



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Den optimala markbördigheten **Viktiga faktorer för att skapa och behålla en god markbördighet.**

The optimum soil fertility
Important factors to create and maintain good soil fertility.

Rebecka Kullberg

The optimum soil fertility

Important factors to create and maintain good soil fertility.

Rebecka Kullberg

Handledare: Lars Mogren, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem & teknologi

Examinator: Georg Carlsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem & teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i biologi

Kurskod: EX0493

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Examen: Kandidatexamen i biologi

Ämne: Biologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och år: Mars 2014

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Markbördighet, jordbearbetning, jordstruktur, mikroorganismer, växtföljd, gödsling, rötter, morötter, lerjordar, sandjordar

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	4
Introduktion.....	5
<i>Inledning</i>	5
<i>Bakgrund</i>	5
<i>Syfte</i>	5
Avgränsning	6
Material och metod.....	6
Resultat.....	7
<i>Jordmåner</i>	7
<i>Markbördighet</i>	7
<i>Att mäta markbördighet</i>	8
<i>Skånes bästa odlingsmarker</i>	9
<i>Grödans förutsättning för tillväxt</i>	9
<i>Jordens egenskaper för bördighet</i>	10
De fysikaliska egenskaperna.....	11
Aktuell och potentiell bördighet.....	11
Textur och aggregatstabilitet.....	11
Vatten.....	14
Luftens tillgänglighet.....	15
De biologiska egenskaperna.....	16
Mullhalt.....	16
Mikroorganismer.....	17
De kemiska egenskaperna.....	19
Näringsämnen.....	19
pH-värde.....	20
<i>Kemisk vittring</i>	21
<i>Rötternas rörelser i jorden</i>	21
<i>Organisk gödsling</i>	22
<i>Markpackning</i>	23
<i>Näringsbrist drabbar markbördigheten</i>	23
<i>Växtföljd</i>	24

Vilken jordbearbetning krävs för att nå optimal bördighet för morötter?.....	26
Diskussion.....	30
<i>Vad är markbördighet?.....</i>	30
<i>Hur kan vi optimera våra odlingar genom att odla rätt gröda på rätt jordart?.....</i>	30
<i>Hur påverkar växtföljden markens bördighet?.....</i>	31
<i>Hur påverkar markbördigheten och jordens struktur växtens förmåga till en god tillväxt?</i>	32
<i>Hur skapas den optimala markbördigheten för en framgångsrik växtproduktion på friland?.....</i>	33
<i>Viktiga faktorer för att skapa och behålla en god markbördighet.....</i>	34
Källhänvisning.....	36

Sammanfattning

Markbördighet är begreppet för en jords förmåga till att producera högkvalitativa grödor år efter år. Markbördighet innefattar hur kemiska, fysikaliska och biologiska faktorer samverkar och påverkar varandra. För att uppnå en god markbördighet måste de tre vara i balans. Uppsatsen handlar om vilka faktorer och krav som måste uppfyllas för att kunna klassa en jord som bördig och hur jorden både kan behålla och förbättra sin bördighet genom rätt jordbearbetning. Slutsatsen är att ta vara på de viktiga mikroorganismerna som finns i marken samt att hålla en god och långsiktig växtföljd. Idag kan det vara svårt att hålla en konsekvent växtföljd med både klimatförändringar och ekonomiska aspekter. Kunskapen om hur en god markbördighet gynnas och förbättras bör bli mer känd för att kunna optimera jordbruksproduktionen och ta tillvara på Skånes goda jordkvalité.

Abstract

Soil fertility is the term for a soil's ability to produce high quality crops year after year. Soil fertility includes the chemical, physical and biological factors that interact and how they influence each other. To achieve good soil fertility, these three must be in balance. The essay is about what factors and requirements that must be met in order to classify a soil that is fertile and how the soil can both maintain and improve its fertility through proper soil processing. The conclusion is to preserve the important microorganisms found in the soil and to keep good and long-term crop rotations. Today, it can be difficult to keep a consistent crop rotation with both climate change and economic aspects. The knowledge of how a good soil fertility benefit and can be improved by different activities should be better known in order to optimize agricultural production and the good soil quality in Skåne.

Introduktion

Inledning

En jord är i ständig förändring. Marklevande djur, mikroorganismer och inte minst människan påverkar ständigt markens struktur. För att kunna ta hand om våra marker på bästa sätt måste vi lära oss hur vi tar tillvara på markens naturliga bördighet. Hur vi ska odla och bearbeta marken för att kunna producera bra och näringsrika grödor. Hur vi ska ta vara på näringsämnen och gynna de mikroorganismer som finns i jorden för att kunna stärka och förbättra skördarna år efter år. Hur vi kan skapa de optimala odlingsförutsättningarna för en framgångsrik växtproduktion på friland.

Bakgrund

Den totala odlingsytan i Skåne blir mindre i takt med att infrastrukturen, nya industrier och bostadsområden byggs på värdefull jordbruksmark. Det blir det allt viktigare att vi tar vara på odlingsmarkerna och optimerar våra förutsättningar för att få grödorna fria från sjukdomar samt rika på näringsämnen. Grunden för att kunna producera högkvalitativa grödor år efter år på samma fält utan att utarma näringsinnehållet eller skada jordstrukturen kräver stor kunskap om hur markens kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper samverkar. Vi måste veta hur vi behåller men också förbättrar jordens bördighet. Hur vi väljer grödor efter jord och vilken påverkan rätt och fel växtföljd kan ge på markbördigheten.

Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka viktiga faktorer för att skapa och bibehålla en god markbördighet. Min frågeställning är följande:

- Vad är markbördighet?
- Hur kan vi optimera våra odlingar genom att odla rätt gröda på rätt jordart?
- Hur påverkar växtföljden markens bördighet?
- Hur påverkar markbördigheten och jordens struktur växtens förmåga till en god tillväxt?
- Hur skapas den optimala markbördigheten för en framgångsrik växtproduktion på friland?

Avgränsningar

Uppsatsen är avgränsad genom att jag studerar markbördighet på våra vanligaste jordmåner och jordstrukturer i Skåne. Lerjordar och sandjordar tas upp. Detta hindrar inte att slutsatsen av arbetet kan tillämpas på liknande jordarter i hela Sverige och världen. Jag har valt att utesluta påverkan på brukarens ekonomi, ogräsets betydelse samt användandet av pesticider för att begränsa omfattningen av arbetet. Jag kommer ge en generell bild av vilka grödor som passar olika jordar och visar med exemplet "morot på friland" kraven hos en specifik gröda.

Material och metoder

Uppsatsen har tillkommit genom litteraturstudie där tryckta verk och publikationer har bearbetats. Jag har samlat in fakta från vetenskapliga artiklar, rapporter och offentliga publikationer. Presentation av arbetet kommer ske genom en skriftlig rapport och muntlig redovisning.

Resultat

Jordmåner

Jordmånen är den del av jordprofilen som växten utnyttjar för näringsupptag via sina rötter samt för rotfästning. Jordmånen är den övre delen av en jordavlagring där den ursprungliga sammansättningen har förändrats under en längre tid och som ständigt utsätts för förändringar. Olika markprocesser och ståndortsförhållanden så som markens egenskaper, känslighet, skötselkrav och användbarhet påverkar dessa förändringar. Jordmånens olika lager består av humus, mull, torv, matjord, rostjord, mineraljord och alv. De vanligaste jordtyperna i Sverige är brunjord och podsol. Brunjord innehåller i den översta horisonten både mineraljord och organiskt material. Denna jord är till skillnad från andra jordtyper inte så tydligt skiktad vilket främst beror på den höga organiska aktiviteterna i jorden. Brunjorden förekommer främst i södra Sverige i områden med lättvittrad mineral och med låg nederbörd vilket gör att växtnäringsämnen blir kvar nära markytan. Detta ger goda förutsättningar för en högproduktiv vegetation. Podsol är en jordart där det översta lagret enbart består av mineraljord och är en mycket tydligare skiktad jord. Podsol är Sveriges vanligaste jordmån och täcker ca 70 % av landets areal och förekommer främst på Sveriges norra delar i områden med svaltt klimat och med låg avdunstning. Det vattenöverskott som bildas sipprar ner i marken och utgör en förutsättning för en urlakningsprocess som leder till podsolbildningen. Växtnäringsämnen transporteras ner mellan skikten vilket gör att jorden blir lågproduktiv samt artfattig. Barrskog är den främsta växtligheten på podsol (Institutionen för mark och miljö SLU, 2007).

Markbördighet

”Bördighet är markens förmåga att ge höga och säkra skördar med normal odlingsteknik år efter år” (HIR Malmöhus, 2012). ”Bördighet inom botaniken är en term som anger vegetationens frodighet på ståndorten” (Nationalencyklopedin, 2014).

Den viktigaste faktorn till en god skörd är ett gott växtnäringsutnyttjande i det substrat vi odlar grödorna i. Rätt substrat och jordmån till den valda grödan ger en god produktion och kvalitet på grödan.

För en god markbördighet krävs det oavsett växande gröda rätt proportion mellan markpartiklar, näringsämnen, luft och vatten. Även mikroorganismer och svampar måste trivas för att mineralisering, nedbrytning och vittring ska ske. Daggmaskarna måste trivas för att skapa rätt förutsättningar för luftning och infiltration. Likaså måste växtnäringsämnen vara tillgängliga för rötternas upptag (Greppa Näringen, 2010). Begreppet bördighet innebär en jords långsiktiga produktionsförmåga som genererar i en hög och jämn avkastning år efter år. En bördig jord ger en god kvalitet, fri från sjukdomar och med ett högt näringsinnehåll på det som odlas både för människor och djur. Bördigheten är även markens förmåga att passa de växter som odlas. En styvare jord lämpar sig bättre för exempelvis höstvetete medan en lättare jord för potatis eller råg. Detta beror på grödans förmåga att tränga ner i jorden och dess förmåga att ta upp den näring som finns tillgänglig i jorden. Bördighet är även jordens förmåga att ta emot, hålla och återcirkulera vatten, mineraler och energi samtidigt som en sund miljö bibehålls. Även kortsiktiga odlingsåtgärder så som sådd, kvävegödsling och ogräsbekämpning är viktiga faktorer som påverkar markbördigheten (Arshad M.A & Coen G.M, 1992).

Att mäta markbördighet

Marken är ett komplicerat system, ett ekosystem som är beroende på en rad olika faktorer. Fysikaliska, biologiska och kemiska faktorer som både kan samverka och variera beroende på vart man befinner sig geografiskt. Detta gör det svårt att definiera exakt vad markbördighet är. Det finns ingen enskild parameter som säger om marken är bördig eller ej. Ett fält är aldrig exakt lika i jordstruktur och näringsinnehåll på två olika platser i fältet. För att förstå markens markbördighet gäller det att förstå hur jordens olika parametrar samverkar med varandra. Åkerns bördighet utgår alltid ifrån den mark som är växtplatsen för den specifika grödan. Antingen tittar man enbart på de enskilda faktorerna och gör en bedömning utifrån det. Eller så tittar man på odlingssystemet i sin helhet och hur det påverkar åkerns långsiktiga produktionsförmåga. Enligt Anna Gustafson-Bjureus & Jörgen Karlsson finns det tre faktorer som påverkar markstrukturens långsiktiga egenskaper.

1. Grundförutsättningarna, vilka grundläggande förutsättningar har en jord för att uppnå markbördighet.

2. Odlingssystemet, hur marken ska bearbetas varje år för att uppnå markbördighet.
3. Markbrukarens kunskap om sin jord.

Genom att studera de tre punkterna går det att se vilka effekter olika faktorer kan ge för en god jordpåverkan. Att avgöra vilka delar av odlingssystemet som ska, kan och bör förbättras för en bättre markbördighet samt se vilka effekter de åtgärder som görs kan få (Gustafson-Bjureus A & Karlsson J. 2002).

Skånes bästa odlingsmarker

Den bördigaste marken i Skåne där de stora skördarna skördas är associerade med de stabila brunjordarna. Marker på Kullahalvön, Söderslätt, Österlen samt kring Lund har de högst klassificerade jordarna. Genom en ständig biologisk aktivitet blandas mineraljorden i brunjordarna kontinuerligt med organiskt material vilket främjar förnans nedbrytning, markens vittring och växtnäringsämnenas cirkulation som tillsammans skapar en bra markstruktur för grödor och dess rotsystem (Institutionen för mark och miljö SLU, 2007).

Grödans förutsättning för tillväxt

För att kunna upprätthålla en god tillväxt hos grödor måste en del nödvändiga behov uppfyllas. Det behövs

- En sund jord med en god markstruktur och fuktighet.
- Ljus som genererar energi och värme.
- Luft och vatten behövs för fotosyntesens funktion och för ämnestransporterna.
- Mineralnäringsämnen och förankring för rötterna i jorden.

Det går att odla en gröda utanför dess naturliga marksystem så länge som de ovan nämnda behoven tillfredsställs och att grödan inte utsätts för någon form av stress, konkurrens, angrepp av växtskadegörare eller av giftiga ämnen. Dessa behov uppfylls normalt i matjorden som skapar förutsättningen för en bördig jord. Matjorden ger en förankring för växrötterna och möjlighet till utbredning samtidigt som de förses med växtnäringsämnen. Den avger även fukt och skapar en god gasväxling i marken.

I matjorden finns ett komplext system för mikroorganismer som bryter ner det organiska materialet samt skyddar växterna från sjukdomar och skadedjur (Parr J.F mfl. 1992). Alvens betydelse är även den stor då en alv med bra struktur innebär att rötterna kan gå djupare ner i marken, utnyttja en större jordvolym och får tillgång till mer vatten och en stabilare näringstillförsel (Persson L & Otabbong E, 1994). För att förstå marken måste man förstå dess beståndsdelar. De utgörs av fast material, vätska och luft. 50 % av markens totala volym utgörs av en fast jorddel bestående av mineralpartiklar och organiskt material. Resterande 50 % utgörs av hålrum som antingen är fyllda med luft eller vatten beroende på de yttre omständigheterna (Hillel D, 1982). För en bördig jord krävs att beståndsdelarna är i proportion till varandra och bildar en god rotmiljö för den växande grödan. Att grödan förses med vatten och att rötterna kan andas möjliggör en bra kontakt mellan fasta partiklar och rötter. Bördighet innefattar faktorer så som växttillgängligt vatten samt näringstillgängligheten i marken, infiltrationsförmåga, jordlagrens mäktighet, aggregatstabilitet samt skrymdensitet (Karlen D.L & Scott D.E, 1994)

Vid bevarandet av markens bördighet har jordlagret en stor betydelse. Ett otillräckligt jordlager gör att grödornas rötter endast kan växa på ett begränsat område vilket medför att det växttillgängliga vattnet minskar liksom mängden näringsämnen (Arshad M A & Coen G M, 1992).

Jordens egenskaper för bördighet

Markens liv med fokusering på mikroorganismer är en av de viktigaste faktorerna i bördighetsbegreppet. En sund jord som ska lämpa sig för växtodling kräver aktiva mikroorganismer i god balans. Mikroorganismerna deltar i många viktiga processerna som är anknutna till växtnäring, markstruktur och patogentryck. Att se marken som en levande organism som måste må bra för att fungera är en förutsättning för en bördig jord (Doran I.W mfl 1999).

En bördig jord ska vara elastisk, tålig och snabbt kunna återhämta sig efter stress så som väta, torka och markpackning. En god jordhälsa har ett djupt matjordslager, håller mycket vatten, bryter ner växtrester, har en hög halt organiskt material, stort antal och många olika arter av dagmaskar. En söt och frisk jorddoft är även ett

kännetecken för en bra jord. Även egenskaper som god naturlig dränering, stenfritt, lättbrukat matjordslager och god bärighet för maskiner är något som ingår i bördighet (Steen E, 1992).

De fysikaliska egenskaperna

Marken påverkas av fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper som måste samverka för en god markbördighet. En del av tillväxtfaktorerna är lättreglerade medan andra är svårare. Möjligheten att genom odlingen påverka bördigheten avtar då man går från de kemiska och biologiska till de fysikaliska markfaktorerna (Jansson S L, 1972). De påverkbara är faktorer så som pH, mullhalt, fosfor- och kvävemängd. Dessa kan påverkas långsiktigt genom olika odlingsåtgärder och bearbetning. Faktorer som är svårpåverkade är exempelvis jordlagrets mäktighet, mineralsammansättningen, kornstorleksfördelningen samt de topografiska lägena. Gränsen mellan vilka bördighetsfaktorer som kan påverkas förändras med tiden. Förre var en naturligt hög halt av växtnäringen i marken bördig medan en näringsfattig förblev obrukbar. Med tidens gång och tekniska framsteg, jordbearbetning så som möjlighet till kalkning, fosforgödsling och dränering har jordarna kunnat förändras i positiv riktning och på så sätt har markernas bördighet förändrats (Persson L & Otabbong E 1994).

Aktuell och potentiell bördighet

Vid bestämning om en jord är bördig eller inte gäller det att se både till de långsiktiga och till de kortsiktiga faktorerna. Aktuell bördighet är den avkastningsförmåga som marken har vid den aktuella mät tidpunkten där hänsyn tas till den bearbetning som är gjord så som kalkning, gödsling och eventuell växtföljd. Potentiella bördigheten är den avkastningsförmåga en jord kan tänkas få när alla påverkbara faktorer optimeras (Andersson S, 1966).

Textur och aggregatstabilitet

Lerjord är den vanligaste jordtypen i Sverige som består av mycket finkorniga mineralpartiklar och som ofta har en hög naturligt halt av organiskt material samt en god dräneringsförmåga (Magdoff F & Van Es H 2009). Jorden är tät, hård och tung

att gräva i. Vid regn blir lerjorden seg, tyngre och klibbar lätt ihop till skillnad från vid torka då leran blir hård och får en dålig dräneringsförmåga. Efter en våt vinter med mycket snö eller regn dröjer det innan lerjorden torkar upp. Bearbetning av jorden är oftast nödvändig för att växter ska kunna rota sig och få en god tillväxt.

Sandjord är en mer lättbrukad jord än vad lerjorden är. Den torkar lättare upp efter regn men är betydligt näringsfattigare och har svårare att hålla kvar vatten. Just vatten och även luft kan dock cirkulera lättare i jordar med ett högre sandinnehåll. I Sverige har vi även torvjordar och dyjordar som är mycket rika på humus men oftast även mycket näringsfattiga. Svartmylla kalas den allra mörkaste dyjorden där pH-värdet är som lägst. Dessa jordar behöver ofta kalkas och gödglas för att kunna passa som odlingsmarker. Många av jordarna är så kallade blandjordar där flera av de olika jordtyperna förekommer. En del av blandjordarna har bättre förutsättningar för en god skörd medan andra har sämre. Skillnaden ligger i mängden mineraler och lerpartiklar. En högre mängd mineraler och lerpartiklar ger en mer näringsrik jord vilket ökar produktionsförmågan (Svenska förbundet för koloniträdgårdar och fritidsbyar, 2010).

Markens textur beror på fördelningen mellan mineralpartiklar och kornstorlek. Fördelningen mellan kornstorleken påverkar både markens fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer. Den viktigaste korngruppen är lerfraktionerna som har en stark inverkan på markens fysikaliska egenskaper. Det är inte bara storleken som skiljer dem åt utan även att dess beståndsdelar, sand, mo och mjäla. Sanden, mo och mjälan består av primära mineraler som kvarts och kalifältspat medan lera i huvudsak består av sekundära mineraler såsom kaolinit och vermikulit (Wiklander L, 1976).

Tillsammans med det organiska materialet bildar kornen byggnadsblock där porer uppstår mellan byggnadsblocken. Markens struktur kännetecknas av hur de fasta partiklarna, byggnadsblocken är arrangerade i marken (Brady N & Weil R 1996). Partiklarna kan både vara fristående från varandra så kallade enkelkornstrukturer som i till exempel sand- och mojordar. När de fasta partiklarna inte är fristående från varandra bildas aggregatstruktur då aggregat sammanfogas (Wiklander L 1976). Detta sker främst i korngrupperna mjäla och ler. Grövre korngrupper kan också ingå i aggregat men endas om det finns finare fraktioner eller organiskt material närvarande

i tillräcklig mängd. Dock påverkar jordbearbetningsprocesser så som torkning, frysning, jordbearbetning och mikrobiell aktivitet aggregatstrukturen.

Aggregatens utseende och utformning har betydelse för hur marken kommer att bete sig när det gäller rötternas förmåga att tränga igenom marken, dess dräneringsförmåga och gasutbytet. Jordar med en svag aggregatstruktur är väldigt känslig för yttre påverkan. Generellt gäller det att strukturen är bättre i jordar som har bearbetats mindre då halten av organiskt material är högre och jordarna inte har markpackats lika frekvent som jordar med en mer intensiv bearbetning exempelvis jordar som producerar flera grödor på ett år (Persson L & Otabbong E, 1994). Vid packningsskador minskar porositeten och de djupgående luft och vattentransporterna påverkas negativt. Rötterna får mycket svårare att tränga igenom djupet vilket gör att grödans potentiella jordvolym som rötterna kan utnyttja minskar. Idag finns en så kallad packningsgrad som visar den procentuella skillnaden mellan skrymdensiteten i fält efter jorden har packats med ett visst tryck. Om jorden är packad är skillnaden liten. Dock föredras en viss packningsgrad då kontakten med rötter och fasta partiklar ökar (Håkansson I, 2000).

För att jorden ska behålla sin struktur måste den klara påverkan av yttre faktorer. Aggregatstabiliteten påverkas av många olika faktorer där det organiska materialet spelar en viktig roll. Växtrester och rötter agerar som armering mellan aggregaten och förhindrar nerbrytning. Vid nedbrytning av det färskt organiska materialet utsöndrar mikroorganismerna restprodukter så som polysackarider som har en ihop hållande effekt (Arshad M.A & Coen G.M 1992). Svampar som finns i jorden hjälper även till att stabilisera små aggregat med hjälp av mycel. Generellt så ger en högre lerhalt stabilare aggregatstruktur. Förutom organiska faktorer så har även järnoxider, aluminiumoxider och karbonater en hög stabiliseringsförmåga. Detta är en av anledningarna till att kalkning ger en hög aggregatstabilitet.

På jordar som har instabila aggregat och är mer känsliga för yttre påverkan blir skadorna värre vid regn och packning. Instabila aggregat kan förstöras helt i det övre markskiktet och det kan bildas en lös gyttja som vid torra stelnar och bildar en skorpa på ytskiktet. Detta kan resultera i att en grodd kan ha svårt att komma upp efter sådd och bryta sig igenom skorpan med missväxt som följd.

Det porsystem som finns mellan de fasta partiklarna i marken fungerar som en reserv för markvatten och luft vars uppgifter är att tillföra vatten till växternas rötter, syresätta dem och förse organismerna i marken med ett bra klimat. Det avgör även markens infiltrationsförmåga, näringsämnenas rörlighet och rötternas förmåga att tränga ner i profilen (Wiklander L 1976).

Vatten

Markvattnet är en faktor som även den avgör bördigheten och en faktor som kan påverkas i förbättringssyfte. Torrläggning, dränering och bevattning är alla tre faktorer som kan vara nödvändiga för en god markbördighet (Jansson S.L 1972).

Vattnet kan bindas på tre olika sätt i marken. Adsorbtivt, kemiskt och kapillärt. Adsorbtivt är vatten som är bundet direkt till de fasta partiklarna i jorden. Förmågan till att binda vatten beror på hur partiklarna är arrangerade. Humus och lerpartiklarna kan binda stora vattenmängder. Detta beror på den stora mängd av kolloider som ger mycket yta för vattnet att binda till. Men lermineralerna kan variera sinsemellan och antingen vara av hydrofob eller hydrofil karaktär (Hillel D 1982). Desto högre lerhalt och mängd organiskt material desto högre halt av adsorbtivt bundet vatten i marken, vilket är hårt bundet till partiklarna men ändå tillgängligt för växterna

Vattenmolekylerna har både positiva och negativa laddade sidor som gör att de kan binda dels till varandra men även till andra laddade ytor. Vattenmolekylerna kan därför bindas kapillärt i marken och hålla sig kvar i marken efter regn. Detta bidrar till att vattnet kan stiga kapillärt från grundvattnet (Brady N & Weil R 1996).

Vattenmolekylernas attraktionskraft är svaga och mängden vatten som är kapillärt bundet i marken påverkas av porsystemets uppbyggnad. Små porerna har en bättre uppsugningsförmåga än större porer (Wiklander L 1976). Det är det kapillärt bundna vattnet som växterna använder till sin vattenförsörjning. Ibland ingår även vatten som byggnadselement i mineraler som är bundna till joner. Det vatten som binds till jonerna är hårt bundna och inte tillgängligt för växterna d.v.s. kemiskt bundet vatten påverkas i stor grad av mineralsammansättningen i marken. Det är inte mängden vatten som bestämmer hur mycket vatten växterna kan använda utan i vilken form vattnet är bundet. Olika jordarter har olika förmåga att binda vatten.

Vattnets flöde kan ske både under omättade och mättade förhållanden. Vid mättade förhållanden är alla porer vattenfyllda och hastigheten beror på porernas utformning samt storlek. De små porerna har ett långsammare flöde när friktionen mellan vattnet och partiklarna ökar (Hillel D 1982). Vid de mättade flödena så är det främst gravitationen som är den drivande kraften. Vanligast förekommande är vattenflöden under omättade förhållanden då de finare porerna är vattenfyllda. Då är inte gravitationen den drivande kraften utan det är de icke vattenfyllda porernas förmåga att dra till sig vatten som påverkar kraftens storlek.

Luftens tillgänglighet

Luft är den tredje beståndsdel i markens system. Precis som vattnet så finns luften i markens porsystem vilket skapar en konkurrens med vattnet i markens utrymmen. En jord med ett bra luftflöde är en grundförutsättning för att växterna och markens organismer ska frodas och må bra. Organismerna i jorden har ett behov av syre för sin respiration och avger samtidigt koldioxid tillbaka ut i luften. Vid för höga koncentrationer av koldioxid i jorden kan det bli en toxisk effekt vilket hämmar tillväxten som sedan kan leda till rötternas död. Det finns två processer i jorden som luften använder sig av, flöde samt diffusion. Flöde uppstår då vattnet rör sig genom profilen efter regn och luft trycks undan eller vid upptorkning då luften istället sugts in i tidigare vattenfyllda porer (Brady N och Weil R, 1996). Diffusion däremot regleras av koncentrationsgradienten mellan marken och atmosfärers gassammansättning. Gaserna går alltid från en högre koncentration till en lägre vilket gör att koldioxiden går från marken ut i atmosfären och syret från atmosfären kan gå ner i marken, så kallad markandning (Wiklander L, 1976). Diffusionen kan ske både genom vatten och luft. När marken innehåller för mycket vatten blir luftutbytet otillräckligt då gaser diffunderar betydligt fortare i luft. Det är framförallt markens dräneringsförmåga som styr detta d.v.s. hur mycket vatten som finns i jorden samtidigt (Persson I & Ottabong E, 1994).

Denitrifikation är en mikrobiologisk process som sker vid låga syrehalter eller vid helt syrefattiga förhållanden då nitrat används för att bryta ner organiskt material av denitrifikationsbakterier (Steineck S, 2000). Med en högre vattenmättnadsgrad stiger

denitrifikationen (Vinther & Hansen, 2004 se Greppa Näringen 2010). Detta gör att lerjorden är extra känslig och drabbas lättare för vattenmättnad och packningsskador än vad de lätta sandjordarna gör. Det är lerjordens struktur med olika porstorlekar och kolloider som gör det möjligt att bilda syrefria områden i marken trots att den inte är vattenmättad (Steineck. S 2000). Detta medför att det inom en liten volym jord kan finnas både syrefria områden där denitrifikation sker och syrerika område där nitrifikation kan ske. Nitrifikation är en process som omvandlar ammonium till nitratjoner d.v.s. nitrifikationsbakterier bygger upp organiskt material med hjälp av koldioxid (Persson J 2003). Variationen gör det svårt att förutse hur stor denitrifikationen är inom ett område. För att få en bra tillväxt på grödorna måste hänsyn tas till de variationer som finns inom ett fält, så kallad precisionsodling. Att anpassa kalkning, gödsling och att sätta in rätt ogräsbekämpning för varje specifikt fält istället för att köra samma behandling på alla fält ger bättre skördar. (Young I.M & Ritz K, 2000).

De biologiska egenskaperna

Det organiska materialet och de mikroorganismer som lever i och av jorden har en central betydelse för markens bördighet. För att behålla markens bördighet eller återställa en jord som minskat i bördighet bör stor vikt läggas vid just mikroorganismerna (Parr J.F m.fl, 1992). Det organiska materialet är av central betydelse för de markbiologiska processerna som består av levande växter och djur, mer eller mindre nedbrutna växt- och djurrester samt organiska föreningar. Den organiska substansen finns framför allt i matjorden där den markbiologiska aktiviteten pågår (Brady N & Weil R, 1996).

Mullhalten

Mullhalten är ett resultat mellan införsel och utförsel av organiskt material d.v.s. döda djur- och växtrester i jorden. Detta är en långsam process som går att påverka genom rätt odlingsåtgärder. Att ta tillvara på gårdens egenslagna halm och återföra den till jorden är ett bra alternativ. Även mellangrödor och jordbearbetning påverkar mullhalten. Att låta jorden vila under vintern genom att inte bearbeta den under sen höst och vinter minskar nedbrytningen av mullen (Odling i Balans, God bördighet 2014).

Mullhalten påverkar både de fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer så som jordens aggregatstruktur, kolinlagring, infiltration, dess vattenhållande förmåga, näringsinnehållet, buffertkapaciteten och markorganismernas aktivitet. En hög mullhalt minskar risken för angrepp av jordburna sjukdomar och skadegörare (Backlin A, 1998).

Det finns tre fraktioner i marken av det organiska materialet: lätt nedbrytbart, halvstabil samt stabil. Lätt nedbrytbara och halvstabila fraktioner bryts ner på ett par decennier medan det stabila har en omsättningstid på flera sekel. Fraktionerna är oftast en växtföljdseffekt av bördighetsfaktor.

Ca 90 % av den organiska substansen i marken utgörs av humus. Humusbildningen påverkas av mullämnets kvalitet och hur mycket humus som bildas är beroende av hur pass nedbrutet materialet i marken är. Stallgödsel ger högre tillförsen av organiskt kol än vad både halm och grüngödsling gör. Vid en intensiv och påfrestande bearbetning minskar mullhalten då syretillgången ökar vilket stimulerar humusnedbrytningen. I marken pågår det ständigt mineralisering och immobilisering av kväve. Vilken av processerna som dominerar beror på det organiska materialets kvalité. Halm som är kvävefattigt leder till att kvävet blir svårtillgängligt och baljväxter som är kväverika tillför mer kväve till jorden. Nermyllning av färska, lätt omsättningsbara skörderester ger dock bara kortsiktiga förfruktseffekter vilket inte påverkar bördigheten långsiktigt (Persson I & Otabong E, 1994).

Mikroorganismer

Mikroorganismerna har en betydande och avgörande roll för att skapa och bibehålla en god markbördighet (Torstensson L m.fl., 1998). Svampar och bakterier är de viktiga grupperna av mikroorganismer där deras aktivitet starkt beror på nivåerna av energi, temperatur, fuktighet, näringstillgång, pH samt jordart. Mikroorganismernas främsta uppgifter är att bryta ner organisk materialet som i sin tur leder till humusbildning och mineralisering av kväve, fosfor och svavel. De har stor del i tillgängligheten av växtnäring genom mykorrhiza d.v.s. symbiosen med växtrötterna. Mikroorganismerna gynnar även tillväxten hos grödan då de utsöndrar tillväxtgynnande hormoner, ökar utnyttjande av växtnäring och deltar aktivt för biologisk kontroll av skadegörare, patogener och ogräs. De hjälper dessutom till vid

nedbrytningen av syntetiska organiska material så som pesticider och giftiga föreningar. Aggregering ökar då mikroorganismerna utsöndrar föreningar som kletar ihop jordpartiklarna.

Även de ryggradslösa smådjuren är av betydelse för bördigheten. Den fysikaliska och kemiska markstrukturen samt hastigheten på markprocesserna och i vilken utsträckning dessa fortgår bestäms av smådjuren (Stork N.E & Eggleton P, 1992). De marklevande djurens aktiviteter stimulerar mikroorganismerna som deltar i de flesta av markens nedbrytningsprocesser. Markdjuren kan bidra direkt genom att producera koldioxid och avge mineralkväve eller indirekt genom luftning via att de gräver, finfördelar blad och äter svampmycel (Torstensson L m.fl, 1998).

Daggmaskar är de mest betydelsefulla markdjur vi har. De skapar gångar som är viktiga för infiltration och luftutbytet i marken för både rötter och andra markdjur. Daggmaskarna drar även ner växtmaterial i marken och finfördelar det vilket gynnar den mikrobiella aktiviteten. En jord som har bearbetats av daggmaskar har en större porvolym, ökad vattenhållande kapacitet, mer vattenstabila aggregat och högre infiltrationshastighet än jordar som endast har bearbetats av arter vid markytan eller inga alls (Stork N.E & Eggleton P, 1992). Ökad tillgänglighet av kväve, fosfor och andra näringsämnen är en följd av ett rikt daggmaskeliv. Ett tecken på mycket daggmask i jorden är ett rikt mikroliv. Daggmasken gynnas av en minskad bearbetning (Backlin A, 1998).

Nematoder och urdjur är viktiga vid frigörelsen av näring i synnerhet kväve och fosfor. Nematoderna och urdjuren kan även hindra utvecklingen av vissa sjukdomsalstrande organismer i marken samt att de reglerar mängden och fördelningen av svampar och bakterier. Vissa arter av nematoder bär dock på sjukdomar och virus. För att undvika dessa och minska risken för utbrott krävs en god och väl genomtänkt växtföljd (Ingham E.R, 1998).

Markbördigheten påverkas även av växtrötter som utsöndrar rotexudat. Rotexudat innehåller lätt nedbrytbara föreningar som många markorganismer lever av. Vilka organismer som trivs beror på vilken typ av växtlighet som finns i jorden. Det är därför som diversiteten ökar om växtföljden varierar (Torstensson L m.fl, 1998). Ett

rikt mikrobiellt liv vid rötterna ökar växtens tillgång på växtnäring. Rotexudatet kittar även samman jordpartiklarna till värdefulla aggregat precis som mikroorganismer utsöndrar kletiga föreningar. Rötterna främjar även markstrukturerna genom att de torkar upp markprofilen och hjälper på så sätt den naturliga sprickbildningen. Marken luckras och de tätaste skikten sprängs vilket gör att rötterna får en möjlighet att gräva sig långt ner i alven och utnyttja näringsämnen och vatten. En bördig jord kan erbjuda grödan plats till ett ordentligt rotsystem som genererar en ökad tillgång på näring och vatten (Kennedy A.C & Papendick R.I, 1995).

För att markorganismerna ska trivas behövs näring i form av organiskt material, en varierad växtföljd, syre, rätt mängd näringsämne, ett stabilt och neutralt pH-värde och en lagom fuktig jord. Detta gör att mängden markorganismer varierar beroende på jordart, klimat, odlingshistoria och vattentillgång. Precis som det finns bra mikroorganismer så finns det sämre mikroorganismer som bär på sjukdomar och virus. Sjukdomar som genererar i en sämre rotmiljö och tillväxt på grödorna. Det finns även mikro- och markorganismer som direkt kan skada grödorna via att de äter på plantan och rötter.

De kemiska egenskaperna

Även de kemiska faktorerna har en stor påverkan vid markbördighet. Katjonbyteskapacitet, organiskt material och pH är av stor vikt likaså tungmetaller, toxiska organiska föreningar och radioaktivitet. Katjonbyteskapaciteten är en jords förmåga att binda till sig positiva joner. Hög katjonbyteskapacitet har större förmåga att behålla växtnäringsämnen i jorden än vad en låg katjonbyteskapacitet har (Karlen D.L & Scott D.E, 1994). Den totala halten av kol, kväve, mineraliserbart kväve, fosfor och kalium är viktiga ur växtnäring synpunkt för i stort sett alla växter.

Näringsämnen

Växtnäringsämnen med olika mineraler finns normalt bundna i markmineraler som varierar från lätt tillgängliga till hårt bundna vilket gör det enklare eller svårare för växten att ta upp olika näringsämnen. Både frigörelsen och fastläggningen av dessa näringsämnen styrs av jämviktsreaktioner som i sin tur styrs av markvätskans konsentrationsförhållanden. Många av mikronäringsämnena är lösta i markvätskan (Persson I & Otabbong E, 1994).

Kolloiderna utgör basen för utbytesreaktionerna vilka kontrollerar näringstillgängligheten i marken. Kolloiderna fångar in den näring som tillförs marken i form av växtrester, kalk och gödsel. På detta sätt hindras näringsämnen från att urlakas vilket gör dem extremt viktiga för markens bördighet. Kolloidkomplexet består av lermineral och humuspartiklar. De joner som sitter löst bundna på kolloidernas yta kan via reaktion med markvätskan tas upp av växtens rötter. Även aggregatbildningen gynnas av kolloiderna då de fungerar som broar mellan markpartiklarna. Kolloiderna har en mycket stor yta i förhållande till sin vikt och komplexet är mycket litet. Ytan hos ett gram ler är minst 1000 gånger större än hos ett gram sand. Kolloidernas yta är negativt laddade och omges av lösa positiva joner exempelvis katjoner som H^+ och Ca^{2+} . Vattenmolekyler dras även till kolloiderna då de attraheras av de absorberande katjonerna. Om man jämför humuskolloiderna så är närings- och den vattenhållande förmågan större i lerjordar än i sandjordar. (Brady N & Weil R, 1996). En högre mull- och lerhalt ger en högre katjonbyteskapacitet. Katjonbyteskapacitet är grundläggande för jordens förmåga att förse växterna med näring. Störst påverkan av katjonbyteskapaciteten är jordens textur, mängden och vilken typ lermaterial samt mängden organiskt material (Arshad M.A & Coen G.M, 1992).

pH-värde

Basmättnadsgraden påverkar näringstillgången och dess processer i jorden vilket påverkar bördigheten. Basmättnaden uttrycker andelen av katjonbyteskapacitet. En bra åkermark bör ligga på en basmättnadsgrad runt 80 %. Sura jordar har betydligt lägre vilket enkelt åtgärdas med kalkning vilket medför att pH-värdet höjds. pH-värden i marken påverkar både de fysikaliska och kemiska samt biologiska markprocesser så som näringsutnyttjande, vittring och den biologiska aktiviteten. Ett för högt pH-värde kan leda till att mikronäringsämnen exempelvis mangan blir svårtillgängliga för växtens rötter och att fosfor fastläggs. Vid för lågt pH finns risken att fosfor binds till svårlösta järn- och aluminiumfosfater samt att vissa ämnen som mangan och aluminium kan få giftiga koncentrationer. Trots att mulljordar är surare än mineraljordar har de ett bättre näringstillstånd. Detta beror på att de innehåller stora mängder kationer på grund av ett högre katjonbyteskapacitet. De har

även ett lägre innehåll av järn och aluminium som lättare kan binda till humuspartiklarna (Persson I & Otabbong E, 1994).

Hur pass hög en växts tolerans är mot olika pH-värden varierar kraftigt. Ett optimalt pH-värde beror på odlingssystemet där jordarten, dränering, gödselmedel, vittring, mängd alkaliska salter samt basmättnadsgraden är viktiga faktorer (Arshad M.A & Coen G.M, 1992). Marken försuras genom bortförsels av skördeprodukter, användning av försurande gödselmedel, urlakning och vid surt nerfall. Att detta inte händer direkt vid regn utan en fördröjning uppstår är eftersom kolloidsystem har en buffrande verkan. När dränering sker av jordarna och mer luft blir tillgängligt oxideras svavel till svavelsyra och sänker pH:t drastiskt och rötternas tillväxt hindras. Vilket i sin tur har stora negativa påföljder för markbördigheten.

Kemisk vittring

Den kemiska vittringen är en långsam process som gör att hårt bundna näringsämnen frigörs. Denna process kan till en del motverka försurning då överskottet av kationer frigörs vilket höjer basmättnadsgraden. Sandjordar drabbas hårdast av vittring då dess specifika yta är större än i grövre jordar. Sverige har en relativt ung jord vilken inte har hunnit vittrat sönder ännu vilket gör att den fortfarande innehåller många näringsämnen och kationer som kan frigöras. Om jordarna är lättvittrade så att frigörelse kan ske är detta ett tecken på bra bördighet.

Salt försvagar jordstrukturen vilket medför en risk att jordens aggregat faller samman och kan slammar igen. Saltjonerna är omgivna av vattenmolekyler som är starkt hydratiserade vilket ökar avståndet mellan kolloidernas ytor och på så sätt försvagar maktstrukturen. Saltrisken finns främst vid kusterna där salta vinda blåser in över land och vid bevattning av ett alltför bräckt vatten (Persson I & Otabbong E, 1994).

Rötternas rörelser i jorden

En växt rötter lever ett hemlighetsfullt liv under markytan. Under ett hektar höstvetete finns över 300000 km rötter som kräver vatten och växtnäring för tillväxt. Ett välutvecklat rotsystem är ett resultat av en god maktstruktur och är en förutsättning för en god skörd. På en väl-dränerad lerjord med en god markstruktur kan vissa växtrötter nå ner till 2-3 meter djup. En växts rotsystem är lika genetisk förutbestämt

till dess form och utseende som växtens blomma och blad ovan jord är. Det finns två olika system av rötter, Tvåhjärtbladiga växters rötter som har ett rotsystem bestående av en huvudrot med utgående sidorötter exempelvis hos oljeväxter. Enhjärtbladiga växter däremot har 3–5 primärrötter som kommer från den groende kärnan och kronrötter som bildas från de basala delarna av strået som. Exempelvis hos spannmål.

En rot rör sig framåt i jordens profil med en hastighet på ca 0,5–3,0 cm/dygn när den växer som allra fortast. Men för att nå tillväxt är rötterna beroende av sprickor och hål i joden då deras egen förmåga att själv skapa kanaler är ganska begränsade. I en våt jord är det enklare för rotspetsarna att förflytta jordpartiklar medan i en torrare jord tvingas roten använda porer med minst en diameter större än rotens för att tränga igenom marken. Man kan se det mekaniska motståndet genom att rotspetsen förtjockas och grenar sig. När dagmaskar ska förflytta sig använder de gamla rotkanaler likaså använder sig rötter av dagmaskarnas gångar.

Hur bra rotsystemet är på att ta upp näring och vatten är en effekt av hur väl rötterna kan genomtränga jorden. Ofta mäts detta i rotlängd per cm^3 jord. Vid spannmål är det vanligt att man i matjorden hittar 10 cm rötter per cm^3 . Går man sedan längre ner i alven så sjunker antalet till 0,1 cm rötter per cm^3 jord på 1 meters djup. En liter jord kan alltså då innehålla 100 meter rötter i matjorden men endast 1 meter rot på 1 meters djup i jordprofilen. På en yta av en m^2 i ett sockerbetsfält finns det ungefär 10 km rötter. Höstvetete har ännu högre rotdensitet på 30 km rötter per m^2 (Väderstad-verken, Rötter, Markstruktur 2012).

Organisk gödning

Spridning av gödsel tillför jorden värdefullt organiskt material. Stallgödsel har ett rikt innehåll av organiskt material som även har en stor vattenhållande förmåga. Desto mer organiskt material desto mer vätska kan hållas kvar i gödseln. Ett jämviktsförhållande inställer sig i marken mellan gödsel och jord som gör att vattenpotentialen är densamma överallt. När vattnet dras ut från gödslet underlättas syresättningen då syret rör sig snabbare i luften än i vattnet. När syresättningen ökar minskar denitrifikationen vilket gör att luftmängden är mindre i torra jordar jämfört med de fuktiga (Petersen, J 1996).

Vid all gödsling måste hänsyn tas till den skörd som förväntas utifrån den befintliga jorden likasom odlingshistorien och förfrukten. Även jordens vattentillgång bör tas hänsyn till. Om det finns gott om näring men med ojämn vattentillgång blir kvalitén på grödorna också ojämn (Ögren E & Rölin Å, 2009).

Markpackning

Markpackningen är ett större hinder på sandjord än på lerjord. Sandjordar är som känsligast för stark markpackning vid matjordens bottenkikt. De behöver bearbetas årligen för att jorden ska hållas i trim. Lerjordar däremot som inte bearbetas årligen med en hög packningsgrad kan fortfarande ha en god markbördighet. Vid plöjningsfri odling blir skörden lika bra eller till och med bättre på lerjordar som har bearbetats till skillnad från sandjordar där resultatet inte blir bättre. Markpackningsgraden i matjordens djupaste lager påverkas ungefär lika mycket i de båda jordarna. Vid årlig plöjning så kvarstår påverkan av packning i matjorden under längre tid i de styva lerjordarna än i de lätta sandjordarna. Vid marker som inte har bearbetats årligen med direktsådd, plöjningsfritt eller i alven är det däremot tvärtom. Det krävs en traditionell bearbetning på sandjordar för att behålla en bra markstruktur (Greppa Näringen, Markbördighet 2010).

En del grödor är mer känsliga för markpackning än vad andra grödor är. Grödor med små fina rötter har mycket svårare att tränga sig ner i markpackade jordar medan tjocka, grövre rötter så som oljerättika har betydligt lättare för att tränga ner i markpackade jordar (Magdoff F & Van Es H, 2009).

Näringsbrist drabbar markbördigheten

Den vanligaste och mest betydande orsaken till fosforförluster i åkermark är olika typer av erosion i samband med vattentransport på och i marken då frigörelse av löst fosfor sker från markpartiklar. Hög nederbörd på lerjordar skapar de största förlusterna av fosfor. Detta eftersom lerjord kan binda mer fosfor än vad sandjord kan göra. Tyngre jordarna består av enkelkornstruktur som lätt genomsköljs av vatten och tar med sig den lösta fosfor. Vattnet följer stora sprickor, gångar och stora porer i lerjorden och om porerna är inaktiva transporteras vattnet snabbt genom

markprofilen och river loss jordpartiklar längs vägen. Både löst och partikulär fosfor kan då följa med vattnet genom markprofilen. Fosforförlusterna sker oftast episodartat under korta perioder då vattenflödet är mycket kraftigt exempelvis vid snösmältning. Förhållandet är dock omvänt när det gäller kväve då man har störst läckage på de lättare jordarna. Även temperaturen påverkar förlusterna av näringsämnen. Vid tjäle exempelvis kan inte vattnet tränga igenom marken och risken för fosforförlusten med ytvattnet ökar. Tjälen ger dock lerjordarna en luckrare struktur vilket har många positiva aspekter så som att öka markens inre erosion (Tjell D 1994).

Växtföljd

En växtföljd av god kvalitet är idag grunden för en uthållig växtodlingsproduktion. Vid val av växtföljd bestäms vilken ordning som grödorna ska odlas i. Genom en bra växtföljd kan många jordburna sjukdomar och skadedjur undvikas. Även jordens struktur och mullhalt förbättras. Med rätt växtföljd och rätt förfrukt kan nästkommande års skörd öka. Att växla mellan enhjärtbladiga och tvåhjärtbladiga växter är viktigt för att få en bra växtföljd. Sjukdomar och skadegörare angriper oftast grödor av samma växtfamilj. Att odla till exempelvis vete efter majs ger en ökad risk för axfusarios, svamp i axen. Istället bör oljeväxter, klöver eller luservall odlas året före den tänkta veten. I ekologiska odlingar är växtföljden enormt viktig genom sin förmåga att kunna förhindra och minska jordburna sjukdomsangrepp på ett giftfritt sätt.

Även fånggrödor är viktiga för en stabil och bördig jordstruktur. Fånggröda är en gröda som har sin huvudsakliga tillväxt mellan två huvudgrödor och som har i syfte att minska växnäringsförlusterna efter huvudgrödans skörd. Det finns alltid en risk att fånggrödan kan bli ett ogräs i nästkommande grödor. (Jordbruksverket, jordbruksgrödor 2013).

Den gröda som odlas året innan påverkar efterkommande grödan på flera olika sätt. Förfrukten i både en växtföljd och vid fånggrödor lämnar efter sig olika mängd kväve som blir tillgänglig för nästa års grödor. Genom en varierad växtföljd bearbetar varje förfrukts rötter jorden på olika sätt. En del grödor har tjockare rötter som kan tränga längre ner i jorden och på så sätt luckrar upp jorden för nästkommande års gröda som kanske har finare rötter som håller sig i den över delen av jordprofilen. Dock kan

förfrukten även vara bärare på jordburna sjukdomar eller nematoder. Vid fel växtföljd, samma gröda odlas året efter kan denna sjukdom eller skadegörare överföras till nästkommande års produktion. (Jordbruksverket, växtföljd i vete 2013).

I potatisodling bör växtföljden ligga på 3 år i en konventionell odling medan i en ekologisk odling bör odlingsuppehållet vara minst 5-6 år för att minimera risken för jordburna sjukdomar. Alla grödor förutom potatis är lämpliga som förfrukt vid just potatisodling. Dock bör vall som är rik på baljväxter undvikas då det är svårt att beräkna kvävemängden i jorden därefter. Balansen mellan kväve och kalium på kaliumsvaga jordar kan nämligen lätt rubbas vilket påverkar potatisens kvalitet negativt. Vid potatisodling bör fångrödan sås efter potatisen är upptagen. Råg är en vanlig fångröda, men även oljerättika och senap fungerar eftersom de har en sanerande effekt av jordburna sjukdomar samtidigt som deras kraftiga rötter bearbetar jorden (Jordbruksverket, Växtföljd potatis 2013).

I en växtföljd med en gröda som har ett bra rotsystem och mycket skörderester ger en bra förutsättning till nästa års gröda, då det inte behövs gödslas så mycket nästkommande år. Speciellt vid näringskrävande grödor är förfrukter mycket viktigt.

Valet och tidpunkten av förfruktens sådd och skörd beror på jordarten, hur växtföljden ser ut, och vilken gröda som kommer efter. Det kan vara svårt att för försådda grödor så som purjolök att skapa en bra såbbädd om en grüngödslingsgröda har brukats ner under våren innan. Detta eftersom det finns en stor risk för växtrester i jorden som kan gro på nytt. Även odlingens geografiska läge har betydelse. Om en grüngödslingsgröda brukas ner under våren och ligger i ett nordligt läge kan det innebära att växtnäringen inte kommer att frigöras förrän på sommaren på grund av en kallare jord (Ögren E & Rölin Å, 2013).

Vid en bra växtföljd skapas en positiv mullhaltsutveckling vilket ökar jordens bördighet och därmed kan grödans kvalitet förbättras. Vid en bra växtföljd så

- Optimeras utnyttjandet av växtnäring i jorden
- Minskar risken för kväveutlakning

- Minskar behovet av växtskyddsmedel då risken för jordburna sjukdomar samt växtskadegörare i marken förebyggs.
- Minskar utsläppen av växthusgaser genom ett bättre kväveutnyttjande.
- Ökar kolinlagring genom bättre mull och humuskvalitet.
- Minskar kostnaderna i form av bearbetning av jord, gödsling och ogräsrensning (Greppa Näringen, Växtföljd och bördighet, 2012).

Att tänka långsiktigt med växtföljden är en grundförutsättning men inte alltid det lättaste. Klimat och ekonomi styr idag allt mer och är något som bonden har svårt att förutse. En tänkt växtföljd som är optimalt ur ett biologiskt perspektiv är kanske inte den mest optimala för den ekonomiska konjunkturen. Valet av vilka grödor som ska odlas från år till år är därför alltid en svår balansgång med många prioriteringar och kompromisser (Odling i balans, God växtföljd 2013).

Vilken jordbearbetning krävs för att nå optimal bördighet för morötter?

För att kunna leverera den växtnäring som morötter behöver så är det viktigt att bygga upp jorden rätt. Morötter kan avkasta upp emot 60-80 ton per hektar, vilket gör att det ställs höga krav på jorden vid odling av frilandsgroänsaker så som morötter.

Jordens bördighet byggs upp med hjälp av vallar, gröngödsling och tillförsel av stallgödsel. Den mullrika jorden binder och håller kvar mer växtnäring och spårämnen som sedan blir tillgängligt för växternas rötter. Vid ett för stort växtnäringsinnehåll ökas risken för läckage om det inte finns tillräckligt med grödor som kan ta upp näringsämnena vid mineraliseringen. Det räcker inte bara med att gödsla för att få en bra skörd. Odlingshistorien, jordstrukturen, förfrukten och ogräsförekomsten har ofta en större betydelse än den enskilda gödslingsåtgärd som görs enskilda år. Med en bättre jordstruktur kan moroten utvecklas ett större och djupare rotsystem vilket gör att den har större möjlighet för att utnyttja den växtnäring som redan finns bunden i marken (Ögren E & Rölin Å, 2013).

Morötter ställer krav på att en djup, lucker och väl-dränerad jord och utvecklas bäst på sand- och mulljordar. Sandjorden föredras till tidiga sorter då de är varmare än mulljordar. Problem finns dock i att sandjordar blir torrare vilket kan skapa problem vid groningen och uppkomst om bevattning uteblir. Dessutom kan sandjordens sandkorn skrapa på morotens yta vid upptagningen vilket kan göra att moroten får ett

gråaktigt skimmer. De morötter som är odlade på sandjord får ofta en högre torrsubstans, karotinnehåll och sockerhalt än morötter som är odlade på mulljordar. Detta beror på att sandjordarna är torrare och varmare och med rätt vattenmängd ger en näringsrikare morot än vad kalla, fuktigare mulljordar ger. Mulljorden är mer vattenhållande och därmed bli morötterna i regel mer saftspända. Detta kan vålla problem vid upptagningen då morötterna lätt spricker. Vid odling på mulljord föredras sorter som har liten benägenhet till att spricka. Kväveförrådet är störst i mulljorden men tillgänglighet av spårämnen är dock sämre. Men mulljordens djup och luckerhet gör att moroten får en bättre utveckling och finare form. Förtätade markprofiler med plogsula och sten kan ge greniga och missformade rötter. För att minska detta problem så sker morotssådden ofta på drill eller upphöjda bädda vilket gör jorden luckrare och varmare men mer känslig för uttorkning.

För att få en bra avkastning på morotskörden så föredras en förfrukt av grüngödslingskaraktär med kvävefixerare. Det handlar alltid om att prioritera de val man har vid valet av växtföljd, hur mycket mark som finns tillgänglig och tillgången på stallgödsel.

Ogräsbearbetningen är något som är tidsödslande för morotsbönder vilket är en viktig faktor att tänka på valet av växtföljd. Att välja en förfrukt som minskar ogrästrycket under det året morötter ska odlas. Då moroten vill ha en lucker struktur bör förfrukten ha egenskaper som luckrar markens struktur och höjer dess bördighet. En förfrukt som går djupt med ett stort rotsystem exempelvis oljerättika. Grödor som kräver tunga maskiner sent på säsongen ska helst undvikas på de känsliga jordarna. Morotsodlingens växtföljd bör ligga på 6-7 år för att undvika lagringssjukdomar som ofta är jordburna samt.

Morötter har ett måttligt kvävebehov. De är inte lika känsliga så som exempelvis vitkålen är. Kvävetillgången har dock en större betydelse hos de morötter som skördas med maskin där moroten lyft i blasten. Vid brist på kväve vissnar nämligen blasten och blir skörare fortare än normalt. För mycket kväve ger sämre smak på grund av lägre sockernehåll samt kan ge kvalitetsfel. Det finns även en risk att den kan växa för kraftigt och sprickbildning kan uppstå. Lagringsförmågan minskas även vid för stora kvävegivor. Behovet av kalium är stort vilket stallgödsel, urin, vedaska

och stenmjöl kan minska. Likaså är magnesium- och borbehovet stort som kan orsaka spruckna rötter. Den mängden bor som finns tillgänglig för växterna beror på mängde tillgängligt kväve i marken. Vid för lite kväve kan borbrist uppkomma även fast det finns tillräckligt bor i marken. Användandet av komposterad gödsel ger en mer välbalanserad upptagning och frigörelse av växtnäring i jorden. Morötterna behöver även spårämnen så som molybden, mangan och koppar för en god tillväxt. Brister av dessa ämnen brukar uppkomma vid ett antingen för högt eller lågt pH-värde.

För att få en bra skörd är det viktigt att lyckas med både såbädden och sådden. Fördel finns med att vårplöja då jorden fortfarande är varm och den lösta strukturen kan bevaras bättre. Ett jämt sådjup är viktigt för en jämn uppkomst med likartade morötter i form och storlek. Morotsfrön gror långsamt och efter uppkomst föredras en lång och relativt kall period för att få en så bra tillväxt som möjligt. Vid en för hög temperatur utvecklas moroten för snabbt vilket ger avkall på kvalitet och smak.

För att undvika lagringsjukdomar hos morötter så är en god växtföljd den bästa grunden. Bra förfrukter för en morot är stråsäd, gräslök och purjolök som främjar jordstrukturen och tillför mycket kväve (Ivarsson P mfl 2003 & Ögren E & Rölin Å 2013). Bortforsling av kväve och många andra viktiga ämnen som sker vid skörden måste förr eller senare kompenseras med näring utifrån. Kalium är ett av de ämnen som förs bort i störst mängd just vid skörden. På kaliumsvaga ytor är stallgödsel, hästgödsel eller liknande bra alternativ (Ögren E & Rölin Å, 2013).

Många svenska odlare halmar idag sina morötter för att få en längre skördeperiod då halmen ger ett bra skydd mot kylan som kommer i november. Att ta till vara på sin egen halm efter användning är ett billigt och bra alternativ till att förbättra jordens struktur. Direkt när halmen myllas ner i jorden attackeras den av svampar och bakterier. Mikroorganismerna behöver kolhydrater för sin tillväxt och använder halmen som energi- och kolkälla. Efterhand som mikroorganismerna livnär sig och bryter ner halmen så minskas halmvikten. En halmtuss som myllras ner i jorden under september månad kommer ha förlorat en tredjedel av sin vikt redan i oktober. Ett år efter nedbrukningen återstår det endast 10-20 % av den ursprungliga halmens vikt. Vid nedbrytningen behöver mikroorganismerna kväve. I början av

nedbrytningsprocessen tar mikroorganismerna kväve från jorden vilket medför att kvävet blir otillgängligt för växternas rötter. När ca halva av den ursprungliga halmvikten har förlorats genom mikroorganismernas nedbrytning vänder processen och kvävet återgår till jorden och växternas rötter kan ta upp kväve igen. Halmnedbrytningen startar så snart som halmen kommer i kontakt med markytan och mikroorganismerna. Nedbrukningsdjupet är därmed betydelselöst så länge som halmen är i kontakt med jorden och det är tillräckligt fuktigt. Efter tre häftiga regnskuror kan halmen ha förlorat upp emot 90 % av sitt innehållande kalium och 60 % av sitt fosfor förråd som urlakas tillbaka till jorden. Viktigt är att trösken vid skörden skrapar halmens yta. Om inte detta sker har mikroorganismerna svårt att angripa halmens organiska ytstruktur. Detta är skälet till ett halmtak där halmstråets yta är intakt kan stå emot allt ifrån snö, regn och angrepp av mikroorganismer i flera decennier utan att falla sönder. Om halmen till ett halmtak hade passerat en tröska och rispats på ytan hade den inte varit användbar som taktäckning. Skillnad mellan en regelbunden halmnedbrytning och halmbränning är en bättre aggregatstabilitet, fler dagmaskar och en jord som har högre vattengenomsläpplighet och porositet för vatten (Väderstad-Verkan, halmnedbrytning 2012).

Diskussion

Vad är markbördighet?

Att definiera vad ordet markbördighet är inte det lättaste. Begreppet bördighet innebär en jord innehållande, långsiktiga produktionsförmåga att producera en hög och jämn avkastning år efter år. Bördigheten beror på sambandet mellan markpartiklar, mikroorganismer, växtnäring, luft och vatten i jorden. En god bördighet genererar en frisk jord som är fri från jordburna sjukdomar och som ger starka, friska och näringsrika grödor ofarliga för både människa och djur. Men att mäta bördighet är svårt. Ett fält varierar i allt från jordmån, näringsinnehåll, struktur, mängd mikroorganismer och vattenhalt till pH -värde och kemisk vittring. Att veta sina fälts brister är en förutsättning för att kunna påverka markens bördighet till det bättre. Att veta hur marken ser ut för att kunna sätta in rätt åtgärder i form av bearbetning och gödsling.

Hur kan vi optimera våra odlingar genom att odla rätt gröda på rätt jordart?

Vi vet att de bästa jordarna ligger på de stabila brunjordar där organiskt material och mineraler ständigt är i rörelse med hjälp från ett rikt mikroorganismliv. Dessa jordar innehåller ofta en hög lerhalt med en hög mullhalt fylld av mikroorganismer. För att optimera våra odlingar krävs kunskap om hur jordarna fungerar och vilken bearbetning de kräver för att nå optimal bördighet. Att veta vilka krav en lerjord ställer på rätt bearbetning och hur omfattande bevattningen måste vara på sandig jord för att tillgodose torktåliga grödor med tillräckligt med vatten. Genom att gynna mikroorganismer och ständigt utveckla, utvärdera åtgärder som görs inom jordbearbetningen kan vi dra slutsatser om vilka faktorer som har störst betydelse för att nå den bästa bördigheten. Att använda sig av rätt växtföljd, sätta in rätt gödselmängd i rätt tid följt av en passande jordbearbetning gynnar markens bördighet. Genom att odla rätt gröda på rätt jord minskas onödig bearbetning som själ tid och pengar av bonden. Men att optimera en grödas produktion på fel jord är lönlöst. Att odla sädeslag så som vete på en jord med en hög sandhalt i hopp om att det ska ge rekordskörd ger ingen vinst vare sig i mängd skörd eller i kvalité oavsett hur mycket gödning som myllras ner. Men att odla veten på sandjorden är ändå viktigt för växtföljden. För trots att veten inte ger en rekordskörd så hjälper den till att gynna nästkommande års gröda som exempelvis är morötter som är bättre lämpade

för odling i sandjordar. Veten stimulerar specifika mikroorganismer och binder näringsämnen till jorden som morötterna sedan kan ta del av.

Hur påverkar växtföljden markens bördighet?

Att ta ansvar som bonde för en god växtföljd med bra grödor är enormt viktigt för att stimulera markbördigheten. Växtföljden bidrar till en bättre jordstruktur, ger en högre mullhalt, stimulerar växtrötterna och minimerar utbrott av jordburna sjukdomar och skadedjur samtidigt som mikroorganismerna och näringsinnehållet stimuleras. En bra växtföljd bör varieras med grödor vars rotsystem är olik. Enhjärtbladiga grödor varieras med tvåhjärtbladiga då jordburna sjukdomar samt nematoder har en förmåga att sprida sig bland växter i samma växtfamilj. Grödor av samma växtfamilj bör inte odlas åren efter varandra. Grödor med tunnare, finare rötter som inte bearbetar jorden så djupt bör varvas med kraftigare, djupgående rötter som tränger ner ordentligt i jorden. Olika rötter och växter tar även upp olika mängder näringsämne. Att endast odla få grödor i en växtföljd kommer snabbt urlaka jorden på näringsinnehåll. Att varva grödor som behöver extra tillförsel av näring med grödor som inte har ett så stort näringsbehov gör att marken får möjlighet att mellan grödorna lagra och binda in näring på nytt. Olika grödor stimulerar även olika organismer i jorden vilket gör att det efter ett par år finns fullt med olika typer av organismer. Detta i skillnad till om enbart en gröda hade odlats på samma fält år efter år och då endast stimulerat en typ av organismer.

Vid val av grödor och vilken växtföljd som ska göras måste det alltid göras prioriteringar och avvägningar. En jord kan inte vara optimal för alla grödor. En bonde måste bestämma sig för vad som ska vara huvudgrödan. Vilken gröda kan ge högsta avkastningen på den jordtyp som finns tillgänglig. Ska vinsten vara i form av pengar med hög kvalitet som högsta prioritet eller i form av mängd producerat ton? Det går inte oavsett växtföljd och bearbetning att få toppskördar år efter år på samma jordstycke av alla grödor. Man måste bestämma sig för om man ska inrikta sig på sina jordgubbar och sätta växtföljden för att gynna dess behov eller vill man ha bra skörd på veten får dess behov stå i fokus. Eller vill man odla för att få bra skördar generellt där kvaliteten sätts i fokus? Målet med en växtföljd är på bästa möjliga sätt få grödor att gynna varandra och förbättra deras förmåga till att producera mer och bättre.

Hur påverkar markbördigheten och jordens struktur växtens förmåga för en god tillväxt?

God markbördighet med en jord vars mullhalt är hög, stor mängd organisk liv, bra struktur med stabila aggregat ger de bästa förutsättningarna för en bra tillväxt oavsett gröda. En sämre markbördighet med en låg mullhalt som kanske är saltskadad med försvagade aggregat och med ett svagt skydd mot sjukdomar genererar i en mycket sämre miljö för fröet eller plantat att rota sig i. Oavsett gröda så behövs rätt näring och näringsmängd för en god tillväxt. Vid en för hög och snabb näringstillförsel finns risk för urlakning som i sin tur påverkar nästa års grödor och dess näringsupptag från jorden. Fröet måste oavsett jordstruktur ta sig upp genom jorden till solen strålar för att binda in energi. Vägen kan gå genom en lerjord som är tung, kompakt och fuktig med stora aggregat eller genom en sandjord som är betydligt lättare, porösare, torrare och som har mindre aggregat. Om det är svårt att tränga igenom jorden beror på grödans rötter. Grödor med grövre rötter har en lättare förmåga tränga igenom jordar oavsett struktur och textur medan grödor med finare, tunnare rötter är desto mer känsliga för markens kompaktitet och föredrar ofta jordar med en högre sandhalt. Kraftiga, djupgående rötter är önskvärda i jordar med en kompakt struktur för att luckra upp jorden och förbättra markbördigheten. Oljerättika och senap är två vanliga grödor som används efter exempelvis sockerbetor där upptagningen och handteringen vis skörden ofta medför en stor markpackning.

Oavsett om det är en kompakt lerjord eller en porösare sandjord måste jorden vara tålig och snabbt kunna återhämta sig efter exempelvis kraftigt regn, torka eller markpackning. Oavsett lerjord eller sandjord är jordar som bearbetas mindre av människan i en bättre struktur då halten av organiskt material är högre i dessa. En högre halt av organiskt material är något att eftersträva för en hög bördighet.

Det viktigaste för båda jordarna är att de har ett djupt matjordslager med ett högt organisk innehåll. Matjordslagret kan hålla mycket vatten, är både torktåligt och torkar upp snabbt. Dräneringsförmågan hos jorden är även mycket viktigt för växternas rotutbredning och gasutbytet. Vid för mycket vatten i marken täpps jordporerna till av vatten och syret i marken försvinner vilket påverkar rötterna negativt då syret i marken är nödvändigt för att rötterna ska kunna andas. Det är oerhört

viktigt att det finns en jämnvikt mellan vatten och syre. Med en god dränering är det lättare att styra vattenmängden i marken med hjälp av bevattning vid torka. En växt behöver stabila aggregat med stabil struktur. Jordar som har skadade instabila aggregat är mycket känsligare för yttre påverkan och skadorna blir ännu värre vid regn eller packning med gytta, torkskador och skorpbildning på ytskiktet som följd. Detta gör att grodden inte kan ta sig upp ordentligt med missväxt som följd. I en markbördig jord vill man ofta ha de grövre aggregaten och det organiska materialet högst upp i jordprofilen för att undvika just skopbildning. Finare aggregat bör hittas längre ner i profilen för att hindra markfukten från att avdunsta samt skapa en god kontakt mellan frön och jord.

Hur skapas den optimala markbördigheten för en framgångsrik växtproduktion på friland?

För en skapa en optimal markbördighet gäller det att tänka långsiktigt. Det går inte att skapa bördighet och en produktiv jord över en natt. I jorden pågår ständigt förändringar som vi både kan påverka men även sådana som vi inte kan påverka.

Idag är det svårt att tänka långsiktig inom jordbruket. Världsmarknaden tar inte hänsyn till den enskilda bonden och vilken växtföljd han har på sin gård för att få en så produktiv jord år efter år. Priser vänder fort och det som idag är en bra sak för marken är för plånboken en katastrof om tre år. Det gäller att prioritera, kompromissa och försöka ligga ett steg före som markbrukare.

Mikroorganismerna och bonden är de två viktigaste faktorerna för att skapa, bibehålla och förbättra jordens struktur. Både bonden och mikroorganismerna är enormt viktiga för hummusbildningen, mullhalten, luftning och aggregatbildningen. Daggmaskarnas bearbetning ger en större porvolym, en större vattenhållande kapacitet, stabilare aggregat och en högre infiltrationshastighet. Bonden bidrar med sin kunskap om rätt växtföljd som är den viktigaste, bästa och enklaste åtgärden som bonden kan reglera för en bättre bördighet. Att som bonde kunna minska på extra onödiga markkörningar, besprutning och ogrärensning är något de flesta eftersträvar.

Andra påverkningsbara faktorer som bonden kan använda sig av är förutom att öka mullhalten genom rätt gödning och rätt växtföljd är att förändra pH-värdet genom kalkning, öka fosfor och kvävehalten genom grüngödsling och bra mellangrödor. Vad som inte kan förändra lika lätt är jordlagrets mäktighet, mineralsammansättningen, kornstorleksfördelningen eller det geografiska läget. Detta är faktorer som får accepteras som de är.

Alla de biologiska, fysiologiska och kemiska faktorerna måste vara i balans för att marken ska vara anses som bördig. Trivs organismerna så är detta ofta ett tecken på att jorden mår bra i sin helhet. Att gå ut och gräv en grop i fältet och se om där finns några dagmaskar är det enklaste man kan göra för att få en indikation om ens mark är bördig eller ej. Finns där dagmaskar då brukar även pH-värdet vara rätt, vatten- och gasutbytet i marken fungerar som det ska, näringshalten är bra och växternas rötter mår bra. Dagmaskarna och mikroorganismerna bidrar med en högre mullhalt och aggregatstrukturen som sedan växterna kan kunna utnyttja för tillväxt.

Viktiga faktorer för att skapa och behålla en god markbördighet.

- Ett rikt mikroorganismliv. Skapas genom en rik mullhalt och bra gödsling. Är känsliga för en intensiv jordbearbetning. Låt jorden vila i perioder mellan mer intensiv bearbetning och lättare bearbetning, kan styras med hjälp av en god växtföljd.
- Odlar gröda efter jord. Hur ser jorden ut på växtplatsen? Är det en styv kompakt jord som lämpar sig för stråsäd eller en lättare sandjord som passar morötter? Är jorden varm eller kall? Är den fuktkänslig eller torktålig? Vad behöver den specifika grödan?
- Skapa en långsiktig plan. Lägg upp en bra växtföljd. Se till både jordens aktuella och potentiella bördighet. Vilka grödor är bäst för min jord och hur ska jag lägga upp en bra växtföljd för att få så bra grödor som möjligt? Att kombinera enhjärtbladiga och tvåhjärtbladiga växter för att undvika jordburna sjukdomar och förbättra markens struktur. Att skapa en plan för vilken jordbearbetning som behöver göras i år och vad som måste göras nästkommande år för att behålla

bördigheten men även för att minimera antalet körningar på jorden för att undvika markpackning. Tänk på växter i tre olika grupper. De sjukdomssanerande (exempel oljerättika), de strukturförbättrande (exempel vall och åkerböna) och de mullhöjande (klöver och gräs). Variera dessa tre i beroende på markens struktur och vilken effekt som eftersträvas.

- Bra gödsel. Att sprida bra gödsel med god kvalitet är enormt viktigt vid jordförbättring. Stimulerar både mullhalten och jordstrukturen. Både stallgödsel och halm är bra åtgärder för att förbättra jordstrukturen och dess bördighet.
- Använda sig av grüngödsling, förfrukter och fångrödor. Att använda exempelvis baljväxter, senap, tagetes eller oljerättika är bra sätt att stimulera jordens struktur, mullhalt och näringsinnehåll. Är jorden på väg att få kvävebrist? Planera in ärtor eller vall i växtföljden för att på ett naturligt sätt binda in mer kväve i jorden. Det är alltid enklare och mer ekonomiska att förebygga näringsbrister istället för att försöka åtgärda när skadan redan är skedd
- Se till att växtrester från föregående års gröda är ordentligt nedbrutna före ny sådd vilket hindrar både jordburna sjukdomar samt hindrar växtrester att slå rot på nytt.
- God dränering är en förutsättning för att rätt balans mellan gas- och vattenutbytet i marken vilket skapar förutsättning för ett bra mikroorganismliv och rötternas näringsupptag.

Källhänvisning

Andersson S (1966) *Markfysikaliska bördighetskriterier*. Ur Bördighet och Markvärdering, Tryck ur Svensk Lantmäteri-tidskrift

Arshad M.A & Coen G.M (1992) *Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria*. American Journal of Alternative Agriculture nummer 7

Backlin A (1998) *Jord i god kultur*. Jordbruksinformation nummer 13, Statens Jordbruksverk. Jönköping

Brady N & Weil R (1996) *The Nature and Properties of Soils*, 2:a utgåvan, New Jersey

Doran I.W, Jones A.J, Arshad M.A & Gilley J.E (1999) *Determinants of Soil Quality and health*. Soil quality and soil erosion, Conservation Society.

Gustafson – Bjureus A & Karlsson J(2002) *Markstrukturindex - utvärdering av en metod att bedöma odlingssystemets uthållighet och jordarnas fysikaliska status*, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Examenarbete 2002

Greppa Näringen (2010-10-28) Markbördighet

<http://www.greppa.nu/uppslagsboken/markbordighet.4.1c0ae76117773233f780007394.html> [2014-02-10]

Greppa Näringen (2012-01-09) Växtföljd och bördighet,

<http://www.greppa.nu/radgivning/radgivningsbesok/faltet/vaxtfoljdochbordighet.4.32b12c7f12940112a7c800032114.html> [2014-02-10]

Hillel D (1982) *Introduction to soil physics Academic*, Utgivningsnummer 85-86 New York

HIR, Malmöhus, (2012) Bördighet

<http://www.hirmalmohus.se/dotnet/GetAttachment.aspx?id=1835&siteid=106>. [2014-22-03]

Håkansson I (2000) *Packning av åkermark vid maskindrift*. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nummer 99, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Ingham E.R (1998) *Protozoa and Nematodes*, Principles and Applications of Soil Microbiology.

Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet (2007-02-10) Jordmåner, <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/jordman.html> [2014-02-26]

Jansson S.L (1972) *Odlingsmarkens bördighet*. Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning, Lantbrukshögskolan Uppsala.

Johansson W (1994) *Markstruktur, porsystem och växttillgängligt vatten i odlade jordar*. Kungliga skogs och lantbruksakademins tidskrift, nummer 5. Stockholm.

Jordbruksverket (2013-06-28) Växtföljd i Vete
<https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/vete/vaxtfoljd.4.32b12c7f12940112a7c800020318.html> [2014-02-26]

Jordbruksverket (2013-06-28) Växtföljd i Potatis
<https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/vete/vaxtfoljd.4.32b12c7f12940112a7c800020318.html> [2014-02-26]

Jordbruksverket (2013-06-28) Jordbruksgrödor
<https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/vete/vaxtfoljd.4.32b12c7f12940112a7c800020318.html> [2014-02-26]

Karlen D.L & Scott D.E (1994) *A Framework for Evaluating Physical and Chemical Indicators of Soil Quality*. SSSA (Soil Science Society of America) Special Publication nummer 35

Kennedy A.C & Papendick R (1995) *Microbial characteristics of soil quality*. Journal of Soil and Water Conservation 50, nummer 3

Magdoff F & Van Es H(2009) *Bulding Soils for Better crops*, 3:e uppl. Substanable Agriculture Research and Education (SARE) Program, USA

Nationalencyklopedin (2014) <http://www.ne.se/b%C3%B6rdighet> [2014-22-03]

Odling i Balans (2014) God Bördighet <http://www.odlingibalans.com/i-balans/god-bördighet-15774693> [2014-02-14]

Odling i Balans (2013) God Växtföljd [http://www.odlingibalans.com/i-balans/god-vaxtfoljd -15774693](http://www.odlingibalans.com/i-balans/god-vaxtfoljd-15774693) [2014-02-14]

Parr J.F, Papendick R.I, Homick S.B & Meyer R.E (1992) *Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture*. American Journal of Alternative Agriculture nummer 7

Persson I & Otabbong E (1994) *Åkermarkens Bördighet, Vad är bördighet och hur påverkas den?* Naturvårdsverkets rapport nummer 4337, Stockholm.

Persson J (2003) Kväveförluster och kvävehushållning, förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Petersen J (1996), Husdyrgødning og dens anvendelse. Rapport nr 11, Statens Planteavlfsforsøg, Tjele, Danmark

Steen E (1992) *Den Svenska Åkermarkens bördighet*, Aktuellt från Lantbruksuniversitetet, Mark & Växter, nummer 403. Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala.

Steineck. S (2000) *Växtnäring I kretslopp*, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala

Stork N.E & Eggleton P (1992). *Invertebrates as determinants of soil quality*, American Journal of Alternative Agriculture 7, nummer 1-2

Svenska Förbundet för Koloniträdgårdar och Fritidsbyar (2006). Lätt om odling, Så förbättrar du jorden Nummer 1, Stockholm, Svenska Förbundet för Koloniträdgårdar och Fritidsbyar. Tillgänglig: <http://www.koloni.org/pdf/Latt1.pdf> [2014-02-02].

Torstensson L, Pell M & Stenberg B (1998) *Need of a Strategy for Evaluation of arable Soil Quality*, Volym 27, nummer 1

Tjell D (1994) *Fosforförluster från åkermark via yterosion och inre erosion*. Examensarbeten nummer 23, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala.

Young, I.M & Ritz . K (2000) Tillage, habitat space and function of soil microbes. Soil & Tillage Research, Volyme 53.

Väderstad - Verken (2012) Markstruktur, <http://www.vaderstad.com/se/know-how/basfakta-jord/markstruktur> [2014-02-28]

Väderstad – verken (2012) Rötter, <http://www.vaderstad.com/se/know-how/lat-naturen-gora-arbetet/rotter> [2014-20-28]

Väderstad - verken (2012) Halmnedbrytning, <http://www.vaderstad.com/se/know-how/lat-naturen-gora-arbetet/halmnedbrytning> [2014-02-28]

Wiklander L (1976) Marklära. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för Markvetenskap.

Ögren E, Rölin Å, Ivarsson P, Persson G & Ekerwald L (2003) *Odlingsbeskrivningar för ekologiska grönsaker*, Ekologisk odling av grönsaker på friland, Jordbruksverket, Jönköping

Ögren E & Rölin Å (2013) *Utnyttja växtnäringen bättre i ekologisk odling av vitkål och morot*, Jordbruksinformation 8 -2013, Jordbruksverket Jönköping

Ögren E & Rölin Å (2009) *Ökad odlingssäkerhet i ekologisk grönsaksodling med fokus på växtnäringsutnyttjande*, Rapport 2009:8 Länsstyrelsen, Västmaland Län