

TEMA

Katjonbyteskapacitet och jordhälsa

Katjonbyteskapaciteten (CEC)

Moa Sunabacka (AFM), projektanställd
Österbottens Svenska Producentförbund r.f.

I vardagsspråk brukar man prata om att sandjordar är lätta och magra jordar medan lerjordar är tunga och näringsrika. Mulljordar anses också vara näringsrika och goda odlingsjordar. Vad är det som ligger bakom dessa uttalanden? Vad är orsaken till att olika jordar har olika näringshållningskapacitet? Kan vi påverka jordens näringshållningskapacitet? Och vad innebär katjonbyteskapaciteten (CEC=Cation Exchange Capacity) i praktiken?

Marken under oss

En välmående jord består till hälften av fast material och resten är hålrum, s.k. porer. Porvolymen består i sin tur av ungefär 50 % vätska (vatten + lösta ämnen) och 50 % luft (en gasblandning av koldioxid, syre m.fl.). Det fasta materialet kan delas in i mineralmaterial och organiskt material. Jordarten bestäms av mineralmaterialets kornstorlek och sammansättning samt mängden organiskt material.

Jorden är alltså en heterogen blandning av tre faser (fast material + vatten + luft). Om det uppstår en obalans i förhållandet mellan de tre faserna kommer markhälsan förr eller senare att påverkas negativt. Exempelvis en packad jord har för liten porvolym i förhållande till volymen fast



material. Detta leder till att växterna får svårare att ta upp vatten och näringsämnen samtidigt som markens gasutbyte försämras.

Ytorna på jordens fasta beståndsdelar kallas partikelytor och dessa kan vara antingen neutrala eller laddade (positivt eller nega-

tivt) som en följd av olika markprocesser. Laddade partikelytor fungerar som jonbytare i marken. Laddningen kan vara bestående, s.k. *permanent laddning* eller tillfällig och beroende av pH, s.k. *variabel laddning*. I marken som helhet råder det dock laddningsbalans eftersom markpartiklarnas (partikelytornas) laddning neutraliseras med motsatt laddade joner.

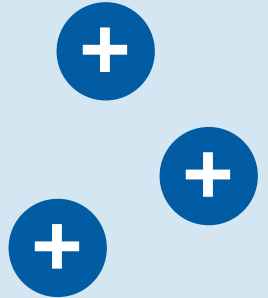
Utbytbara katjoner

Eftersom joner är laddade molekyler kan de bindas mer effektivt i marken än molekyler som saknar laddning. **Katjoner** är positivt laddade molekyler som i jorden förekommer antingen 1) lösta i markvätskan, 2) bundna i utbytbar form till partikelytor eller 3) bundna i icke-utbytbar form till jordpartiklar (mineral). Förekomstformen är beroende av rådande markförhållanden samt både jonernas och partikelytornas egenskaper. Dessutom fungerar också växtrötter och växtdelar ovan jord som ett katjonförråd i marken. Hur stora är då dessa förråd? Om vi tänker att det finns en (1 st.) jonladdning (+) i markvätskan så finns det ca 500 st. i utbytbar form och mellan 100 000 – 200 000 st. bundet i mineral!

Utbytbara katjoner kallas de katjoner som attraheras till partikelytorna och fungerar som ett växttillgängligt

Många viktiga näringsämnen upptas i växten som katjoner:

- **Kväve** (NH^+)
- **Kalium** (K^+)
- **Kalcium** (Ca^{2+})
- **Magnesium** (Mg^{2+})
- **Järn** (Fe^{2+} , Fe^{3+})
- **Mangan** (Mn^{2+})
- **Zink** (Zn^{2+})



Då växterna upptar näringsämnen från markvätskan (ytterlösningen) frigörs mer från bytesplatserna i innerlösningen.

förråd av näringsämnen. **Katjonsammansättningen** anger vilka utbytbara katjoner som förekommer i den undersökta jorden och i vilka mängdförhållanden. I de flesta jordar består katjonsammansättningen till över hälften av kalcium (Ca^{2+}), därefter mest magnesium (Mg^{2+}) och sedan mindre mängder kalium (K^+), natrium (Na^+) och mangan (Mn^{2+}). Dessutom förekommer små mängder lösligt aluminium (Al^{3+}) och väte (H^+) i framförallt sura jordar.

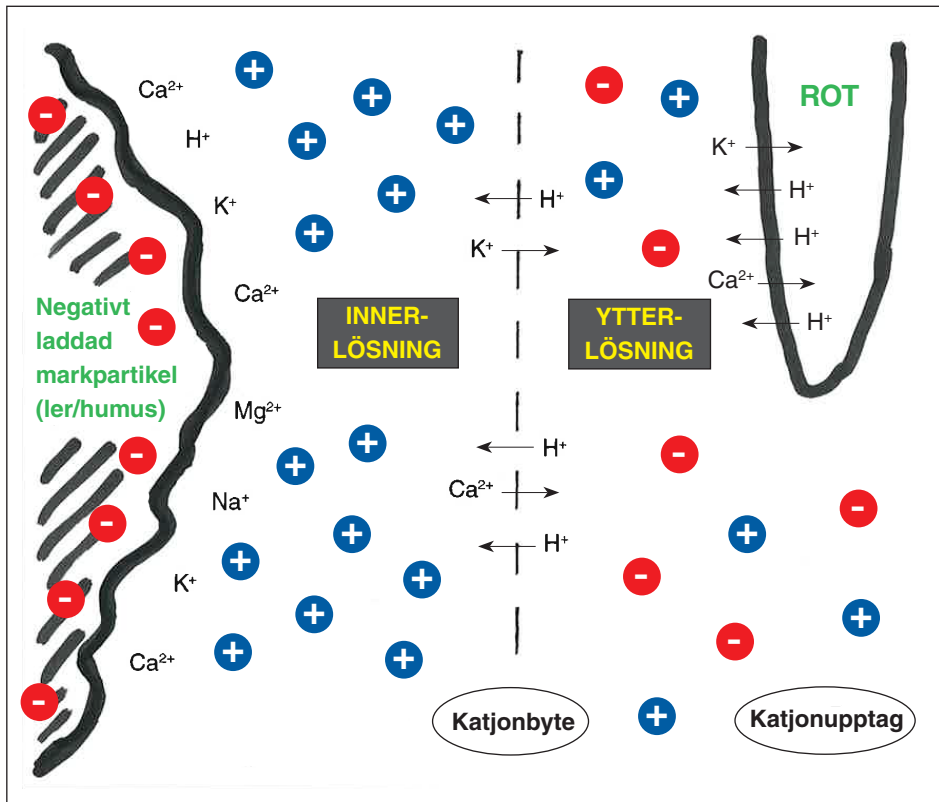
Basmättnadsgraden anger hur mycket utbytbara bas-katjoner (Ca, Mg, K & Na) det finns i förhållande till den totala mängden utbytbara katjoner (Ca, Mg, K & Na + Al & H (sura katjoner) = CEC) i innerlösningen. En

jord med låg basmättnadsgrad är mer eller mindre försurad.

Katjonbyte

Katjonbyte är ett fenomen som beskriver vad som egentligen händer då det sker förändringar i markens näringsinnehåll. Vid katjonbyte neutraliseras de negativt laddade partikelytorna då positiva katjoner attraheras till dem med elektrostatiske dragningskrafter. Som bindningsytor fungerar främst olika lermineral (permanent laddning) och humus (variabel laddning).

Konkurrensen om utbytesplatserna bestäms av både katjonens och utbytesytans egenskaper samt markvätskans koncentra-



Katjonerna förekommer i den s.k. innerlösningen och attraheras med elektrostatiska krafter till negativt laddade partikelytor. Markvätskan benämns även som ytterlösning och påverkas inte av den negativa laddningen från partiklarna. Ytterlösningens katjonkoncentration kan vara 100 – 1000 gånger svagare än innerlösningens.

tion av olika joner och pH. Starkast inverkar katjonens laddning, ju större positiv laddning, desto starkare dragningskraft mot ytan. Flervärda katjoner har därför en tendens att dominera i innerlösningen. Som andra kraft inverkar jonens radie, en stor jon har ett tunnare vattenskikt runt sig och attraheras starkare till ytan än en liten jon med ett tjockare vattenskikt. Vilka katjoner

som förekommer som utbytbara varierar också med pH, vid höga pH dominerar baskatjonerna.

Utbytbara katjoner är rörliga och kan relativt enkelt förflyttas mellan inner- och ytterlösningen. Om en tvåvärd jon byts ut måste den ersättas med två envärda joner eller en annan tvåvärd jon. En katjons adsorption är därmed alltid kopplad till

en eller flera andra katjoners desorption. Katjonbyte är en förhållandevis snabb reaktion och sammansättningen avseglar förändringar i markvätskans koncentration. Om koncentrationen av t.ex. magnesium ökar i markvätskan (=ytterlösningen), ökar även jonens andel på utbytesplatserna (=innerlösningen) för att en ny jämvikt ska nås.

Katjonbyteskapaciteten, CEC

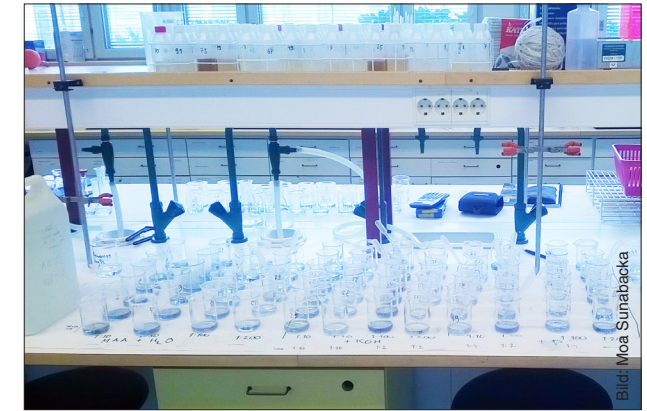
Katjonbyteskapaciteten (Cation exchange capacity) är jordens kvantitativa förmåga att binda (attrahera) katjoner i utbytbar form. CEC är således ett mått på mängden negativ laddning som finns i jorden. Katjonbyteskapaciteten anges som summan av de utbytbara katjonernas positiva laddning per kilo jord i enheten cmol (+) kg⁻¹.

Katjonbyteskapaciteten är på sikt avgörande för jordens förmåga att lagra växttillgängliga näringsämnen (näringshållningskapacitet) och buffra mot pH-förändringar. CEC kan analyseras antingen i jordens eget pH (CEC_{eff}) eller i en buffrad lösning (CEC_{pH7}). En buffrad lösning ger ett högre värde på CEC eftersom högre pH skapar fler variabla bindningsplatser på partikelytorna. Därför är det viktigt att alltid ange vilken analysmetod som använts.

Vilka faktorer inverkar på CEC? Lermineral, humus och pH!

Sekundära lermineral, humus (en typ av organiskt material) och markens pH är tre avgörande faktorer som inverkar på jordens CEC.

Mineraljordar klassificeras och namnges efter den kornstorlek som dominerar. Den minsta kornstorleken



ler har en stor specifik yta medan sand har liten specifik yta. Med specifik ytans summan av alla gränsytor. Dessutom har sekundära lermineral så kallad permanent laddning till följd av vittringsprocesser. Förutom kornstorlek inverkar även mineralsammansättning och halten organiskt

material på den specifika ytans storlek. En jord med stor specifik yta har med stor sannolikhet även en hög katjonbyteskapacitet!

All humus är organiskt material men allt organiskt material är inte är humus! Jordens organiska material kan delas in i tre olika typer



1) icke-nedbrutet material, 2) olika grader av nedbrutet material och 3) egentlig humus - en amorf massa motståndskraftig mot mikrobiologisk nedbrytning. På humus partikelytor finns en hel del s.k. funktionella grupper som i en neutral jord bildar negativ laddning. I en sur jord är humusytorna istället till stor del neutrala (oladdade).

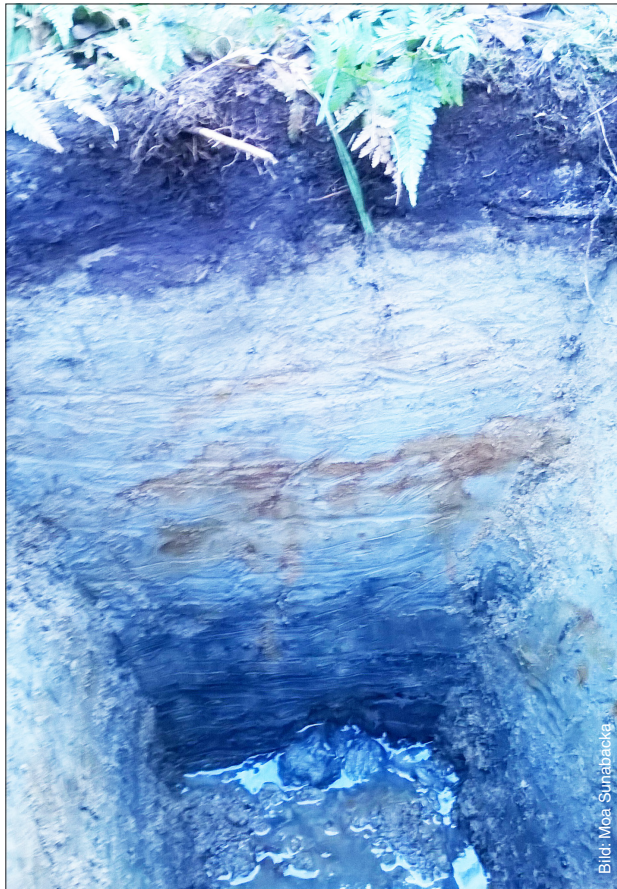
Katjonbyteskapacitetens betydelse i jordbruksvardagen

Katjonbyteskapaciteten kan kopplas till många viktiga egenskaper och processer i marken; näringsinnehåll, markstruktur, försurning, markvätskans kvalitet, utlakning och biologisk aktivitet. Med andra ord bestämmer CEC rätt långt hur jorden fungerar som växtplats. Vilken katjonbyteskapacitet vill man då ha i en odlingsjord? Svaret är ganska enkelt, en hög CEC är bra och en låg CEC dåligt.

Varför är låg CEC dåligt?

Att gödsla en jord som har låg (dålig) katjonbyteskapacitet är som att låta pengar och tid rinna ut i diket. Detta beror på att en låg CEC ökar risken för utlakning av näringsämnen och därmed även risk för näringsbrist hos växterna. Försurning drabbar också lättare en jord med låg CEC.

Varför är det viktigt att upprätthålla eller bygga



För en god katjonbyteskapacitet krävs också en god markstruktur. Ett sätt att granska markstrukturen är att gräva en grop för att få en bild av markprofilen i sin helhet.

upp hög CEC? En jord med en hög (bra) CEC har en bra näringshållningskapacitet. Det finns alltså ett stort förråd av tillgänglig växtnäring samtidigt som tillsatta näringsämnen är rätt bra skyddade från utlakning. Dessutom kan en jord med hög CEC buffra mot försurande processer.

Grovkorniga mineraljordar (sand och mo) är mer

genomsläppliga, lakas mer och har generellt sett låg CEC i jämförelse med lerjordar. Dessa har också dålig buffringskapacitet och är därför försurningskänsliga samtidigt som det behövs förhållandevis lite kalkningsmedel för att höja pH. I dessa jordar är det extra viktigt att försöka upprätthålla en hög humushalt och ett relativt högt pH för att bygga upp CEC.

Det är en självklarhet att gödsla de flesta odlingsjordar och kalka vid behov, men varför är det egentligen bra? En stor del av svaret hittas i katjonbyteskapaciteten. **Gödsling och kalkning** inverkar direkt på jonsammansställningen på adsorptionsytorna i en riktning som är gynnsam för växterna, mer baskatjoner och färre sura katjoner. Kalkning höjer jordens CEC så att den kan binda fler katjoner. Omvänt så skapar försurning färre katjonbytesplatser på markpartiklarna och mer näring riskerar utlakning.

Markstrukturens hållfasthet försämras om jorden innehåller lite joner överlag eller mycket natriumjoner. Eftersom natrium är en liten

KATJONBYTE

Vid katjonbyte neutraliseras de negativt laddade partikelytorna då positiva katjoner attraheras till dem med elektrostatiske dragningskrafter. Som bindningsytor fungerar främst olika lermaterial (permanent laddning) och humus (variabel laddning).

jon har den ett tjockt vattenskikt runt sig och binder svagare till partikelytorna vilket skapar ett tjockt vattenskikt även runt lerpartiklarna som då trängs ifrån varandra. Ju tunnare vattenskikt en jon

har runt sig och ju högre dess laddning är, desto bättre för markstrukturen. En hög natriumhalt i bevattningsvatten kan utgöra en erosionsrisk men om det samtidigt finns rikligt med





När markens vattenhalt förändras påverkas katjonbytet eftersom det leder till en obalans i jonbytesjämvikten mellan markpartiklarna och marklösningen.

Aktuellt i publikationsserien
Forskning för framåt

Håll åkern i skick

Ett mångsidigt faktpaket för professionella växtodlare. Innehåller rikligt med råd om metoder som förbättrar åkerns skick och åkerbrukets ekonomiska lönsamhet. Med hjälp av praktiska exempel åskådliggörs olika sätt att utreda problem som observerats i åkerns produktionsförmåga samt att lokalisera orsakerna. Målsättningen är att hitta de rätta och mest lönsamma åtgärderna för varje åkerskifte.

Sidor: 96, pris: 33 euro (inkl. moms), utgiven: 2018

SVENSKA LANTBRUKSSÄLLSKAPENS FÖRBUND (SLF)

Elisabetsgatan 21 B 12, 00170 Helsingfors
tfn 09 135 1035, e-post: info@slf.fi

Webbshop och mera info: www.slf.fi/butik



magnesium och kalcium i vattnet som kan tävla om bindningsytorna minskar risken.

Förändringar i **markens vattenhalt** påverkar katjonbytet eftersom det leder till en obalans i jonbytesjämvikten mellan markpartiklarna och marklösningen. En **ökad vattenhalt** till följd

av nederbörd eller bevattning leder till ökad adsorption av tvåvärda katjoner (kalcium och magnesium) i innerlösningen jämfört med envärda joner. En **minskad vattenhalt**, t.ex. efter en torrperiod, leder till uppkoncentrering där istället andelen envärda joner (kalium och natrium) ökar i innerlösningen.

Källor:

Texten har skrivits med hjälp av studiematerial från Helsingfors universitet (kurser i Mark- o miljövetenskap) och Sveriges lantbruksuniversitet (kurser i programmet för Agronom - mark/växt), samt ett utkast av SLF rådgivare Annika Wickström. Följande bok har även använts som källa: Eriksson J., Dahlin S., Nilsson I. & Simonsson M. 2011. Marklära. Studentlitteratur AB, Lund. 392 s.

Kalkning är den primära åtgärden för reglering av katjonernas interna förhållande

Om jordens pH inte är alltför hög kan man med kalcit- eller dolomitmalk korrigeras kalcium- och magnesiumbrist. Tillsättning av kalcium i jorden leder ofta samtidigt till att magnesium åsidosätts och dess halt sjunker. Om pH redan är högt kan man med gips (kalciumsulfat) öka mängden kalcium och minska magnesium. Med kieserit (magnesiumsulfat) kan man öka mängden magnesium utan att höja pH. Om pH redan har stigit alltför mycket kan man sänka den genom att använda elementärt svavel eller övergå till kvävegödsling med ammoniumsulfat (försurande effekt).

Stegvis korrigerings av jordens kemiska bördighet

	PÅVISAS HUR?	KORR.ÅTGÄRDER
Är förmågan att lagra näringsämnen tillräcklig?	Katjonbyteskapacitet (CEC) > 14 cmol/l	Ökning av mullhalten, höjning av lerhalten på mojordar, kalkning av sura mulljordar
Är pH lämplig?	Markarteringens tolkningstabeller, gödningsförlust, mullhalt	Kalkning
Är Ca-Mg-förhållandet lämpligt?	Ca- och Mg-andelar av CEC, målsättning Ca 60–75 %, Mg 10–20 %	Kalkning, gips, kieserit
Finns det lämpligt med kalium och fosfor?	Bördighetsklasser, K:s andel av CEC 2–4 %	Stallgödsel, kompost, biotit, apatit, kaliumsulfat
Finns det lämpligt med svavel?	Bördighetsklasser, bladanalys	Sulfatgödsel, gips, elementärt svavel
Finns det tillräckligt med spårämnen?	Bördighetsklasser, bladanalys	Spårämnesgödsling i jorden (bor, koppar, zink), bladgödsling (mangan)

Källa: *Håll åkern i skick* (Forskning för framåt nr. 36), utgiven 2018