

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Förutsättningar för att bevattna med bräckt vatten i Sverige.

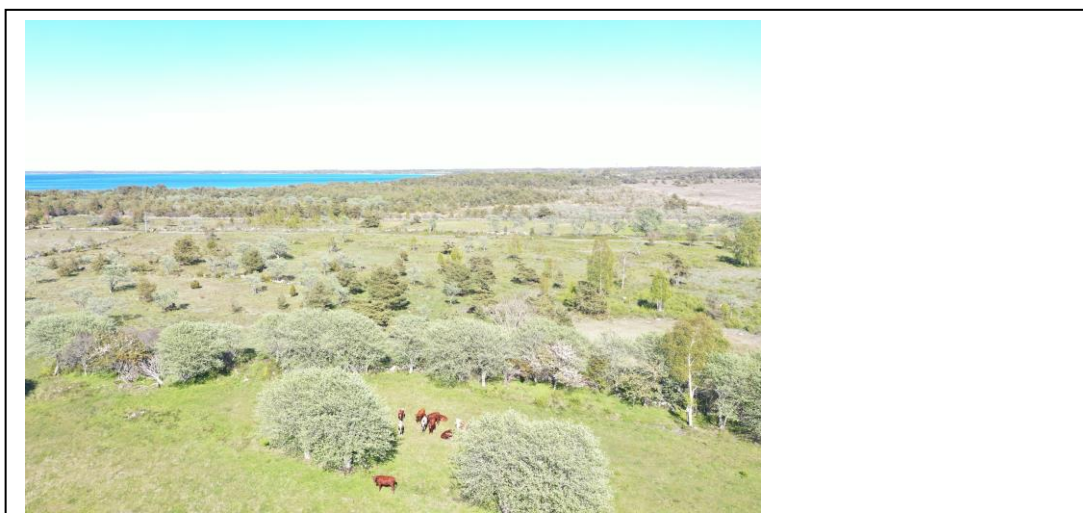
- Effekten på mark och växt.

Conditions for irrigation with brackish water in Sweden.

- Effects on soil and crop.

Simon Vestberg

Självständigt arbete • 7,5 hp
Lantmästare - kandidatprogram
Alnarp 2020



Handledare: Håkan Asp. SLU. Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Helene Larsson Jönsson. SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 7,5 hp

Nivå och fördjupning: G1E

Kurstitel: Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G1E – Lantmästare – kandidatprogram

Kurskod: EX0942

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Simon Vestberg

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

Nyckelord: Saltanrikning, Östersjön, salttolerans, Alternativ bevattning.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

FÖRORD

Lantmästare -- kandidatprogrammet är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examina, en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete är utfört under programmets andra år och arbetsinsatsen motsvarar minst 5 veckors heltidsstudier (7,5 hp).

Anledningen till detta ämne är då jag själv kommer från södra Gotland där de senaste åren varit extremt varma och torra. Vi har närhet till Östersjön så frågan om möjligheterna kring nyttjandet av bräckt vatten till odlingsändamål kommer naturligt.

Håkan Asp har varit min huvudhandledare och Helene Larsson Jönsson min examinator.

Alnarp Maj 2021.

Simon Vestberg.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	5
SUMMARY	6
INLEDNING	7
BAKGRUND	7
MÅL	7
SYFTE	8
AVGRÄNSNING.....	8
MATERIAL OCH METOD.....	9
LITTERATUR.....	9
LITTERATURSTUDIE	10
Östersjön	10
<i>Bevattning med bräckt vatten i Sverige.....</i>	<i>11</i>
Markkemi	12
<i>Ledningsförmåga och osmotiskt tryck</i>	<i>12</i>
<i>Markstruktur.....</i>	<i>12</i>
<i>Saltkoncentrationen i jordprofilen</i>	<i>13</i>
<i>Bevattningsmetoders påverkan av saltkoncentration</i>	<i>14</i>
<i>Katjonutbyteskapacitet.....</i>	<i>15</i>
<i>Joner i bräckt vatten</i>	<i>15</i>
<i>Mikroämnen i bräckt vatten</i>	<i>16</i>
Saltets påverkan hos grödor	17
<i>Viktiga värden.....</i>	<i>17</i>
<i>Utvecklingen av saltoleranta grödor</i>	<i>19</i>
<i>Klimatets påverkan</i>	<i>20</i>
<i>Svenska försök med bevattningen av bräckt vatten.....</i>	<i>21</i>
DISKUSSION.....	23
<i>Påverkan på jorden.....</i>	<i>23</i>
<i>Användning av bräckt vatten.....</i>	<i>23</i>
<i>Möjligt syfte för bräckt vatten.....</i>	<i>24</i>
REFERENSER	26
Tabellförteckning	27

SAMMANFATTNING

Detta ex-jobb behandlar för- och nackdelar med användningen av bräckt vatten till odlingsändamål i Sverige. Det svenska klimatet som lantbrukare måste förhålla sig till är relativt hållbart men varma och torra perioder tycks bli alltmer återkommande. Diskussionen kring hur skörden skall försäkras blir då återigen aktuell under dessa perioder, men många av dessa lantbrukare har inte möjligheten att ta upp eller lagra in sötvatten till bevattningsändamål. DE söker sig då till alternativa bevattningsmedel vilket ofta leder till Östersjön.

Nyttjandet av bräckt vatten till bevattning är ingen ny idé utan har använts i stor utsträckning under 70- och 80-talet. Rationaliserandet av bevattningssystem och anläggningar gjorde det betydligt billigare att bygga och bevattna större arealer. Men nu som då hade inte alla tillgång på sötvatten. Bräckt vatten från Östersjön användes då i stället, mest kring Öland och Gotland till sockerbetsodling. Som mest bevattnades 10 % av den använda arealen på Öland med bräckt vatten. Flera försök och studier gjordes också under denna period då intresset för användningen var stor men kunskapen kring påverkan av bevattning efter svenska förhållanden var liten.

Resultatet av studierna visade att bevattning med bräckt vatten under vissa förutsättningar kunde tillföra skadliga mängder salt och natrium vilket påverkar både jorden och grödan. En bevattning med bräckt vatten på 30 mm som har 6 promille i salthalt tillför totalt drygt 1,8 ton salt/ha, större delen utgörs av koksalt som är lösligt. En sådan tillförsel av salt i markprofilen kan under vissa förhållanden bidra till minskad skörd genom försämrade markstruktur eller ett större osmotiskt tryck. Men salt är inte det enda som tillförs vid bevattning med bräckt vatten, även natrium och andra joner som kan vara skadliga vid ackumulering tillförs. Natrium som är en katjon kan vid stor anrikning tränga ut och byta plats med andra viktiga katjoner i jorden såsom Ca^{2+} och Mg^{2+} . Blir natrium dominerande bland katjonerna kan detta rubba grödornas näringsomsättning och förstöra jordens struktur.

Många internationella institutioner skulle avråda användning av östersjövatten till bevattning i sina egna länder, dock har vi ett väldigt humid klimat i Sverige som motverkar effekterna av saltanrikning.

Nederbörd eller bevattning med sötvatten som bidrar till ett överskott av vatten i jordprofilen löser saltet och transporterar koncentrationen vidare längre ned och ut ur jorden. Sötvatten hjälper också till att urlaka bundet natrium samt andra joner i markvätskan. Försök med bevattning av bräckt vatten på Öland konstaterade att så länge det fanns ett överskott på nederbörd varje år lyckas inte saltet ackumuleras i rotzonen utan urlakas kontinuerligt ut ur jorden. Tillförseln av sötvatten efter bevattning med bräckt vatten är därför väsentligt för att motverka skador och kunna bruka jorden hållbart. Om detta inte möts och bevattning fortgår kommer bevattningen göra mer skada än nytta.

SUMMARY

This paper deals with the pros and cons of using brackish water for irrigation purposes in Sweden. The Swedish climate that farmers have to adapt to is relatively stable, but hot and dry periods seem to be increasingly recurring. The discussion how to secure the harvest becomes again relevant during these periods, but many of these farmers do not have the opportunity to collect or store fresh water for irrigation purposes. Therefore, many are looking for alternative irrigations sources, which often leads to the Baltic Sea.

The use of brackish water for irrigation purposes is not a new idea but was already used in large scale during the 70- and 80s. The modernization of irrigation systems made it significantly cheaper to build and irrigate larger areas. But like now everyone had not access to fresh water. Brackish water from the Baltic Sea was then used instead, mostly around Öland and Gotland for sugar beet production. At its peak was 10% of all irrigated land on Öland watered with brackish water. Several trials and studies were also done during this period, mostly because knowledge around irrigation with brackish water under Swedish conditions was limited.

The results of the studies revealed that irrigation with brackish water could under certain conditions add harmful amounts of salt and sodium, which affects both the soil and the crop conditions. An irrigation with brackish water of 30 mm, with a salinity level around 6 mg/L adds a total of 1.8 tons of salt per hectare, the majority of which consists of common salt that is easily soluble. Such a concentration of salt in the soil profile can under certain conditions contribute to reduced yields due to deteriorating soil structure or increased osmotic pressure. But salt is not the only thing that is added when irrigating with brackish water, sodium and other ions can also be harmful when accumulating. Sodium, which is a cation, can penetrate and change places with other important cations in the soil such as Ca^{2+} and Mg^{2+} when enriched greatly. If sodium becomes dominant among the cations it can disrupt the crops' nutrient metabolism and destroy the soil's structure.

Many International institutions would discourage the use of Baltic Sea water for irrigation in their own countries, however, Sweden has a very humid climate that counteracts the effects of salt enrichment. Precipitation or irrigation with fresh water that contributes to an excess of water in the soil profile dissolves the salt and transports the concentration further down and out of the soil. Fresh water also helps to leach bound sodium and other ions in the soil. Experiments with irrigation of brackish water on Öland found that if there was an excess of precipitation each year, the salt did not accumulate in the root zone but was continuously leached out of the soil. The application of fresh water after irrigation with brackish water is therefore essential to counteract damage. If this is not met and irrigation continues, the accumulation and concentration of salt will do more harm than good for the crop.

INLEDNING

Bakgrund

Väder är en av de viktigaste faktorerna för att kunna lyckas med sin växtodling och få fram en bra gröda. Men det är också den faktorn som lantbrukare kan kontrollera minst. Minskad nederbörd och förhöjd temperatur börjar bli alltmer återkommande för det svenska klimatet och många lantbrukare söker sig till nya metoder för att säkra sin skörd mot detta extremväder. Då är bevattning en lösning för att kunna säkra skörden, men det är inte alla som har denna förutsättning för att kunna ta eller lagra sötvatten till detta ändamål. Lantbrukare längs med Sveriges kuster kan eventuellt ha fler möjligheter till att försörja sina grödor med bevattning i form av bräckt vatten från Östersjön. Detta koncept är inte nytt utan har varit aktuellt flera gånger tidigare för samma ändamål och har funnits i praktiken för flera odlare längs med Östersjön.

Bevattning med bräckt vatten har både negativa och positiva effekt på odlingen. Mycket hänger på givan vatten, promillehalten salt och jordarten för vilken graden av inverkan bevattningen har på grödan och jorden. Men om det går längre perioder utan nederbörd och risken för att en gröda går förlorad skulle bräckt vatten vara en utväg för att hjälpa till vid nödfall av denna typ. Och i sådana fall hur skulle en dylik bevattning se ut.

Mål

Att få fram en begriplig bild av vilka förutsättningar som behövs vid användningen av bräckt vatten till odling som inte påverkar jord och grödor på ett alltför negativt sätt, samtidigt som man får ut nyttan med bevattning av en gröda.

Följande frågor skall besvaras:

- Hur påverkas markstrukturen samt dess organismer med bevattning av bräckt vatten?
- Vilka grödor tål bevattning med bräckt vatten?
- Hur vanligt är det med sådan bevattning idag?
- För vilka lantbrukare skulle bevattning med bräckt vatten vara intressant?

Syfte

Beskriva och förklara användningen med bräckt vatten i svenska odlingsförhållanden samt vilken effekt bräckt vatten har i jorden och dess biologi. Hur en bevattning skulle kunna se ut med olika grödor och hur bra dem tål salt. Beskriva tidigare försök med bevattning av bräckt vatten och hur utfallet av försöken blev. I vilken utsträckning bräckt vatten används till odling idag samt dess potentiella användning.

Avgränsning

Endast beskriva odlingen för svenska förhållanden med bräckt vatten från Östersjön.

MATERIAL OCH METOD

Litteratur

Litteratur som har använts och arbetats med har främst hittats genom sökning på internet inom ämnet. Då ämnet varit begränsat till förutsättningarna kring Östersjön och Svenska odlingsförhållanden har den litteraturen plockats ut som rör detta tema. Dock har inte all information utifrån dessa förutsättningar täckt behovet för att besvara frågeställningen så arbeten och litteratur från utlandet har också tagits in. Den informationen har besvarat främst frågor kring markemi och grödors påverkan av salt som inte framförhållits av svenska studier. Odlingsförsök och dess resultat har enbart tagits från svenska försök då väderförhållandena är en viktig faktor för vad bevattning med bräckt vatten resulterar i. Studier kring ämnet bevattning med bräckt vatten har varit stort under 1900-talets slut, dock är nyare studier i Skandinavien kring ämnet få, om dessa äldre studier fortfarande är relevanta har beaktats. Utländska studier har varit mer kontinuerligt förekommande över åren men med flera variationer kring metod och syfte.

Vid sökning efter litteratur användes dessa nyckelord genom Google scholar:

- Bevattning
- Bräckt vatten
- Östersjön
- Saltvatten
- Påverkan
- Försök
- Salttolerans
- Sverige
- Saltwater
- Brackish Water
- Irrigation
- Saltstress
- Saltkoncentration
- Saltanrikning

LITTERATURSTUDIE

Östersjön

När den senaste istiden upphörde för 12 000 år sedan frigjordes stora mängder sötvatten från glaciärerna vilket bidrog till de landskap och hav som idag kallas Östersjön vilket också är ett av världens yngsta hav, och det största brackvattenhavet. Bräckt vatten är vatten som varken klassas som riktigt saltvatten eller sötvatten utan en blandning av båda som håller en relativt låg nivå av salt, omkring 5 promille (Nitsch 1967). Promillehalten salt i Östersjön skiljer sig mycket från inloppet i det danska sundet med 35 promille till Bottenhavet i norr där det kan ibland sjunka så lågt som 3 promille i ytvattnet (havet.nu 2021). På grund av den låga tillförseln av nytt vatten genom sundet samtidigt som stora mängder sötvatten tillförs genom älvar och floder från inlandet kan salthalten skilja sig så pass mycket.

Tillförseln av nytt vatten i Östersjön har stort inflytande på hur ytvattnet är sammansatt. Lokala förhållanden påverkar också hur ytvattnet förhåller sig, några av dessa faktorer är tillförsel av sötvatten från nederbörd, vattendrag eller grundvatten.

Då sötvatten har lägre densitet än saltvatten tenderar saltvatten att sjunka mer och skikta sig ju längre tid vattnet ligger lugnt, man kan då se att salthalten blir betydligt högre på djupet än ytan. Skillnaden mellan salthalterna brukar dock blandas om och jämnas ut sig med hjälp av det stormiga havet på vinterhalvåret, för att sedan under våren och sommaren med lugnare vatten skikta tillbaka salthalten (havet.nu 2021).

Syre är en viktig del av det organiska livet på Östersjöns botten. För att nytt syre skall nå ner behövs en kontinuerlig tillströmning av nytt syrerikt vatten till bottenarna antingen genom inblandning med ytvattnet eller genom nytt vatten från det danska sundet. Tillförseln från sundet av nytt vatten med syre är väldigt låg och optimala väderförhållanden för att större mängder ska nå in uppstår sällan (havet.nu 2021). Syret är väsentligt för fotosyntes hos växter men också nedbrytning av organiskt material. Om brist på syre uppstår vid bottenarna kan inte organiskt liv leva och bakterierna som omsätter organiskt material börjar använda svavel istället för syre. Som restprodukt av den nedbrytningen bildas svavelsyra vilket är mycket giftigt och kan göra stor skada på miljön i havet (Carpenter et al. 1998).

Bevattning med bräckt vatten i Sverige

Intresset för bevattning med sötvatten i Sverige tog fart under 60- och 70-talet på grund av flera torra år. Samtidigt under den tiden hade tekniken och bevattningsmaskinerna rationaliserats så att många företagare hade motivation och maskinerna att kunna bevattna större arealer än förut. Investeringen av nya bevattningsanläggningar fortlöpte ända in i mitten av 80-talet där det sedan började stagnera. Bevattningen omfattades då totalt av 48 000 hektar och då var 1% av den arealen vattnat med bräckt vatten från Östersjön. Majoriteten av den arealen låg på Gotland samt Öland och vattnet nyttjades främst då till sockerbetor och vallar (Andersson 1995). Anledningen till att sockerbetor och gräs vattnades är på grund att de har en högre tolerans mot salthalten i vattnet jämfört med andra grödor.

Användningen av bräckt vatten till bevattning istället för sötvatten kan berott på att sötvatten inte fanns tillgängligt eller lägligheten av att arealen låg i närheten av Östersjön. Sötvatten som förekommer i ytan av Östersjön kan ibland förekomma i stora skikt nära kuster under vissa tillfällen när vattnet ligger lugnt samtidigt som stora mängder sötvatten rinner ut, detta sker oftast på våren. Men under varma och torra perioder under sommaren när sötvatten ej tillförs och avdunstar i stor utsträckning kan skiktet med sötvatten minska vilket gör det svårare att skilja saltvattnet från sötvatten vid bevattning (Håkansson & Kreuger 1986).

Bevattning med bräckt vatten pågick i störst utsträckning under 70 – 80-talet och intresset var stort både från företagare samt forskare som lade stora resurser på forskning inom ämnet med flera försök i södra Sverige. Varför man slutade eller minskade med användningen av bräckt vatten i odlad areal är inte helt förklarat, dock kan en teori vara att produktionen av sockerbetor i dessa regioner har minskat kraftigt (Andersson 1995). Men också att forskningen och försöken gav ofördelaktiga resultat såsom att större mängder natrium- och kloridjoner stannar kvar i rotzonen om inte regnvatten på vintern lyckas laka ur dem. Men också att höga koncentrationer av salt i jorden påverkar dess leveransförmåga av vatten till grödorna negativt (Persson & Wesström 1991).

Markkemi

Ledningsförmåga och osmotiskt tryck

Jordens anrikning av salt och dess skadliga ämnen bestäms genom mängden bräckt vatten som blivit applicerat, koncentrationen salt i vattnet och jordart. Om en åker blivit bevattnad med en giva på 30 mm bräckt vatten med en koncentration på 6 promille salt har det totalt tillförts 1,8 ton salt per hektar och då utgörs 75 - 80 % av den totala viktprocenten av koksalt (Nitsch 1967). En sådan stor tillförsel av salt i jorden har stor påverkan på både mark och växt. Främst drabbas växtens förmåga att kunna ta upp vatten som är bundet i jorden, vilket beräknas genom det osmotiska trycket som ökar i relation till salthalten (Eriksson et al. 2011 a). Ett större osmotiskt tryck gör det svårare för växter att kunna ta upp vatten genom rötterna från vatten i marken (Håkansson & Kreuger 1986). Osmotiskt tryck mäts genom denna formel: OP (osmotic pressure) = $0,0036 * EC$ (Electrical conductivity) (Håkansson & Kreuger 1986).

EC är ett mått på salthalten i en markvätska och representerar vattnets ledningsförmåga, som mäter vattnets förmåga att leda ström i mS/m (millisiemens per meter). Salthaltigt vatten har en högre ledningsförmåga än sötvatten och får därför ett högre värde. En högre temperatur påverkar också vattnets ledningsförmåga, vid 20 - 25 grader C ökar ledningsförmågan 2,5% per grad (Håkansson & Kreuger 1986). Ledningsförmågan korrelerar oftast linjärt med saltkoncentrationen i vattnet vilket i sin tur överensstämmer med det osmotiska trycket (Aronsson 1985).

Saltkoncentrationen i jorden korrelerar med det osmotiska värdet och växten får svårare att ta upp vatten ju högre det osmotiska trycket är. Detta påverkar grödans tillväxt och avkastning i form av vattenstress som gör att grödan tappar tillväxt och respiration (Nitsch 1967). Väder påverkar också grödans vattenupptagningsförmåga vid saltrika jordar, då det osmotiska trycket är direkt korrelerat med hur ledningsförmågan i jorden är (EC). Markvätskans ledningsförmåga ökar vid högre temperatur så grödor har lättare att ta upp vatten ur salta jordar i kallare klimat (Aronsson 1985).

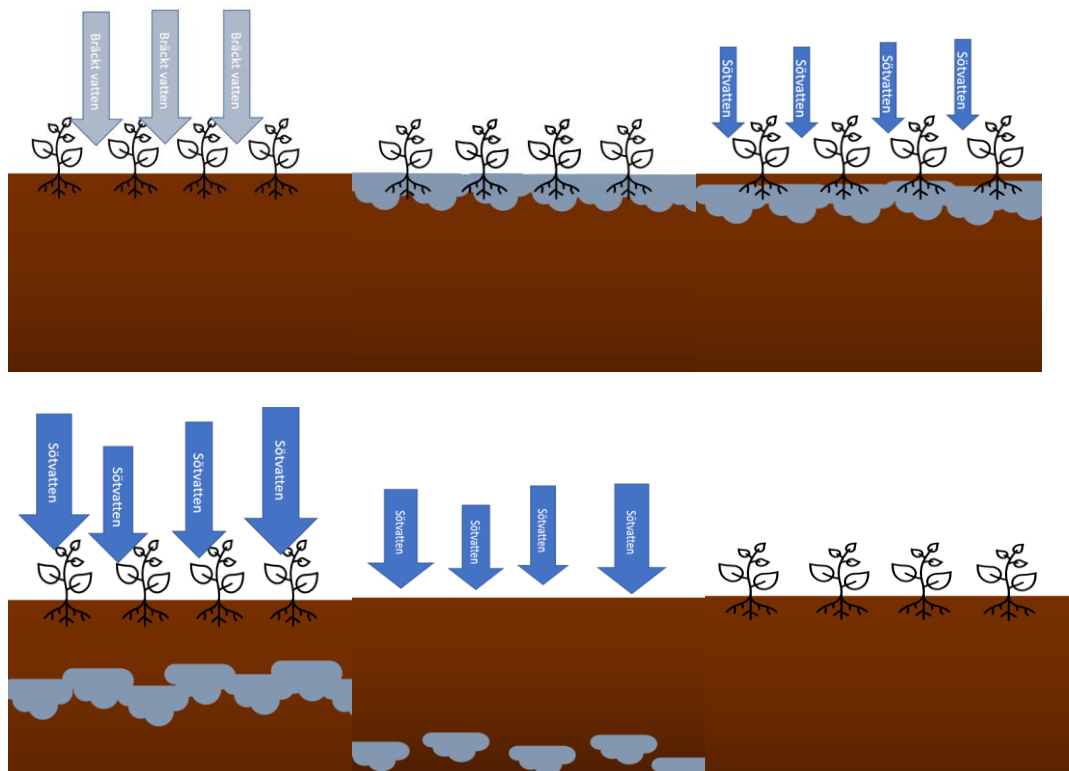
Markstruktur

Tillförseln av saltvatten kan också påverka jordens struktur och aggregatbildning vilket kan påverka infiltration, genomsläpplighet och kapillärkraft. De tvåvärda joner som finns i en marklösning som Ca^{2+} och Mg^{2+} binder sig hårdare på en partikel än enkelvärda som natrium, dock är kalium också en enkelvärd men binds ändå hårdare än natrium. Varför tvåvärda joner är viktiga för jordens struktur är för att dessa joner kan ligga betydligt närmare partiklarna när dem är bundna och detta tillåter i sin tur att partiklarna kommer närmare varandra. Partiklarna kan sedan efter att de bundits till varandra i större utsträckning bilda aggregat (Håkansson & Kreuger 1986).

Bevattningsmed saltvatten på en välstrukturerad jord kan bli skadligt då det tillförs stora mängder natrium och andra envärda joner. Jonerna tränger ut de tvåvärda jonerna vid utbytesreaktioner och börjar sedan fästa sig på partiklarna istället. Det krävs dock stora mängder natrium för att konkurrera ut de tvåvärda, i en markvätska måste det minst vara hälften natrium innan de tvåvärda börjar urlakas i större utsträckning (Håkansson & Kreuger 1986). Med enkelvärda joner som sitter på partikelytorna hamnar partiklarna längre ifrån varandra vilket bidrar till att aggregaten faller sönder och genomsläppligheten minskar. Grödor får därav svårare att sätta rötter samt att syre har svårt att leta sig ner i marken då porerna blir blockerade av partiklarna (Håkansson & Kreuger 1986). För att åter förbättra strukturen i jorden efter en ökad andel enkelvärda joner i jorden är att åter tillföra tvåvärda joner som kan tränga ut dem enkelvärda.

Saltkoncentrationen i jordprofilen

Hur saltkoncentrationen rör sig och skiftar i markprofilen styrs av markvätskan, rötter och organismer som tar upp vatten och näringsämnen runt om i profilen. Salt kan inte transporteras i lös form utan enbart löst med vatten. När saltvatten tillförs via en bevattning transporteras saltet nedåt tillsammans med vattnet (Rhoades, J. 1999). Men om jorden är utsatt för torrt klimat eller torka transporteras saltet väldigt sakta nedåt i profilen, då vätskan som saltet är bundet till antingen evaporeras eller konsumeras av grödan. Saltet stannar då på det övre skiktet i jorden tills sötvatten tillförs och kan transportera vidare saltet (Aronsson 1985). För att motverka en fortsatt anrikning av salt i jorden skall man aktivt tillföra mer vatten än vad som förbrukas för att gradvis urlaka saltet från jordprofilen. Viktigt att hålla saltet flytande med överskottsvattnet som grödan och marken inte tar upp vilket bidrar till att vattnet sköljer saltet med sig. Om det istället tillförs mindre vatten än vad som konsumeras kommer saltet aldrig förflyttas från ytan eller rotzonen och koncentrationen av salt ökar efter varje bevattning med bräckt vatten. Det kan då uppstå en dålig spiral för marken om man kontinuerligt tillför salt som i sin tur ökar det osmotiska trycket vilket försvårar grödans möjlighet att ta upp vatten (Eriksson et al. 2011 b). När vatten sen tillförs i form av bevattning eller regn blir grödan hastigt tillfört större mängder lättillgängligt vatten. Grödan blir då utsatt för pendlande torrperioder och perioder med överskott på vatten i jorden, vilket blir en stor stress på grödan och kan rubba skördepotential (Nitsch 1967).



(Figur 1). Hur saltkoncentrationen rör sig i jorden beroende på hur mycket sötvatten som tillförts.

Bevattningsmetoders påverkan av saltkoncentration

Hur bräckt vatten tillförs på åkermark i form av bevattning har en betydelse för hur saltkoncentrationen förhåller sig i jorden och kan direkt påverka grödan samt jordens funktion. Distributionen av saltkoncentrationen på en åker kan påverkas av många faktorer såsom jordart, bevattningssystem och vattenhantering (Hoffman et al. 2007). Bevattningssystemen kan ha för- och nackdelar när bräckt vatten används, därför krävs ett noggrant övervägande av de olika systemen innan användning.

Indragningsmaskiner med kanon är ofta förekommande maskiner till bevattningsändamål i Sverige. Med en sådan maskin skjuts vattnet med högt tryck ur en kanon som pendlar över arbetsbredden samtidigt som maskinen drar in sig själv. Vattnet transporteras då genom luften en sträcka innan det når marken främst för vattenpartiklarna skall hinna dela sig och efterlikna regndroppar innan de når marken. Systemet har hög kapacitet och är kostnadseffektivt. Detta system har dock stora förluster av bevattningsvattnet innan det nått grödan, omkring 30 % till 40 % förloras genom vindavdrift och evaporation beroende på väder (Samjstria 1988). Om stora förluster av vattnet sker innan det når marken hinner koncentrationen av salt öka i vattnet som återstår och mindre vatten kommer till överskott för grödan. Stora mängder vatten kommer då behövas appliceras för att lyckas tränga ned saltet och motverka att koncentrationen blir allt för hög i den övre profilen. Avrinning kan också bli problem om en åker har en skarp lutning åt en riktning. Överskottsvatten kan då rinna åt lutningens håll och ackumulera större koncentration av salt på vissa platser utav åkern (Hoffman et al, 2007).

Vid bevattning ovanifrån är det oundvikligt att inte vattna växande gröda och dess blad. Grödor kan absorbera natrium genom bladen och beroende på hur salttolerant en gröda är kan natriumintaget genom blad orsaka förgiftning (Håkansson & Kreuger 1986). Koncentrationen av salt på bladen påverkar i stor utsträckning hur stor skada grödan tar. Därför är bevattning på kväll och natt att föredra då avdunstningen från bladen är lägre.

Droppbevattning som ligger ovanpå eller under jord ger en mer direkt kontakt av vattnet till jord och gröda vilket drastiskt minskar avdunstning. Om droppbevattningssystemet är anpassat så att vattnet tillförs direkt i rotzonen medför det att saltkoncentrationen rör sig från rotzonen och nedåt, vilket skapar en sfär av lägre saltkoncentration kring rötterna (Saxena et al. 2015) Urlakning är mindre med droppbevattning på grund av den låga tillförseln av vatten som hjälper till att transportera jonerna i vattenlöslig form. Saltkoncentrationen kan då bli väldigt hög på platser där droppbevattningen inte nås att överlappa mellan två bevattningsställen, vilket oftast uppstår mellan raderna (Hoffman et al, 2007).

Vinterhalvåret som finns i Sverige med rikliga mängder nederbörd kan vara till fördel att kunna urlaka det salt som koncentrerats från bevattningar under säsongen. Så länge den årliga förbrukningen av vatten inte överskrider den totala tillförseln av vatten kommer saltkoncentrationen inte öka. Genomsläppligheten på jorden är också av stor betydelse, en grovkornig jord har lättare att släppa igenom vatten i profilens djup vilket förhindrar ackumulering av salt. Lerjordar med bra vattenhållningsförmåga förhindrar då vattnets genomsläpplighet och förmåga att urlaka saltkoncentrationen (Persson & Wesström 1991).

Katjonutbyteskapacitet

En viktig komponent för saltvattnets påverkan på jorden är dess katjonbyteskapacitet. Katjonbyteskapacitet är en balans i hur katjoner och anjoner i en löslig form byter plats med positiva och negativt laddade ytor. Dessa fasta ytor är som exempel jordens partiklar eller organiskt material (Fogelfors 2015a). Detta mäts genom hur stor negativ laddning en yta har och hur stor mängd katjoner som kan bindas på ett utbytbar sätt mot ytan. Lerjordar med finare partiklar har en större yta och det medför en större kontaktyta för katjonerna, medan en sandigare jord med större partiklar har en sämre katjonbyteskapacitet jämfört med lerjorden. Högre katjonbyteskapacitet bidrar då till en större absorption och lagring av näringsämnen (Fogelfors 2015a).

Hur starkt något binds mot de negativa ytorna är katjonernas olika valenser (+, ++, +++) där 3+ är starkast. Detta stämmer dock inte alltid utan vissa katjoner har starkare bindningsstyrka än andra, då finns det andra egenskaper, som jonens radie, som påverkar rangordning (lägst till störst): Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , H^+ (Aronsson 1985).

Joner i bräckt vatten

Sammanställningen av katjoner och anjoner i vattnet från Östersjön domineras främst av natrium bland katjonerna och klor bland anjonerna, de mindre dominerande jonerna i vattnet återfinns redan i jord i viss mån (Nitsch 1967). Dock kan en anrikning av saltvatten rubba balansen av dessa joner. Framför allt störs växternas jonupptagning och jonbytesjämvikt med markens absorberade och lösta utbytbara joner (Nitsch 1967). Detta kan i sin tur störa

näringsomsättningen för växterna och strukturen i jorden. Det som konstateras är att bräckt vatten eller salt vatten generellt har en väldigt hög koncentration av lösliga salter i form av natrium och klorider. Vid tillförsel av natrium och klor i jorden ersätter de naturliga salter som är mer förekommande såsom magnesiumkarbonat och gips, vilket resulterar i att natrium med starkare laddning blir kvar och tar deras plats. Dock kan natrium lika snabbt försvinna vid urlakning med sötvatten. (Aronsson 1985).

Mikroämnen i bräckt vatten

Bor är ett exempel på ett mikronäringsämne som tillförs genom bevattning av bräckt vatten från Östersjön. Bor återfinns redan i marken i mindre mängder i form av borsyra, dock krävs det ingen större ny tillförsel för att det ska bli skadligt för växter (Nitsch 1967). Bor är viktigt för växternas membranfunktion i cellerna men i ytterst små mängder. Halten av bor i en marklösning varierar mellan 3 - 100 mg B/kg och korrelerar med ökad ler- samt mullhalt (Fogelfors 2015a). Förekomsten av bor är störst i vattenkällor nära geotermiska områden, så förgiftning av bor utan bevattning brukar därför ske lokalt (Aronsson 1985). I Östersjön är förekomsten av bor mellan 0,5 mg bor/kg i norr och 1,1 mg bor/kg i söder. En större giva bevattning med bräckt vatten på en mark kan då tillföra en stor mängd bor i marken som kan orsaka förgiftning. Till skillnad från natrium är bor mycket mer hårt bundet i marken och urlakas inte lika lätt. Förgiftning av bor syns på bladspetsen och kanterna i form av gula döda blad. Skördeförlusten på grund av ett överskott av bor varierar mellan 1,4 % och 12 %. Dock verkar inte förlusten öka efter ytterligare tillförsel utan efter en viss gräns stagnerar förlusten (Hoffman et al, 2007).

Saltets påverkan hos grödor

Viktiga värden

Vid bedömning av grödors tolerans att kunna leva i en saltrik miljö uppmäts olika värden som bedömer mängden salt i en markvätska. Värden för hur natriumanrikningen samt strukturproblem uppstår finns för att bedöma skadan på markstrukturen och hur urlakning av näringsämnen fortgår.

ECe - värdet är en tolkning på en markvätskas specifika ledningsförmåga ur ett extrakt. Vid mätning tas ett prov från markvätskan som mätas till dubbla fältkapaciteten för att sedan mäta ledningsförmågan i mS/m (millisiemens/meter). Värdet multipliceras med 2 för att ge ett svar på hur konduktiviteten i extraktet vilket är väl korrelerat med vad saltkoncentrationen i markvätskan är (Persson & Wesström 1991). Riktvärden att förhålla sig till vid bedömning av ECe värden i ds/m (dvs (mS/m) / 100) på saltrika jordar är följande:

0–1,5 Inga större effekter på grödor vid denna nivå.

1,5–4 De flesta grödor trivs i detta stadium dock kan saltet ha en viss hämmande effekt på unga grödor.

4–5,5 Saltkänsliga grödor och grödor i groddstadium blir tillväxthämmande.

5,5–8 Tillväxthämmande effekter i olika grad hos majoriteten av grödor.

8> Väldigt höga mängder salt som till följd ger svår missväxt även hos mer tåliga grödor.

Genom att utvärdera grödors skördepotential vid olika ledningsförmåga kan man sammanfatta grödornas tolerans mot salt (se tabell 1).

Tabell 1. Brytpunkter för tolerans av ledningsförmåga hos grödor uttryckt i ECe. Omarbetad från (Chinnusamy et al, 2005)

Gröda	Tröskel för salinitet dS m-1	Skördeminskning l % per dS m-1
Bönor	1	19
Majs	1,7	12
Potatis	1,7	12
Tomat	2,5	9,9
Sojaböna	5	20
Vete	6	7,1
Korn	8	5

ESP - Värdet (Exchangeable sodium percentage) är att uppmärksamma när man vattnar med bräckt vatten från Östersjön. ESP - värdet beskriver hur stor del av jorden katjonutbyteskapacitet som är upptaget av natrium (Håkansson & Krueger 1986). För mycket natrium i jorden skapar en förgiftning vilket ger svårigheter för växterna att ta upp väsentliga näringsämnen (se tabell 2). Det räknas ut, genom att dividera mängden natrium med den totala katjonutbyteskapaciteten och uttrycka det i procent, genom denna formel:

$Na * 100/CEC = ESP \text{ i } \%$ (Aronsson 1985).

Markstrukturen påverkas av höga ESP - värden vilket oftast blir brytpunkten för grödor med hög salttolerans. Natriumförgiftning hos växter framträder som brunfärgade blad med torra kanter (Håkansson & Kreuger 1986). Vad som definieras som en salt jord eller inte är relaterbart till jordens pH-värdet samt ECe-värdet. Salta jordar överstiger aldrig ett pH värde över 8,5. Salta alkaliska jordar har ett stadigt pH runt 8,5 medan alkaliska jordar överstiger 8,5. Detta tolkas i ESP-värde och ledningsförmåga enligt:

Lågt ESP-värde under 15% med lågt ECe-värde under 4 mS/cm är en icke-salt och icke-alkalisk jord medan om ECe-värdet är högre än 4 mS/cm betraktas jorden som salt.

Högt ESP-värde över 15 % med högt ECe-värde över 4 mS/cm räknas som en salt - alkalisk jord men om ECe värdet sjunker under 4 mS/cm räknas jorden som en enbart alkalisk (Aronsson 1985). pH-värdet har då stor betydelse över hur en saltanrikning påverkar jorden.

Natriumtillförsel i stor utsträckning kan ta överhand och bli dominerande bland katjonerna vilket påverkar basmättnadsgraden och strukturen. För att sedan hjälpa urlakningen av natrium och återförstärka strukturen krävs tillförsel av kalcium i större mängder i form av kalk eller gips (Nitsch 1967).

Tabell 2. Grödors olika känslighet mot natriumförgiftning uttryckt i ESP värden. Omarbetad från (Håkansson & Kreuger 1986, Ayers & Westcot 1976).

Tolerans	ESP	Gröda	Kommentar
<i>Mkt känslig</i>	2-10	Fruktträd	Natriumförgiftning uppstår även vid lågt ESP-värde
<i>Känslig</i>	10-20	Bönor	Minskad tillväxt även vid bra mark struktur
<i>Måttligt tolerant</i>	20-40	Klöver Havre Ängssvingel	Minskad tillväxt beroende på mark struktur och näringsintag
<i>Tolerant</i>	40-60	Vete Lusern Korn Tomat Sockerbeta	Minskad tillväxt vid försämrad markstruktur

SAR - värdet (sodium adsorption ratio) till skillnad från EC tar enbart hänsyn till jonsammansättningen i vatten istället från ledningsförmågan. Värdet bedömer mängden natrium i en vätska. ESP förhåller sig relativt till saltkoncentrationen i en markvätska medan SAR-värdet uttrycker hur mycket kalcium och magnesium som finns i en markvätska, vilket natrium har potential att tränga bort. Ca^{2+} och Mg^{2+} är väldigt viktiga för markstrukturen och jordens aggregatbildning, om natrium anrikas i större utsträckning kan katjonsutbytet bli direkt skadligt för markstrukturen. Potentialen av utbytet mellan Ca^{2+} , Mg^{2+} och natrium blir då en beskrivning av eventuella strukturproblem som kan uppstå (Hoffman et al, 2007).
Räknas ut genom denna formel: $Na / (\sqrt{(Ca + Mg/2)}) = SAR$ (Aronsson 1985).

Utvecklingen av saltoleranta grödor

Grödor som har väldigt hög salttolerans härstammar oftast från strandväxter (Halofyt-växter) och har varit utsatt för en saltrik miljö under utvecklingen. Exempel på sådana växter är sockerbetor (Fogelfors 2015b). Framställning av salttoleranta sorter för jordbruksändamål skulle öka användningsområdet för världens jordbrukare. Utvecklingen för att framställa jordbruksgrödor med bra salttolerans var lovande under början av 1900-talet när man korsavlade grödor som var mer tåliga med andra som var mindre tåliga (Flowers 2004). Men i nutid har utvecklingen varit långsammare på grund av begränsad kunskap kring vad som triggar saltstress hos grödor. Saltstress triggas när en gröda utsätts för större osmotiskt tryck eller jontoxicitet som sker när Na^+ byter plats med Ca^{2+} . När saltstress sker i en gröda aktiveras ett kalciumprotein "Serin/threonin- protein kinas" vilket efter en rad olika kemiska reaktioner förhindrar samt bromsar grödans potential att kunna transportera och reglera olika näringsämnen. Förståelse på molekylnivå över hur saltstress-signaler fungerar i grödor och hur det kan genetiskt överföras till andra grödor skulle kunna öka skördar och matförsörjning i många delar av världen, även i Sverige (Chinnusamy et al, 2005). Utmaningar för att framställa toleranta grödor kan också bero på att flera genetiska egenskaper kan behövas innan man kan framställa högpresterande grödor på saltrika jordar.

De salttåliga grödor som finns för odling i Sverige är spannmålssorter såsom korn, vete, havre och oljeväxter som raps. Dessa är måttligt till mycket salttåliga beroende på ålder och väder (Andersson 1995). Grödor med mindre tolerans är baljväxter som bönor eller ärtor samt olika grönsaker likt morötter, kål och lök (se tabell 3). Minskad tolerans kan variera mellan olika grödor, bönor tar störst skada genom natriumförgiftning medan potatis tar skada genom minskad vattenupptagningsförmåga i rotzonen vilket resulterar i kvalitetsförsämringar. Bland vallväxter är grässorterna och lucern mest toleranta för bevattning med bräckt vatten, klöver har dock inte samma tolerans och blir oftast hämmad och undertryckt (Håkansson & Kreuger 1986).

Framsteg i utvecklingen att framställa mer salttoleranta grödor och sorter har varit få då kunskap kring hur saltstress fungerar på molekylärnivå i grödor och hur salttoleranta gener skall överföras varit liten (Chinnusamy et al, 2005). Likaväl finns det redan många grödor som med naturlig utveckling har bra tolerans mot salt och som kan frodas i salta miljöer. Senare växtstadier hos grödor bidrar också med större tolerans mot salt (Aronsson 1985).

Tabell 3. Salttolerans bland olika lantbruksgrödor. Omarbetad från (Ayers & Wescott 1976).

	Saltkänsliga	Måttligt saltkänsliga	Måttligt salttoleranta	Salttoleranta
<i>Åkerväxter</i>		Majs Lin Potatis	Vete Havre Råg Raps Åkerböna	Korn Sockerbeta
<i>Vallväxter</i>		Blåusern Fodervicker Klöver Hundäxing Timotej	Eng. rajgräs Ängssvingel Rörflen Foderlost	Sparris
<i>Grönsaker</i>	Lök Morot Bönor	Selleri Gurka Tomat Sallat Spenat	Rödbeta Sojaböna	

Klimatets påverkan

Klimat har stor påverkan över hur salttoleransen hos grödor kan variera. Luftfuktighet, nederbörd och värme är några viktiga element som kan styra grödornas potential att växa i en saltanrikad miljö. Nederbörd eller sötvatten genom bevattning har störst påverkan över koncentrationen i markprofilen genom dess avrinning från jorden. Hög temperatur bidrar till ökad stress för växter, detta beror på att med ökad temperatur blir behovet för transpiration genom bladen svårt att upprätthålla utan uttorkning. Salttoleransen sjunker då med ökad värmestress hos grödor. Dock kan en högre luftfuktighet återigen öka salttoleransen. Grödor är som mest känsliga för salt vid groddstadium, men successivt ju äldre plantan blir ökar toleransen mot salt. Vid applicering av bräckt vatten på en gröda kan det vara till fördel om åtgärden väntas tills grödan är väl bevuxen för att minska skador på grödan (Hoffman et al. 2007).

En gröda som utsätts för salt tar störst skada om det samtidigt är vattenbrist och torka. Beroende på hur saltrik jorden är så blir det osmotiska trycket för grödan högre än hos en neutral jord. Vid torrt och varmt klimat får grödan svårare att kunna ta upp koldioxid genom att klyvöppningarna på bladen stängs då det annars uppstår risk att vatten evaporerar från bladen. Fukten inuti bladen är en viktig komponent för fotosyntesen och dess funktion, om bladen börjar torka ut måste växten istället transportera vatten upp från rötterna till bladen för att kunna försörja fotosyntesen. Om jorden då är utsatt för torka och saltanrikning är det osmotiska trycket mycket högt vilket försvårar rötternas förmåga att kunna ta upp vatten. Växten kan då inte försörja sig med vatten och bladen torkar ur och vissningsgränsen är nådd (Fogelfors 2015a)

Svenska försök med bevattningen av bräckt vatten

Försök med bevattning av bräckt vatten på åkermark i Sverige har framför allt utförts under 70 och 80-talet. Persson & Wesström (1991) genomförde försök med bevattning av bräckt vatten på Öland på fem olika provtagningsplatser mellan åren 1976 och 1985. Dessa platser var på följande gårdar *Röhälla gård*, *Mörbylånga gård*, *Degerhamns gård*, *Melstaby* och *Huterstad*. Provytorna låg utspridda längs med södra Öland. Platserna hade inte blivit bevattnade med bräckt vatten innan försöket.

På alla provtagningsytor togs jordprover ner till 100 cm för att ta reda på jordart, katjonbytesbarhet (CEC) och kornstorlek på platserna. Växtföljden varierar på provplatserna men några mera regelbundna grödor är sockerbetor, vall, korn samt vårraps. Det är också bara dessa grödor, i växtföljden, som blir bevattnade med bräckt vatten. Nederbörden för södra Öland under denna period var någorlunda stabil omkring 500 mm per år, dock upplevdes det en markant minskning i nederbörd åren 1982 och 1983 där det endast kom omkring 350-400 mm.

Salthalten i vattnet varierade mellan 7,4 promille som lägst vid Röhälla gård till 7,9 promille som högst hos Hultserstad. Mängden katjoner och anjoner i vattnet uppmättes även och konstaterades skilja måttligt till marginellt mellan platserna. Mängden bräckt vatten som blivit applicerat på grödorna mellan åren skiljer sig från platserna, Röhälla gård hade totalt bevattnat 462 mm under provtagningsperioden medan Melstaby endast 30 mm. I snitt hade gårdarna tillförts 235 mm bräckt vatten under provtagningsperioden. Varannan vår innan gödsling togs prover på platserna för att mäta lösligt K-AL, Ca-AL, Mg-AL och Na-AL (med ammoniumlaktat-metoden), samt klorider (Cl-) och ledningstal (ECe).

Resultatet av försöken på platserna visade följande:

Röhälla, Mörbylånga och Degerhamn hade i viss mån grovkorniga och lerfattiga jordar genom profilen vilket resulterade i att lösliga salter hade god avrinningsförmåga genom dessa skikt, under åren det fanns överskott på regnvatten. Efter ett par år med regelbunden bevattning med bräckt vatten märks vissa anmärkningsvärda stigningar av ESP samt ECe-värden. Värdena stannar dock vid lindriga nivåer och oavsett appliceringsmängd sker inga drastiska ökningar så länge nederbörden är normal.

Mellan åren 1982 och 1983 uppstod det dock ett underskott på regnvatten, Röhälla och Degerhamn hade under de åren fortsatt bevattnat med Östersjövatten vilket ledde till en ackumulering av natrium. På Degerhamn där det vattnats 120 mm 1983 hade det stigit till skadliga mängder där ESP-värdet stigit till omkring 20% på djupet under 40 cm och 30% vid 20 - 40 cm djup. Detta är väldigt giftiga nivåer av natriumanrikning vilket påverkar till och med de mest salttoleranta grödorna. ECe-värdet steg marginellt men jämt över stora delar av profilen dock inte till skadliga nivåer som ESP-värdet.

I Röhälla och Mörbylånga påträffades samma stigning av ESP-värdet och ECe-värdet efter torråren 1982 och 1983 men uppmätte inte alls samma skadliga mängder som på Degerhamn och då hade Röhälla under samma period bevattnat 30 mm mer än Degerhamn. Röhälla uppmätte som värst bara ett ESP-värde på omkring 15% vilket Mörbylånga också uppmätte men endast på den mellersta profilen i jorden, ECe-värdena stannade på låga nivåer. Efter 1984 när det återigen blivit ett överskott på nederbörd har ESP-värdena och ECe-värdena åter sjunkit till ursprungsvärden vid ytan från föregående år innan torkan.

Det konstaterades att om nederbörden under vinterhalvåret är för låg stannar saltet i profilens övre skikt men efter tillfredsställande och kontinuerlig nederbörd får saltkoncentrationen ett bra flöde genom jordprofilen. Efter senare provtagningar på fältet kan man se att saltet rört sig längre ned i profilen. Om bevattning med bräckt vatten sker vartannat år märks en sjunkande koncentration vid ytan året efter bevattning. Persson & Wesström (1991) sammanfattar försöket genom att belysa de långsiktiga konsekvenserna för jordens markkemi vid bevattning av bräckt vatten. Variationen hur varje jord kommer reagera vid anrikning av salt belyses också, då vissa platser reagerar starkare vid anrikning av salt än liknande fält under samma förutsättningar.

-

-

DISKUSSION

Påverkan på jorden

Bräckt vatten från Östersjön har till skillnad från havsvatten runt om i världen en relativt låg salthalt från 8 promille i söder till 5,5 i norr beroende på årstid (Nitsch 1967). I internationella studier rekommenderas att vatten med sådan hög salthalt ej bör användas till bevattning (Persson & Wesström 1991). En bevattning med 30 mm bräckt vatten från Östersjön som innehåller 6 promille tillför drygt 1,8 ton salt per ha. Saltet som tillförts koncentrerar sig i jorden så långt ner som vattnet hinner transportera det innan det avdunstar. Om saltkoncentrationen stannar vid rotzonen kan detta tillväxthämna grödor genom att hårt binda den fukt som finns i jorden. Det osmotiska trycket kan då bli för stort och grödor lyckas inte försörja sig med nödvändigt vatten till fotosyntesen (Aronsson 1985). Detta kan dock motverkas genom riklig nederbörd eller en ytterligare bevattning med sötvatten. Överskottsvatten är därför en grundläggande del för att kunna dränera ut saltkoncentrationen längre ner och ut ur jordprofilen. Det humida klimatet som finns i Sverige kan därför vara till nytta att urlaka saltet som tillförts över säsongen (Nitsch 1967). Persson och Wesström (1991) konstaterade i sina försök på Öland med bevattning med bräckt vatten att så länge det är ett årligt överskott på vatten lyckas koncentrationen hållas på ofarliga nivåer. Lerjordar med bra vattenhållningsförmåga är sämre för bevattning med bräckt vatten då längre tid och mer vatten krävs för att urlaka saltkoncentrationen.

Natrium tillförs i stora mängder genom bräckt vatten samt andra katjoner och anjoner som kan komma att urlaka andra viktiga mineraler som är väsentliga för jordens markstruktur och funktion. Om natrium blir dominerande bland katjonerna kommer mark- och aggregatstrukturen försämrats eller helt förstöras, vilket medför stora problem för jordens förmåga att kunna producera samt brukas (Håkansson & Kreuger 1986). För att motverka natriumförgiftning som kan uppstå hos grödor bör extra kalcium tillföras i jorden. Överskottsvatten kan också hjälpa urlaka natrium som tillförts genom bevattning med bräckt vatten (Persson & Wesström 1991).

Användning av bräckt vatten

Nyttjandet av bräckt vatten till bevattning i Sverige hade stor betydelse under 70- och 80-talet då odlingen av sockerbetor var av betydligt större proportion i sydöstra Sverige. Under mitten av 70-talet utgjordes hela 10% av all bevattning på Öland med vatten från Östersjön (Andersson 1995). Tekniken för att kunna bevattna mer rationellt och billigare utvecklades parallellt med efterfrågan av att kunna bevattna sin areal. Tillgång på sötvatten finns dock inte för alla lantbrukare i närheten av kusten så frågeställningen kring om sötvatten kan ersättas av bräckt vatten har dykt upp ett flertal gånger. När sockerbetsproduktionen minskade och försvann från Sveriges sydöstkust minskade också användandet av bräckt vatten (Andersson 1995).

Möjligt syfte för bräckt vatten

Bevattningsmed bräckt vatten medför väldigt många komplikationer som måste beaktas och uppmärksammas för att inte skada jorden på lång sikt. Det är bevisat att kontinuerlig användning av bräckt vatten till odling kan ackumulera skadliga mängder salt, natrium och kloridjoner, särskilt i jordar med bra vattenhållningsförmåga (Persson & Wesström 1991). Användning vid torrt och varmt klimat kan göra mer skada än nytta då vattenavdunstning koncentrerar saltkoncentrationen vid den övre horisonten som utsätter grödor för ökad vattenstress. Risken att man utarmar jorden från viktiga näringsämnen är också större när man tillsätter stora mängder natrium vilket i sin tur försämrar markstrukturen.

Trots detta finns det ändå potential att just bräckt vatten kommer bli mycket mer relevant till bevattning i framtiden för lantbrukare med rätt förutsättningar. För att kunna nyttja bräckt vatten rätt måste man först förstå att bräckt vatten inte kan ersätta förlorad nederbörd eller torka bara komplettera befintlig nederbörd och fukt. Det är tydligt att salt måste vara rörligt i jordprofilen för att kunna undvika större skada på gröda och mark. Sötvatten bör därför tillföras snarast, efter en applikation med bräckt vatten, i form av nederbörd eller genom bevattning, för att kunna urlaka ner saltet och motverka ackumulering. Det kanske låter motsägelsefullt att inte nyttja vatten när grödor behöver utan endast när vatten redan finns för grödan, men det är med denna princip som en hållbar användning möjligtvis kan finnas.

Några andra viktiga slutsatser och kriterier att förhålla sig till vid användning av bräckt vatten är:

- Uppmärksamma salthalten. Platsen där man tar vatten bör vara så nära ytan där salthalten är lägre. Undvik att ta ut vatten vid stormiga förhållanden då salthalten kan bli högre vid ytan. Platser där vattnet ligger lugnt större delar av året är att föredra.
- Enbart bevattna lätta jordar med enkelkornstruktur eller lätta leror med högt pH, deras goda genomsläpplighet och oftast lägre CEC ger saltkoncentrationen och natrium svårt att ackumuleras.
- Se till att jorden håller ett högt pH-värde, risk finns att kalkning behövs göras oftare på jordar som bevattnas med bräckt vatten.
- Vattningstillfället måste anpassas efter tidpunkt och väder för att minska avdunstning, fördelaktigt genom bevattning på nätter eller bevattningsteknik som har snabb kontakt med marken.
- Låt bevattningen följa växtföljden istället för åkern. Undvik att bevattna samma ställe flera år i rad.
- Mängden som appliceras måste anpassas efter förväntad årlig nederbörd samt vad som faktiskt kommer.
Torra år = mindre användning, våta år = mer användning.
- Grödorna som bevattnas skall ha god etablering innan bräckt vatten kan nyttjas, ju äldre plantan blir desto mer salttolerant.
- Ta prover på åkermark våren efter bevattning för att utvärdera hur mycket salt och natrium som urlakats under vintern.

Det är många hänvisningar som måste följas för att kunna nyttja bräckt vatten och det är tydligt att detta inte passar alla lantbrukare. Vikar som ligger stilla och har låg tillförsel av nytt vatten från Östersjön är mest optimala för bevattning. Dessa vikar brukar också ha problem med övergödning så möjligheten att kunna filtrera vattnet genom åkermark och återföra näring till jorden vid bevattning skulle gynna fler än bara lantbrukaren. Väldigt mycket beror på platsen man tar vatten ifrån till dit vatten skall nyttjas. Mera forskning och försök inom detta område skulle vara av intresse för lantbrukare såsom allmänheten.

REFERENSER

Andersson, A. (1995). Vattentillgångar för bevattning i Kalmar län. 1, Litteraturöversikt. 2, Intervjuundersökning rörande vattenmagasin. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

Länk: https://pub.epsilon.slu.se/4849/1/andersson_a_100630.pdf

Aronsson, Y. (1985). Markförsämring genom saltanrikning. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

Länk: https://pub.epsilon.slu.se/5145/1/aronsson_y_100922.pdf

Ayers, R.S. & Westcot, D.W. 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.

Carpenter, S. Caraco, N. Correll, D. Howarth, R. Sharpley, A. Smith, V. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568. Länk: <https://www.jstor.org/stable/2641247?seq=1>

Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.-K. (2005). Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. *Crop Science*, 45: 437-448.

Länk: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437>

Eriksson, J. Dahlin, S. Nilsson, I. Simonsson, M (2011 a). Markens jonadsorptionsförmåga. *Marklära*. Lund: Studentlitteratur AB. Sid 138–159.

Eriksson, J. Dahlin, S. Nilsson, I. Simonsson, M (2011 b). Växtnäringenämnenas förekomst och reaktion i marken. *Marklära*. Lund: Studentlitteratur AB. Sid 285-290.

Flowers, T. J. Improving crop salt tolerance (2004), *Journal of Experimental Botany*, Volume 55, Issue 396, Pages 307–319, Länk: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>

Fogelfors, H (2015a) Grödor. *Vår mat, Odling av åker- och trädgårdsgrödor*. 1:2, Lund: Studentlitteratur AB. Sid 343-354.

Fogelfors, H (2015b) Växtfysiologi. *Vår mat, Odling av åker- och trädgårdsgrödor*. 1:2, Lund: Studentlitteratur AB. Sid 222-235.

Hoffman, G.J. Evans, R.G. Jensen, M.E. Martin, D.L. Elliot, R.L (2007). Controlling salinity. *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*, 2nd ed., St. Joseph, Michigan. Sid 160-207.

Länk: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=23690>

Havet.nu (2021) Egentliga Östersjön.

Länk: <https://www.havet.nu/egentliga-ostersjon> (2021-04-12)

Håkansson, A. Kreuger, J. (1986). Kemisk vattenkvalitet vid bevattning : Chemical quality of irrigation water. Uppsala. Länk: https://pub.epsilon.slu.se/3955/1/kreuger_j_090812.pdf

Nitsch, U. (1967). Om östersjövattnets användbarhet för bevattningsändamål. Uppsala. Länk: https://pub.epsilon.slu.se/5739/1/nitsch_u_110224.pdf

Persson, R. & Wesström, I. (1991). Markkemiska effekter av bevattning med östersjövatten på Öland. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. Länk:

https://pub.epsilon.slu.se/4997/1/persson_r_et_al_100818.pdf

Rhoades, J. (1999). Use of Saline Drainage Water for Irrigation. In Agricultural Drainage (eds R. Skaggs and J. Schilfgaard).

Länk: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr38.c18>

Samjstria, A. G. (1988). *Efficiencies of Florida agricultural irrigation systems*. University of Florida. Länk: <https://itc.tamu.edu/files/2018/05/BUL247.pdf>

Saxena F, C. K., Gupta, S. K., Purohit, R. C., & Bhakar, S. R. (2015). Saltwater dynamics under point source of drip irrigation-A Review. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49(2).

Länk: [https://www.researchgate.net/profile/Chandra-](https://www.researchgate.net/profile/Chandra-Saxena/publication/275884788_Salt_water_dynamics_under_point_source_of_drip_irrigation-A_Review/links/558e6c5708ae47a3490beed6/Salt-water-dynamics-under-point-source-of-drip-irrigation-A-Review.pdf)

[Saxena/publication/275884788_Salt_water_dynamics_under_point_source_of_drip_irrigation-A_Review/links/558e6c5708ae47a3490beed6/Salt-water-dynamics-under-point-source-of-drip-irrigation-A-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chandra-Saxena/publication/275884788_Salt_water_dynamics_under_point_source_of_drip_irrigation-A_Review/links/558e6c5708ae47a3490beed6/Salt-water-dynamics-under-point-source-of-drip-irrigation-A-Review.pdf)

Vestberg, S. (2021) *Hur saltkoncentrationen rör sig i jorden*. [Illustration] [2021-04-23].

Tabellförteckning

Tabell 1:

Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.-K. (2005). Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. *Crop Science*, 45: 437-448.

Länk: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437>

Tabell 2:

Håkansson, A. Kreuger, J. (1986). Kemisk vattenkvalitet vid bevattning : Chemical quality of irrigation water. Uppsala. Länk: https://pub.epsilon.slu.se/3955/1/kreuger_j_090812.pdf

Tabell 3:

Ayers, R.S. & Westcot, D.W. 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.

