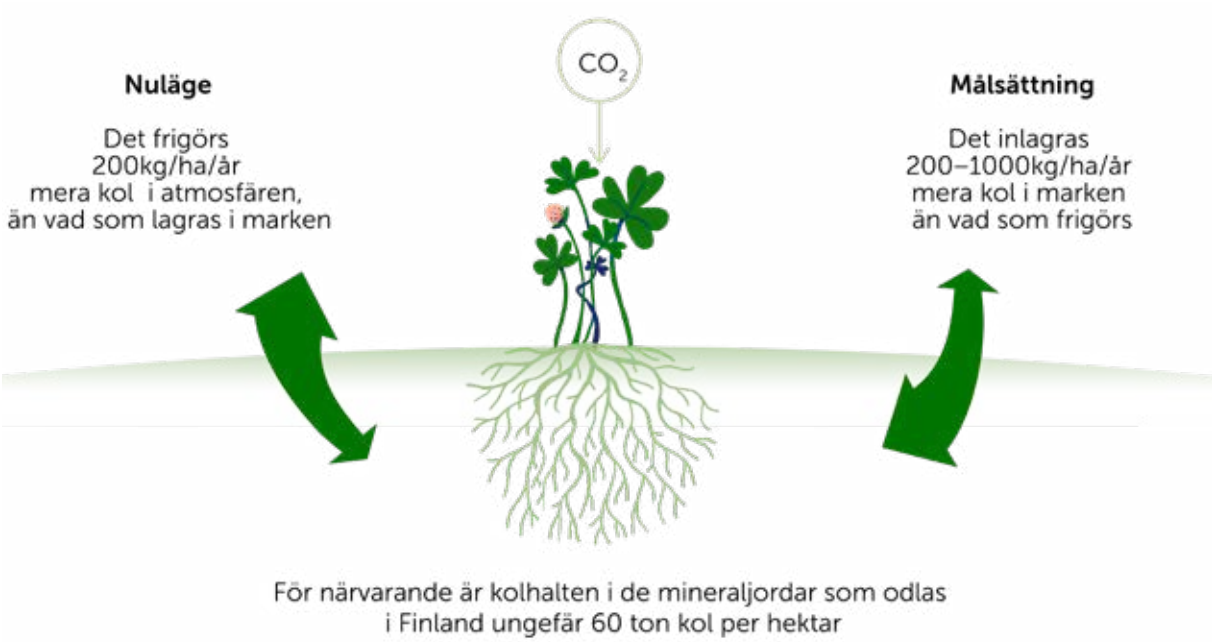


*Bild 13. Kolhalten i odlingsjord utgör en balans mellan nedbrytningen av organiskt material och kolbindningen. I nuläget minskar kolförrådet, vilket betyder att mängden kol som rymmer iväg ut i atmosfären är större än mängden som binds.[53] Bilden är baserad på ett original av Tommi Parkkonen / Yle.*

53 Heikkinen m.fl. 2013
54 Jastrow m.fl. 2007

När växterna växer bra ökar kolinlagringen i jorden[55]. Ett gott odlingsskick ökar kvävefixeringen och förbättrar därmed växternas tillgång till näringsämnen och tillväxten, vilket ökar kolbindningen (se avsnitt 2.8). Rötter och rotexudat utgör det främsta kolflödet till marken, så i synnerhet faktorer som påverkar mängden rötter är väsentliga med tanke på kolinlagringen[56]. En god markstruktur ökar både rotbiomassan och rötternas möjligheter att tränga djupt in i jorden[57]. Inte bara rötterna utan också växtmaterial som blir kvar i jorden, till exempel skörderester och organiska gödselmedel, kan öka mängden kol i marken. Å andra sidan kan ett gott odlingsskick också försnabba nedbrytningen av organiskt material, bland annat genom att öka mikrobaktiviteten. För det mesta ökar ändå ett gott odlingsskick kolinlagringen.

Organiskt material anrikas lättare i ytjord än djupare ner. I ytjorden är mikrobaktiviteten större och förhållandena mer syrerika än längre ner, så det organiska materialet bryts ner snabbare. Därför behöver det organiska materialet hela tiden fyllas på för att kolförrådet ska bestå. Jorden under matjordsskiktet har en större potential att anrika och lagra kol, men det är svårare för växterna att ta sig dit. Mängden rötter minskar betydligt när djupet är mer än 35 cm. Djuprotade växter kan ta sig så långt ner, så odling av dem kan öka kolinlagringen i jorden under matjordsskiktet. Dessutom kan kol ta sig in i jorden under matjordsskiktet när organiskt material som har lösts i markvattnet sjunker neråt[58]. Den här processen är beroende av markstrukturen och vattengenomsläppligheten.

I marken kan kolet vara bundet till mineral och bryts då ner långsamt, eller så kan kolet vara i partikulär form, varvid nedbrytningen är snabb. För att kolförrådet ska öka är det viktigt att öka just mängden av kol som bryts ned långsamt[59]. Det här kan främjas genom att man fäster vikt vid mekanismerna för uppkomst och nedbrytning av kol som bryts ned långsamt. Mattila och Vihanto undersökte vilka faktorer på finländska gårdar som begränsar kolbindningen[60]. Faktorer som begränsar mängden av kol som bryts ned långsamt var låg mikrobaktivitet, dålig markstruktur och vattenmättnad samt brist på näringsämnen, i synnerhet svavel. Salonen m.fl. konstaterade i en undersökning av kolinlagringen att det i de finländska åkrarna ännu ryms mycket kol som är bundet till mineral[61].

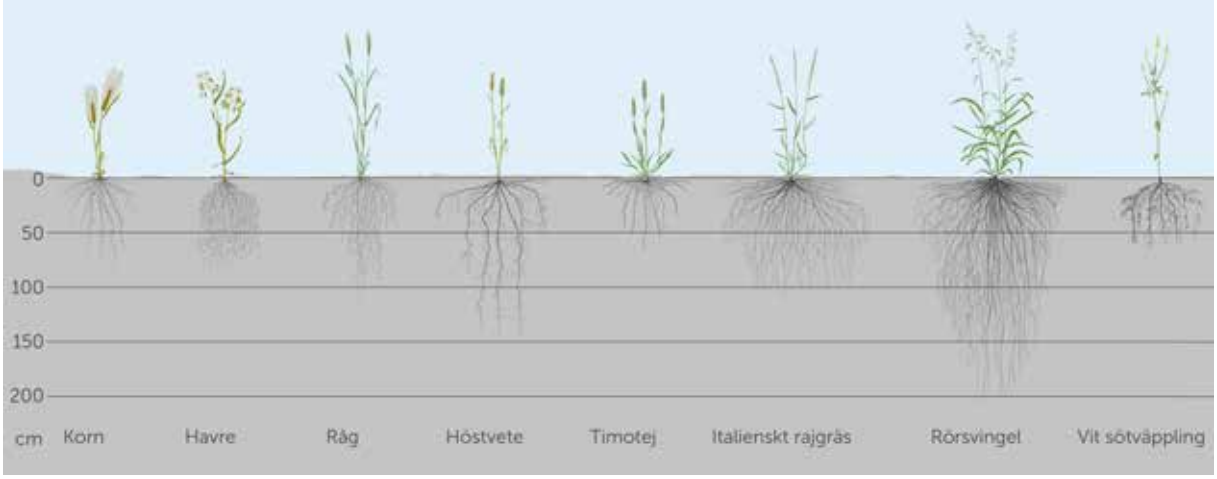


*Bild 14. Ju längre ner växtrötterna tränger, på desto större djup kan de luckra upp jorden. Djuprotade växter kan också transportera ner kol i de djupare markskikten. Bild: Núria Altimir.*

55 Mattila & Vihanto 2024
56 Kätterer m.fl. 2011
57 Mattila 2024
58 Kaiser & Kalbitz 2012; Rumpel & Kögel-Knabner 2011
59 Derrien m.fl. 2023; Poeplau ym. 2024
60 Mattila & Vihanto 2024
61 Salonen m.fl. 2024

## 2.10 Förebyggande av ogräs

*Bild 15. Molke i stora mängder på en spannmålsåker. Foto: Eija Hagelberg.*

Ogräsen konkurrerar med grödorna om resurser: näringsämnen, ljus och vatten. Dessutom är många ogräs mellanvärdar för växtsjukdomar eller skadeinsekter. Ofta gror och växer ogräsen snabbare än odlingsväxterna, det ger ett bättre utgångsläge i kampen om de begränsade resurserna. Dessutom är många ogräs anpassade till utmanande tillväxtförhållanden, exempelvis packad jord eller brist på näringsämnen. Det här hjälper dem att sprida sig bättre än odlingsväxterna.

Odlingsskicket spelar en väsentlig roll när det gäller att bekämpa ogräs. I god jord klarar sig de krävande grödorna bra i konkurrensen mot ogräsen[62]. Markstrukturen, mängden organiskt material och näringstillståndet inverkar på förekomsten av ogräs[63]. Omsorg om en balanserad gödsling och en god vattenhushållning kan ge odlingsväxterna en konkurrensfördel i förhållande till ogräsen[64]. Många ogräs drar större nytta än odlingsväxterna av överstora gödslingsgivor, eftersom de är kapabla att utnyttja näringsämnena effektivare[65]. Ogräsen växer ofta bättre på sura jordar än odlingsväxterna. Det betyder att ett lämpligt pH-värde i marken bidrar till att förebygga ogräs[62].

Odlingsmetoderna inverkar på förebyggandet av ogräs. Odling av en växtart på ett och samma ställe år ut och år in gynnar ogräs som är anpassade till den artens växtrytm. Mångsidigare växtföljd hjälper till att förebygga ogräs. Forskarna har upptäckt att ogrästätheten och banken av ogräsfrö är mindre vid mångsidig växtföljd än vid monokultur[66].

Enligt flera undersökningar kan fånggrödor bekämpa ogräs genom att konkurrera med dem om ljus, vatten och näringsämnen. Vissa fånggrödor bildar också föreningar som hindrar ogräsfrön från att gro och växa[67].

62 Rajala 2005
63 Pätzold m.fl. 2020
64 Kaur m.fl. 2018
65 Rajala 2005; Kaur m.fl. 2018
66 Saulic m.fl. 2022; Weisberger m.fl. 2019
67 Blanco-Canqui m.fl. 2015; Koppelmäki m.fl. 2016

## 2.11 Biologisk mångfald och markens odlingsskick går hand i hand

Antalet markorganismer och deras mångfald utgör en del av den biologiska markhälsan. Den påverkas av de övriga delområdena inom markhälsan.

Markstrukturen och dräneringen samt mängden organiskt material är viktiga faktorer som inverkar på markorganismernas levnadsförhållanden. I åkerekosystemet minskar mängden organiskt material på grund av att jorden bearbetas och skörden transporteras bort. När det organiska materialet avtar minskar också markorganismernas antal. I Finland har det ända sedan 1950-talet konstaterats en sjunkande trend för mängden organiskt material i odlingsjord.[68]

Daggmaskarna är en indikatorart när det gäller markhälsan. När markpackning förhindras och organiskt material, framför allt naturgödsel, tillförs till åkrarna blir daggmaskarna fler. Daggmaskarna förbättrar i sin tur växternas levnadsförhållanden genom att luckra upp jorden samt finfördela växtmassa och blanda den. De främjar också markbakteriernas aktivitet.[69]

Växternas rötter utgör en viktig del av markens biologi, och deras mångfald inverkar på markorganismerna. Rötterna utsöndrar sockerarter och aminosyror till jorden, och gamla rötter avger död ytvävnad som svampar och bakterier i jorden använder som föda. Nära rötterna finns det markorganismer i större mängd än annanstans i jorden, och rötternas mångfald ökar markorganismernas mångfald.[70]

Mångfalden inne i och ovanpå jorden stöder varandra, med andra ord har växternas mångfald en positiv inverkan på markorganismernas mångfald och vice versa[71]. Det betyder att odlingsväxternas mångfald och obrukade områden som lämnas runt omkring åkrar och som hyser ett stort antal växtarter är viktiga för markorganismernas mångfald. För t.ex. daggmaskarna utgör obrukade kantområden intill åkrar spridningsvägar[72]. Också ökning av odlingsväxternas mångfald, till exempel genom mångsidig växtföljd eller fånggrödor, är ett sätt att främja markorganismernas mångfald[71].

68 Huhta & Hallanaro 2019, s. 303
69 Huhta & Hallanaro 2019, s. 19, 174–180
70 Huhta & Hallanaro 2019, s. 23; Yang m.fl. 2020
71 Cappelli m.fl. 2022
72 Haimi & Nuutinen 2018

# 3 En översikt av metoderna för skötseln av markhälsan

Med hjälp av metoderna för skötseln av markhälsan kan man påverka markens fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper. Rätta metoder som lämpar sig för förhållandena i åkern kan förbättra markstrukturen, näringsämnenas tillgänglighet och vattenhållningskapaciteten.

Berget på bild 16 illustrerar hur det lönar sig att prioritera åtgärderna för skötseln av odlingsskicket. Man kliver uppför berget ett steg i sänder så att man först tar hand om de viktigaste grundläggande sakerna längst ner. Allt börjar med att åkerdräneringen är i skick. Följande steg är omsorg om markstrukturen: det gäller att undvika markpackning och att åtgärda den där den redan har uppstått. Det här har en väsentlig inverkan också på åkerns vattenhushållning.

Steg nummer tre är att säkerställa balanserad gödsling och behovsanpassad kalkning.

De här grundläggande sakerna behandlas inte i det här avsnittet, men i faktarutan här nedanför nämns källor där man hittar ytterligare information.

I de följande underavsnitten presenteras metoder för skötseln av markhälsan som hänför sig till växtföljden, organiska gödselmedel och jordförbättringsmedel samt till minimerad jordbearbetning. Metodernas effekter tas också upp. Med de här åtgärderna kommer man redan långt när det gäller att förbättra markhälsan! På bergets topp finns möjligheter till finjustering.

*Bild 16. Markhälsoberget. Bilden är baserad på ett original av Juuso Joona.*

**Ytterligare information om grunderna för skötseln av markhälsan**

1. **DRÄNERING**
   Grunderna i regenerativt jordbruk, kapitel 5.3. Förbättring av vattenhushållningen
   courses.minnalearn.com/sv/courses/regenfarming/kunnosta-pelto/vesitalouden-parantaminen

   Täckdikningsföreningens guider
   www.salaojayhdistys.fi/sv/publikationer

2. **HUR MAN FÖRHINDRAR MARKPACKNING**
   Grunderna i regenerativt jordbruk, kapitel 5.4. Förhindrande av markpackning:
   courses.minnalearn.com/sv/courses/regenfarming/kunnosta-pelto/tiivistymisen-ehkaisy/

3. **BALANSERAD GÖDSLING OCH pH-REGLERING**
   Grunderna i regenerativt jordbruk, kapitel 5.2. Balanserad växtnäring:
   courses.minnalearn.com/sv/courses/regenfarming/kunnosta-pelto/tasapainoinen-kasvinravitsemus/

   **Rikligt med information om alla delområden (1–3) hittar man på Ruralia-institutet vid Helsingfors universitets webbplats (mestadels på finska)**
   www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/opetus/maan-kasvukunto

## 3.1 Växtföljd

Med växtföljd avses att olika växter odlas efter varandra på samma åker under en period. Ensidig växtföljd, till exempel odling av endast vårsäd, är förknippad med väder-, skörde-, kvalitets- och prisrisk.

**En mångsidig växtföljd** upprätthåller en god markstruktur och markbördighet. Med dess hjälp kan man minska de nackdelar som ogräs, skadeinsekter och sjukdomar orsakar. Odlingsväxternas mångfald är viktig för att optimera skördeproduktionen och effektivisera näringsutnyttjandet.[73]

När växtföljden är mångsidig använder man växter med olika egenskaper som påverkar marken på olika sätt. Vissa växter, exempelvis baljväxterna, kan förbättra markens näringstillstånd genom att binda kväve. De flesta växter bildar svamprot (mykorrhiza), men de svampar som deltar i symbiosen varierar enligt växtarten. Olika växter lämnar olika typer av rötter och andra växtrester i jorden – en del växters rötter sträcker sig djupt ned medan andras rötter breder ut sig i sidled i stället. Den här mångfalden hos växterna ökar markmikrobernas mångfald. När mikrobernas aktivitet är mångsidig förbättras bland annat markens aggregatstruktur.[74]

Växter med djupa rötter kan luckra upp packade skikt i jorden, då förbättras vattenuppsugningen och rötternas tillväxt. Sådan biologisk djupluckring i åkern utförs av djuprotade fleråriga vallväxter, höstoljeväxter, höstråg och vissa bottengrödor.[75]

Växtföljden har en stor betydelse för kolförrådens utveckling och upprätthållande. I till exempel en långvarig svensk fältundersökning konstaterades det att när vallar ingick i växtföljden utvecklades ett större kolförråd än vid monokultur där bara spannmålsväxter odlades[76].

**Mångsidiga och fleråriga vallar** samt ett vintertida växttäcke på åkrarna främjar effektivt markens odlingsskick. De här åtgärderna minskar erosionen, förbättrar markstrukturen och ökar eller bibehåller andelen organiskt material i marken[77].

**Fånggrödor** används bland annat för att motarbeta erosion och näringsurlakning. De kan också minska risken för markpackning genom att förbättra aggregatstrukturen och öka mängden organiskt material[78]. Vissa fånggrödors vidsträckta rötter kan förbättra också mikrobernas levnadsförhållanden. Det har konstaterats att fånggrödor minskar förekomsten av bladsjukdomar hos korn[79]. En av de främsta fördelarna med en mångsidig växtföljd är just att sådana växtsjukdomar som orsakas av markburna patogener minskar[80].

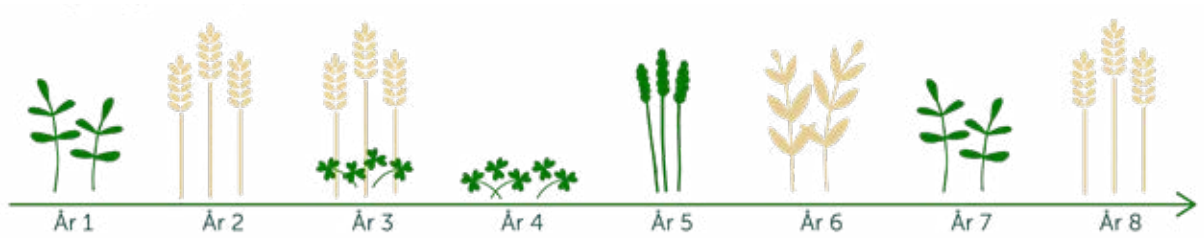


*Bild 17. I en mångsidig växtföljd används olika växter mångsidigt. Växter vars egenskaper skiljer sig åt inverkar på marken på olika sätt. De producerar olika växtrester och deras rötter av olika slag inverkar på marken på varierande sätt. För att nämna ett exempel kan djuprotade växter luckra upp jorden. Förfrukten, alltså den växt som har odlats det föregående året, kan ha en positiv effekt på den efterföljande grödan. Förfruktens effekter kan visa sig bl.a. i form av skördeväxtens bättre utnyttjande av näringsämnen, mindre växtsjukdomar och bättre markstruktur.*

73 Barbieri m.fl. 2019
74 Blanco-Canqui m.fl. 2015; Cappelli m.fl. 2022
75 Bodner m.fl. 2021
76 Börjesson m.fl. 2018
77 Ball m.fl. 2005
78 Blanco-Canqui m.fl. 2015
79 Cappelli m.fl. 2024
80 Peters m.fl. 2003

## 3.2 Jordförbättringsmedel

Jordförbättringsmedlen är material som tillförs marken för att förbättra dess fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper. De hjälper till att förbättra markstrukturen, förmågan att hålla kvar vatten och näringsämnen, luftcirkulationen och den mikrobiologiska aktiviteten samt förmågan att förebygga markpackning och erosion. Jordförbättringsmedel som tillförs åkrarna kan vara organiska eller oorganiska, och valet av dem är beroende av markens skick och odlingsväxternas behov. Medlen innehåller varierande halter av näringsämnen.

**Organiska jordförbättrings- och gödselmedel**, bland annat naturgödsel och växtmaterial, ökar mängden av organiskt material i marken. Det här förbättrar markstrukturen genom att risken för markpackning minskar och vattengenomsläppligheten ökar. Olika organiska material inverkar också på markmikrobiomets struktur.[81]

**Jordförbättringsfiber** tillverkas av fiberslam, som är en biprodukt från pappers- och massaindustrin. Färdig fiber tillförs åkern med samma utrustning som används för spridning av fastgödsel. Efter spridningen arbetas fibern in i ytjorden. Jordförbättringsfiber innehåller alltid mycket kol, men olika fiberprodukter innehåller näringsämnen i olika mängder. Jordförbättringsfiberns effekt baserar sig på mikrobernas aktivitet, som förbättrar aggregatens stabilitet. Det här i sin tur minskar jorderosionen och urlakningen av fosfor som är bunden till jord.[82]

**Biokolets** stora specifika yta och porösa struktur kan förbättra markens förmåga att hålla kvar vatten och näringsämnen och på så sätt främja deras tillgänglighet för odlingsväxterna. Biokolet kan också förändra markens fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper så att utsläppen av växthusgaser och näringsläckaget möjligen minskar.[83]

**Strukturkalkning** skiljer sig från vanlig kalkning genom att man utöver att höja pH-värdet också vill åstadkomma en långvarig förbättring av aggregatstrukturen i lerjord. Strukturkalk minskar på så sätt jorderosionen och urlakningen av fosfor som är bunden till markpartiklar.[84]

**Gips** kan användas som första hjälpen för att minska fosforläckaget på lerjordar. Behandlingen ger snabb effekt, men effekten håller i sig bara omkring fem år. Gips kan också användas som svavel- och kalciumgödsel. I lermark som innehåller rikligt med magnesium och aluminium kan gips användas för att förbättra markstrukturen. Gips ska inte användas i sjöarnas tillrinningsområden och inte heller nära grundvattenområden.[85]

81 Alakukku 2016; Heikkinen m.fl. 2021
82 Uusi-Kämppä m.fl. 2022
83 Kalu m.fl. 2022; Kalu m.fl. 2024
84 Berninger 2014; Blomqvist m.fl. 2017
85 Ollikainen m.fl. 2018; Rajala m.fl. 2019

## 3.3 Behovsanpassad jordbearbetning

Kraftig jordbearbetning, alltså traditionell plöjning, försvagar markstrukturen genom att försnabba nedbrytningen av lättnedbrytbart organiskt material. Det här leder till en sämre aggregatstruktur. Om markstrukturen är dålig kan markytan slamma. Då bildas en skorpa när ytan torkar.

Det tar lång tid för packad jord att återhämta sig, ända upp till tiotals år. Markpackning i matjordsskiktet kan man urskilja också efter plöjningen.[86]

**Reducerad jordbearbetning** ökar mikrobernas aktivitet och förbättrar ytjordens mullhalt i och med att växtresterna stannar kvar i åkerns ytskikt. Där förblir också näringsämnena. Aggregaten i ytjorden börjar då tåla vatten bättre, vilket betyder att risken för erosion, uppslamning och skorpbildning minskar. Allra tydligast märker man de positiva följderna av reducerad bearbetning på att aggregatstrukturen i lerjordar blir bättre.[87]

**Direktsådd** anses vara bättre för erosionsbekämpningen än traditionell bearbetning, eftersom direktsådden förhindrar erosion genom att öka det skyddande täcket av växtrester på åkerns yta och minska sedimenturlakningen. På direktsådda jordar är skörden i nordliga områden ofta mindre än på plöjda åkrar, särskilt under de första åren. Undersökningar visar att när bearbetningen upphörde förbättrades markens och kolets stabilitet, eftersom markpartiklarnas genomsnittliga storlek och kolhalt ökade. Till det här bidrog troligtvis både den minskade markstörningen och den omständigheten att de marklevande organismernas stabiliserande aktivitet ökade.[88]

På åkrar där direktsådd eller reducerad bearbetning tillämpas är kolhalten ofta högre i ytjorden men lägre djupare ner jämfört med plöjda åkrar. På direktsådda jordar är ofta också kvävehalten högre i ytjord än i de djupare skikten. Vid undersökningar har det konstaterats att jorden blir mindre utsatt för markpackning när halten av organiskt kol stiger i närheten av åkerns yta. Även om valet att låta bli att bearbeta jorden minskar erosionen effektivt och ökar ytjordens kolhalt behövs också andra metoder för att öka kolförrådet i marken, speciellt djupare ner i lerjordar.[89]

Eventuella nackdelar med direktsådd är att förekomsten av ogräs ökar och att sådden av vårsäd behöver senareläggas i ett svalt klimat på grund av markens alltför höga fukthalt och ytjordens relativt låga temperatur[90]. Direktsådd ökar risken för belastning av lösligt fosfor i och med att fosfor anrikas i ytskikten[91]. På direktsådda jordar växer dessutom risken för svampsjukdomar i fuktiga förhållanden, eftersom utsädet har nära kontakt med växtrester [92].

Reducerad bearbetning fungerar alltså inte i alla situationer. På till exempel åkerskiften som tampas med ogräsproblem, eller när packad jord ska luckras upp, behövs också kraftigare bearbetningsmetoder.

86 Alakukku 2016; Alakukku & Mattila 2017
87 Alakukku 2016
88 Honkanen m.fl. 2021
89 Honkanen m.fl. 2021; Blanco-Canqui m.fl. 2015
90 MacLaren m.fl. 2021
91 Muukkonen m.fl. 2010
92 Soane m.fl. 2012

# Till sist

Vi hoppas att den här publikationen har gett dig nyttig information och nya infallsvinklar på betydelsen av ett gott odlingsskick.

Om du är jordbrukare och vill lära dig mer om hur odlingsskicket kan förbättras, finns det en bra plats att börja på. Det är onlinekursen **Grunderna i regenerativt jordbruk**, en kurshelhet som är gratis och omfattar ungefär 60 timmar. Där kan du fördjupa dig i ämnet i egen takt. Du hittar där också hänvisningar till andra guider och informationskällor.

Om du inte är jordbrukare men vill lära dig mer om hur oavbruten förbättring av markens odlingsskick kan hjälpa till att lösa matsystemets hållbarhetsproblem, kan du ta del av **Intensivkursen i regenerativt jordbruk**. Det är en ungefär två timmar lång gratis kurs på nätet.

Om publikationen väckte tankar eller gav inspiration, uppmuntrar vi dig att fördjupa ditt kunnande och att följa diskussionen om ämnet. Nya forskningsrön och praktiska erfarenheter uppstår hela tiden, så det finns alltid mycket nytt att lära sig och att omsätta i praktiken.

**Grunderna i regenerativt jordbruk**
bsag.fi/sv/grunderna-i-regenerativt-jordbruk

**Intensivkursen i regenerativt jordbruk**
bsag.fi/sv/intensivkurs-i-regenerativt-jordbruk

# Källor


Alakukku, L. 2016.
**Maan rakenne.** I Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Andra kompletterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. S. 53–72. Tillgängligt: https://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Alakukku, L. & Pietola, L. 2002.
**Maan rakenteen vaikutus vesitalouteen.** I Alakukku, L., Teräväinen, H. (red.). Maan rakenteen hoito. ProAgria Maaseutukeskusten Liitto & MTT. s. 5–10. Tieto tuottamaan 98. ISSN 0357-7295, ISBN 951-808-104-2.

Alakukku, L. & Mattila, T. 2017.
**Åtgärdande av förtätade skikt.** I Peltonen, S. & Anttila, S. (red.) Håll åkern i skick. Forskning för framåt nr 36, ProAgria Svenska lantbrukssällskapens förbund.

Altieri, M.A. & Nicholls, C.I. 2003.
**Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems**.
Soil and Tillage Research 72(2): 203–211. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00089-8

Bakken, L.R., Borresen, T. & Njos, A. 1987.
**Effect of soil compaction by tractor traffic on soil structure, denitrification, and yield of wheat (Triticum aestivum L.)**. Journal of Soil Science 38 (3) 541–552. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1987.tb02289.x

Ball, B.C., Bingham, I., Rees, R.M., Watson, C.A. & Litterick, A. 2005.
**The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions.**
Canadian Journal of Soil Science 85(5): 557–577. https://doi.org/10.4141/S04-078

Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V. & Nesme, T. 2019.
**Changes in crop rotations would impact food production in an organically farmed world.**
Nature Sustainability 2, 378–385. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0259-5

Berninger, K. 2014.
**Maatalouden vesiensuojelun, ravinteiden hallinnan ja lannan käsittelyn esimerkkejä ulkomailta.**
Tyrsky-Konsultointi Oy. Utredning som gjorts för projektet Järki.

Berninger, K. 2018.
**Ravinteiden kierrätys Suomessa – Koskeeko asia minua**?
Tillgängligt: https://tyrskyconsulting.fi/wp-content/uploads/2018_ravinteiden_kierratys_suomessa.pdf

Blanco-Canqui, H., Shaver, T.M., Lindquist, J.L. & Shapiro, C.A. 2015.
**Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies.** Agronomy Journal. 107 (6): 2449–2474.
https://doi.org/10.2134/agronj15.0086

Blomquist, J., Simonsson, M., Etana, A. & Berglund, K. 2017.
**Structure liming enhances aggregate stability and gives varying crop responses on clayey soils**.
Acta Agriculturae Scandinavica, osa B – Soil & Plant Science 68 (4), 311–322.
https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1400096

Bodner, G., Mentler, A. & Keiblinger, K. 2021.
**Plant Roots for Sustainable Soil Structure Management in Cropping Systems**. In: Rengel, Z. & Djalovic, I. The root systems in sustainable agricultural intensification. Pp. 45–90. John Wiley & Sons Ltd.
https://doi.org/10.1002/9781119525417.ch3

Brady, N.C. & Weil, R. R. 2017.
**The Nature and Properties of Soils, 15th edition.** Columbus: Pearson.

Börjesson, G., Bolinder, M.A., Kirchmann, H. & Kätterer, T. 2018.
**Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations.**
Biology and fertility of soils 54: 549–558. Tillgängligt: https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-018-1281-x

Cappelli, S.L., Domeignoz-Horta, L.A., Loaiza, V. & Laine, A-L. 2022.
**Plant biodiversity promotes sustainable agriculture directly and via belowground effects**.
Trends in Plant Science 27(7): 674–687. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.02.003

Cappelli, S.L., Domeignoz-Horta, L.A., Gerin, S., Heinonsalo, J., Lohila, A., Raveala, K., Schmid B., Tiusanen, M.J., Thitz, P. & Laine, A-L. 2024.
**Potential of undersown species identity versus diversity to manage disease in crops**.
Functional Ecology, 38:1497–1509. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14592

Derrien, D., Barr, P., Basile-Doelsch, I., Cecillon, L., Chabbi, A., Crème, A., Fontaine, S., Henneron, L., Janot, N., Lashermes, G., Quenea, K., Rees, F. & Dignac, M.-F. 2023.
**Current controversies on mechanisms controlling soil carbon storage: implications for interactions with practitioners and policy-makers.** A review. Agronomy for Sustainable Development 43:21.
https://doi.org/10.1007/s13593-023-00876-x

Divito, G.A. & Sadras, V.D. 2014.
**How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis.** Field Crops Research 156: 161–171.
Tillgängligt: **https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/25635/CONICET_Digital_Nro.670aae70-8c62-46fb-832a-599232c27804_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y**

Europeiska kommissionen. 2023.
**Proposal for a Directive on Soil Monitoring and Resilience**.
Tillgängligt:**https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience_en**

Haimi, J. & Nuutinen, V. 2018.
**Peltomaan lierot ja niiden merkitys maan kasvukunnossa**. Projektet VILKKU plus.
Tillgängligt: **https://kasvukunto.fi/vilkku-hanke/wp-content/uploads/2020/05/Peltomaan-lierot-ja-niiden-merkitys-maan-kasvukunnossa-Jari-Haimi.pdf**

Hartikainen, H. 2016a.
**Maaperä**. I Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Andra kompletterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. S. 7–72. Tillgängligt:
**https://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf**

Hartikainen, H. 2016b.
**Fosfori**. I Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Andra kompletterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. S. 183–190. Tillgängligt:
**https://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf**

He, D. & Wang, E. 2019.
**On the relation between soil water holding capacity and dryland crop productivity.**
Geoderma 353:11–24. **https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.06.022**

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina. K. 2013.
**Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009**.
Global Change Biology 19: 1456–1469. **https://doi.org/10.1111/gcb.12137**

Heikkinen, J., Ketoja, E., Seppänen, L., Luostarinen, S., Fritze, H., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Hanajik, P. & Regina, K. 2021.
**Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils.** Carbon management 21: 12.4: 359–376.
**https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1947386**

Heinonsalo, J. 2020.
**Kolguide. Översikt över kolet i marken och grunderna i kolbindande jordbruk.** BSAG.
Tillgängligt: **https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2023/01/bsag-hiiliopas-200603-se-digital.pdf**

Honkanen, H., Turtola, E., Lemola, R., Heikkinen, J., Nuutinen, V., Uusitalo, R., Kaseva, J. & Regina, K. 2021.
**Response of boreal clay soil properties and erosion to ten years of no-till management.**
Soil & Tillage Research 212 (2021) 105043. **https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105043**

Huhta, V. & Hallanaro, E.-L. (red.) 2019.
**Elämää maan kätköissä.** Gaudeamus. ISBN 978-952-026-4.

Jaakkola, A. 1992.
**Kasvinravitsemus**. I Heinonen R., (red.) Maa, viljely ja ympäristö. Borgå, WSOY. s. 173–254. ISBN 951-0-17090-9

Jastrow, J.D., Amonette, J.E. & Bailey, V.L. 2007.
**Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration.**
Climatic Change 80:5–23. **https://doi.org/10.1007/s10584-006-9178-3**

Kaiser, K. & Kalbitz, K. 2012.
**Cycling downwards – dissolved organic matter in soils.** Soil Biology and Biochemistry 52: 29–32.
**https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.002**

Kalu, S., Kulmala, L., Zrim, J., Peltokangas, K., Tammeorg, P., Rasa, K., Kitzler, B., Pihlatie, M. & Karhu, K. 2022.
**Potential of biochar to reduce greenhouse gas emissions and increase nitrogen use efficiency in boreal arable soils in the longterm.** Frontiers in Environmental Science 10. **https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.914766**

Kalu, S., Seppänen, A.A., Mganga, k., Sietiö, O-M., Glaser, M. & Karhu, K. 2024.
**Biochar reduced the mineralization of native and added soil organic carbon: evidence of negative priming and enhanced microbial carbon use efficiency.** Biochar 6 (7). **https://doi.org/10.1007/s42773-023-00294-y**

Kane, D.A., Bradford, M.A., Fuller, E., Oldfield, E.E. & Wood, S.A. 2021.
**Soil organic matter protects US maize yields and lowers crop insurance payouts under drought.**
Environmental Research Letters 16: 4. **https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe492**

Kaur, S., Kau, R. & Chauhan, B.S. 2018.
**Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems.** Crop Protection 103: 65–72. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011

Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D. 2019.
**Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning.** Soil and Tillage Research 194: 104293. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293

Keskitalo, M., Känkänen, H., Palojärvi, A., Pennanen, T., Schulman, A., Tanhuanpää, P. & Viitala, S. 2022.
**Biologiset prosessit kasvin typensaannin turvaajana**. I Vainio, E. (red.). 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Syntesrapport. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022. Naturresursinstitutet. Helsingfors. s. 35–45. Tillgängligt: https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551964

Kim, J. & Rees, D.C. 1994.
**Nitrogenase and biological nitrogen fixation.** Biochemistry 33(2):389–97. https://doi.org/10.1021/bi00168a001

Kirkby, E. 2012.
**Introduction, definition and classification of nutrients.** I Marschner, P. (red.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition). Elsevier, pp. 3–5. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00016-2

Koppelmäki, K., Känkänen, H. & Salonen, J. 2016.
**Luomupeltojen rikkakasvien hallinta peitekasvien avulla**. Litteraturöversikt. Naturresursinstitutet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2016. Tillgängligt: https://orgprints.org/id/eprint/30916/1/Luke-luobio_65_2016.pdf

Kätterer, T. & Bolinder, M.A. 2024.
**Response of maize yield to changes in soil organic matter in a Swedish long-term experiment.** European Journal of Soil Science 75(2): e13482. https://doi.org/10.1111/ejss.13482

Kätterer, T., Bolinder, M. A., Andrén, O., Kirchmann, H. & Menichetti, L. 2011.
**Roots contribute more to refractory soil organic matter than aboveground crop residues, as revealed by a long-term field experiment.** Agriculture Ecosystems and Environment 141(1-2):184–192. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.029

Lambert, D.H.& Manzer, F.E. 1991.
**Relationship of Calcium to Potato Scap.** Phytopatology 81 (6): 632–636. Tillgängligt: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n06_632.PDF

Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. & Turtola, E. 2018.
**Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus.** Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Naturresursinstitutet. Tillgängligt: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541851/luke-luobio_17_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Lemola, R., Uusitalo, R., Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J., Lehtonen, E., Skyttä A. & Turtola. E. 2023.
**Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa.** Syntesrapport. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023. Tillgängligt: https://jukuri.luke.fi/handle/10024/553083

Lian, T., Cheng, L., Liu, Q., Yu, T., Cai, Z., Nian, H. & Hartmann, M. 2023.
**Potential relevance between soybean nitrogen uptake and rhizosphere prokaryotic communities under waterlogging stress.** ISME Communications 3 (1): 71. https://doi.org/10.1038/s43705-023-00282-0

Libohova, Z, Seybold, C., Wysocki, D., Wills, S., Schoeneberger, P., Williams, C., Lindbo, D., Stott, D. & Owens, P.R. 2018.
**Reevaluating the effects of soil organic matter and other properties on available water-holding capacity using the National Cooperative Soil Survey Characterization Database**.
Journal of soil and water conservation 73 (4) 411–421.
Tillgängligt: https://www.academia.edu/download/109074336/411.full.pdf

Lin, J., Bjørk, P.K., Kolte, M.V., Poulsen, E., Dedic, E., Drace, T., Andersen, S.U., Nadzieia, M., Liu, H., Castillo-Michel, H., Escudero, V., Gonzalez-Guerrero, M., Boesen, T., Pedersen, J.S., Stopugaard, J., Andersen, K.R. & Reid, D. 2024.
**Zinc mediates control of nitrogen fixation via transcription factor filamentation.**
Nature 631: 164–169. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07607-6

Liu-Xu, L. Gonzalez-Hernandez, A.I., Camanes, G., Vicedo, B., Scalschi, L. & Llorens, E. 2024.
**Harnessing green helpers: nitrogen-fixing bacteria and other beneficial micro-organisms in plant-microbe interactions for sustainable agriculture.** Horticulturae 10(6):621. https://doi.org/10.3390/horticulturae10060621

MacLaren, C., Labuschagne, J., & P.A. Swanepoel, P.A. 2021.
**Tillage practices affect weeds differently in monoculture vs. crop rotation.** Soil and Tillage Research 205: 104795. https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104795

Mahmood, S., Nunes, M.R., Kane, D.A. & Lin, Y. 2023.
**Soil health explains the yield-stabilizing effects of soil organic matter under drought.**
Soil & Environmental Health 1 (4). https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100048

Malin, E. 2020.
**Guide om fånggrödor.** Praktiska råd för utnyttjande av fånggrödor i Finland. BSAG.
Tillgängligt: https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2023/01/Keraajakasviopas_ruotsi_web.pdf

Martínez-Mera, E.A., Torregroza-Espinosa, A. C., Valencia-García, A. & Rojas-Gerónimo, L. 2017.
**Relationship between soil physicochemical characteristics and nitrogen-fixing bacteria in agricultural soils of the Atlántico department, Colombia.** Soil Environ. 36(2): 174–181. https://doi.org/10.25252/SE/17/51202

Mattila, T.J. 2014.
**Veden varastointi peltoon.** Ravinnehuuhtoumien hallinta (RaHa). Faktaa 6. Tillgängligt: **www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103473/RaHa_vedenvarastointi%20peltoon%20nettiin%204s.pdf?sequence=2**

Mattila, T.J. 2024.
**Cover crops and soil loosening are key components for managing P and C stocks in agricultural soils.**
Soil use and Management 40(1): e12976. **https://doi.org/10.1111/sum.12976**

Mattila, T. J. & Rajala, J. 2017.
**Mistä ja miten tunnistaa maan hyvän kasvukunnon?**
Helsingfors universitet Ruralia-institutet. Tillgängligt: **https://helda.helsinki.fi/handle/10138/229450**

Mattila, T.J. & Rajala, J. 2018.
**Improving phosphorus availability and reducing emissions through soil health – experiences from 24 test fields**. 3rd European Sustainable Phosphorus Conference 2018 (ESPC3). Tillgängligt: **https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/opetus/maan-kasvukunto/improving-phosphorus-availability-and-reducing-emissions-through-soil-health-experiences-24-test-fields**

Mattila, T.J. & Vihanto, N. 2024.
**Agricultural Limitations to Soil Carbon Sequestration: Plant Growth, Microbial Activity, and Carbon Stabilization.** Agriculture, Ecosystems & Environment 367: 108986. **https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108986**

Mattila, T. J., Manka, V., Rajala, J., Ajosenpää, H., Luokkakallio, J. & Tuononen, M. 2018.
**Kuinka maan kasvukuntoa kehitetään?** Helsingfors universitet Ruralia-institutet. Rapporter 189. Tillgängligt: **https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/b8815992-c52c-470f-b0dd-8e3dd24a0bb8/content**

Meyer, N., Bergez, J.-E. & Constantin, J. 2019.
**Cover crops reduce water drainage in temperate climates: A meta-analysis.** Agronomy for Sustainable development 39:3.
**https://doi.org/10.1007/s13593-018-0546-y**

Minasny, B. & McBratney, A.B. 2018.
**Limited effect of organic matter on soil available water capacity.** European Journal of Soil Science. 69(1): 39–47.
**https://doi.org/10.1111/ejss.12475**

Muukkonen, P., Hartikainen, H. & Alakukku, L. 2010.
**Liukoinen fosforikuormitus kuriin suorakylvöpelloilla.** Lantbruksvetenskapliga samfundets i Finland meddelanden nr 26.
**https://doi.org/10.33354/smst.75819**

Myers, D.F. & Campbell, R.N. 1985.
**Lime and the control of clubroot of crucifers: effects of pH, calcium, magnesium and their interactions.** Phytopathology 75: 670–673. Tillgängligt: **https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1985Articles/Phyto75n06_670.pdf**

Naturresursinstitutet. 2024.
**Satopotentiaalin voi nyt tarkastaa satotilastosta.** Blogg.
Tillgängligt: **https://www.luke.fi/fi/blogit/satopotentiaalin-voi-nyt-tarkastaa-satotilastosta**

Naturresursinstitutet. 2025.
**Spannmålskördens kvalitet enligt landskap.** Tillgängligt: **https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/sv/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__14%20Satotilasto/02a_Viljasadon_laatu_mk.px/**

Ollikainen, M., Ekholm, P., Punttila, E., Ala-Harja, V., Riihimäki, J., Puroila, S., Kosenius, A-K. & Iho, A. 2018.
**Peltojen kipsikäsittely maatalouden vesiensuojelukeinona**. Helsingfors universitet och Finlands miljöcentral. Tillgängligt: https://**blogs.helsinki.fi/save-kipsihanke/files/2018/11/SAVE-hankkeen-tietopaketti-kipsik%C3%A4sittelyst%C3%A4.pdf**

Pagliai, M., Vignozzi, N & Pellegrini, S. 2004.
**Soil structure and the effect of management practices**. Soil and Tillage Research 79 (2):131–143.
**https://indico.ictp.it/event/a06222/material/4/44.pdf**

#Peruna 365. 2025.
**Perunarupi.** Tillgängligt: **https://perunasta.fi/perunarupi-useat-streptomyces-lajit-oireet-epidemiologia-ja-taudin-hallintakeinot**

Peters, R.D., Sturz, A.V., Carter, M.R. &Sanderson, J.B. 2003.
**Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices**. Soil and Tillage Research 72 (2), 181–192. **https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00087-4**

Poeplau, C., Dechow, R., Begill, N. & Don, A. 2024.
**Towards an ecosystem capacity to stabilise organic carbon in soils.** Global Change Biology 30 (8): e17453.
**https://doi.org/10.1111/gcb.17453**

Pätzold, S., Hbirkou, C., Dicke, D., Gerhards, R. & Welp, G. 2020.
**Linking weed patterns with soil properties: a long-term case study.** Precision Agriculture 21: 569–588.
**https://doi.org/10.1007/s11119-019-09682-6**

Rajala, J. (red.) 2005.
**Luomuviljelyn suunnittelu – työohjeita.** Helsingfors universitet, Ruralia-institutet, S:t Michel.
Tillgängligt: **https://www.finna.fi/L1Record/aoe.1466**

Rajala, J., Mattila, T.J &, Mynttinen, R. 2019.
**Kipsi maanparannusaineena ja lannoitteena.** Luomulehti (3): 32–34. Tillgängligt: **https://www.helsinki.fi/assets/drupal/2022-11/kipsi-maanparannusaineena-ja-lannoitteena.-rajala-mattila-mynttinen-luomulehti-3-2019.pdf**

Ravander, J., Mattila, T. J. & Rajala, J. 2019.
**Murukestävyys maan kasvukunnon mittarina.** Helsingfors universitet, Ruralia-institutet. Rapporter 191. Tillgängligt: **https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/33f29ead-9791-4901-9146-3063a76ba514/content**

Rumpel, C. & Kögel-Knabner, I. 2011.
**Deep soil organic matter – a key but poorly understood component of terrestrial C cycle**. Plant and Soil 338: 143–158.
**https://doi.org/10.1007/s11104-010-0391-5**

Salonen, A.-R., Soinne, H., Creamer, C., Lemola, R., Ruoho, N., Uhlgren, O, de Goede, R. & Heinonsalo, J. 2024.
**Asessing the effect of arable management practices on carbon storage and fractions after 24 years in boreal conditions of Finland.** Geoderma Regional 34: e00678. **https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00678**

Saulic, M., Oveisi, M., Djalovic, I., Bozic, D., Pishyar, A., Savic, A., Prasad, P:V. & Vrbnicanin, S. 2022.
**How Do Long Term Crop Rotations Influence Weed Populations: Exploring the Impacts of More than 50 Years of Crop Management in Serbia.** Agronomy 12(8): 1772. **https://doi.org/10.3390/agronomy12081772**

Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J, Basch, G., Moreno, F. & RogerEstrade, J. 2012.
**No-till in northern, western and southwestern Europe: a review of problems and opportunities for crop production and the environment.** Soil Tillage Research 118:66–87.
Tillgängligt: **https://agroparistech.hal.science/hal-00956463/file/NO-TILL_PAPER_REVISED_HAL.pdf**

Soinne, H., Hyväluoma, J., Ketoja, E. & Turtola. E. 2016.
**Relative importance of organic carbon, land use and moisture conditions for the aggregate stability of post-glacial clay soils**. Soil & Tillage Research 158 (1–9). **http://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.014**

Soinne, H., Keskinen, R. Räty, M., Kanerva, S., Turtola, E., Kaseva, J., Nuutinen, V., Simojoki, A. & Salo, T. 2020.
**Soil organic carbon and clay content as deciding factors for net nitrogen mineralization and cereal yields in boreal mineral soils.** European Journal of Soil Science 72:1497–1512. **https://doi.org/10.1111/ejss.13003**

Sonon, L.S., Kissel, D.E. & Saha, U. 2014.
**Cation exchange capacity and base saturation.** UGA Extension, Circular 1040. University of Georgia. Tillgängligt:
**https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040_1.PDF**

Sprent, J.I. 1972.
**The effects of water stress on nitrogen fixing root nodules**. New Phytologist 71(3): 443–450.*
**https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1972.tb01944.x**

Svensk kolinlagring. 2024.
**Metoder och principer inom regenerativt jordbruk.** Tillgängligt: **https://regenerativtjordbruk.nu/topics/metoder-och-principer-inom-regenerativt-jordbruk/**

Teng, J., Hou, R., Dungait, J.A.J.,Zhou, G., Kuzyakov, J., Zhang, J., Tian, J., Cui, Z., Zhang, F. & Delgado-Baquerizo, M. 2024.
**Conservation agriculture improves soil health and sustains crop yields after longterm warming.** Nature Communications 15:8785. **https://doi.org/10.1038/s41467-024-53169-6**

Thakur, R., Verma, S., Gupta, S., Negi, G. & Bhardwaj, P. 2021.
**Role of Soil Health in Plant Disease Management: A Review.** Agricultural Reviews 40(1): 70–76.
**https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/R-1856**

Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K.P., Keswani, C., Minkina, T., Kumar, A., Srivastava, A.K., De Corato, U. & Sansinenea, E. 2022.
**Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection.** Frontiers in Plant Science, Section Plant Nutrition 13. **https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970**

Trought, M. C. T. & Drew, M. C. 1980.
**The development of waterlogging damage in wheat seedlings (Triticum aestivum L.). II. Accumulation and redistribution of nutrients by the shoot.** Plant and Soil, 56, 187–199.
Tillgängligt: **https://www.academia.edu/download/71652403/bf0218200120211006-21920-147v8kr.pdf**

Uusi-Kämppä, J. 2005.
**Phosphorus purification in buffer zones in cold climates**. Ecological Engineering 24(5): 491–502.
**https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.013**

Uusi-Kämppä, J. & Jauhiainen, L. 2010.
**Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions.** Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 75–85.
**https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.002**

Uusi-Kämppä, J., Heikkinen, J., Leppänen, J., Luodeslampi, P., Nieminen, M., Rasa, K., Soinne, H. & Uusitalo, R. 2022.
**Kuitulietteet maatalouden vesiensuojelukeinona KUITU-hankkeen loppuraportti.** Vattenskyddsföreningen för Vanda å och Helsingforsregionen. Rapport 15/2022. Tillgängligt:
**https://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/10171/Raportti%2015-2022_KUITU-hankkeen%20loppuraportti.pdf**

Valkama, E., Uusitalo R., Ylivainio, K., Virkajärvi, P. & Turtola, E. 2009.
**Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland.** Agriculture, Ecosystems and Environment 130, 75–85. **https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.12.004**

Van Schreven, D.A. & Sieben, W.H. 1972.
**The effect of storage of soils under water-logged conditions upon subsequent mineralization of nitrogen, nitrification and fixation of ammonia.** Plant and Soil 37: 245–253. **https://doi.org/10.1007/BF02139968**

Weisberger, D., Nichols, V. & Liebman, M. 2019.
**Does diversifying crop rotations suppress weeds?** A meta-analysis. PLoS One 14(7):e0219847.
**https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219847**

Weisz, P.R., Denison, R.F. & Sinclair, T.R. 1985.
**Response to drought stress of nitrogen fixation (Acetylene reduction) rates by field-grown soybeans.**
Plant Physiology 78:525–530. **https://doi.org/10.1104/pp.78.3.525**

Whalley, W.R., Watts, C.W., Gregory, A.S., Mooney, S.J., Clark, L.J. & Whitmore, A.P. 2008.
**The effect of soil strength on the yield of wheat.** Plant and soil 306: 237–247.
Tillgängligt: **http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/The-effect-of-soil-strength-on-the-yield-of-wheat.pdf**

Yang, T., Siddique, K.H.M. & Liu, K. 2020.
**Cropping systems in agriculture and their impact on soil health. A review**. Global Ecology and Conservation 23.
**https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118**

Yli-Halla, M. & Simojoki, A. 2017.
**Jordmånen i förändring.** I Seppänen, M. & Kymäläinen, H.-R. (red.) Världen förändras, förändras jordbruket? Institutionen för lantbruksvetenskaper, Helsingfors universitet. S. 55–75. Tillgängligt:
**https://www.helsinki.fi/assets/drupal/2023-05/Seppanen_Kymalainen_2017_Muuttuva_maatalous_luku_3.pdf**

Ylivainio, K, Jauhiainen, L., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2017.
**Waterlogging severely retards P use efficiency of spring barley (Hordeum vulgare).** Journal of Agronomy Crop Sciece. 204:74–85. **https://doi.org/10.1111/jac.12241**

# Markens odlingsskick

– nyckeln till säkrare skördar
och hållbar odling

Kati Berninger, Petra Egilmez, Anne Antman och Elisa Vainio

Maj 2025

## Närmare upplysningar

bsag.fi