HÖGSKOLAN
I GÄVLE

AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för elektronik, matematik och naturvetenskap

Tångodlad potatis-nyttigt eller skadligt?

Potatoes grown in macroalgal compost - healthy or harmful?

Christel Bjerkendahl

2015

Examensarbete, Grundnivå (kandidatexamen), 15 hp
Biologi
Trädgårdsmästarprogrammet med inriktning mot hälsa och design

Examensarbete i Biologi med inriktning mot Trädgårdskunskap C 15 hp

Handledare: Sandra A.I. Wright

Examinator: Nils Ryrholm

Abstract

The nutrition bound in macroalgae, also known as seaweed, contains high amounts of all the nutrients, micronutrients, vitamins and plant hormones, necessary for plants, animals and humans. Totally for free it is floating in the oceans around the world and has been harvested and used by people for thousands of years. A problem that has arisen in the wake of Industrialism during the past 200 years is that human beings spread non-desirable substances to air, water and soil, for example heavy metals. Macroalgae accumulate the heavy metals, which may become a problem if we want to eat seaweed or use it to grow plants in. In a growth trial using macroalgal compost made from *Fucus radicans* collected from the Baltic Sea, the uptake heavy metals in the edible tubers of potatoes of the cultivar 'Cherie' was investigated. The following heavy metals were analyzed: lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), arsenic (As) and copper (Cu). There were no differences in the uptake of heavy metal between potatoes grown in macroalgal compost and soil, but the potato tubers from both cultivations contained concentrations of Cd and As higher than those normally found in Swedish potatoes. The concentrations are, however, much lower than the limits set by EFSA. The macroalgal compost and the soil used in the experiment were also analyzed for heavy metal content. The Cd concentration in the compost exceeded the limit for Swedish compost. However, the high levels of Cd in the compost were not reflected in the Cd content of the potato tubers. Soil conductivity and pH values were also investigated. The high conductivity of the macroalgal compost was probably due to insufficient rinsing of the macroalgae, and thus it was not ideal for use in crop cultivation. In spite of this, the crop yield was good. In conclusion, macroalgal compost can be recommended as a cultivation substrate for potatoes.

Keywords: Baltic Sea, Cadmium, *Fucus*, Heavy metal, Macroalgae, Macroalgal compost, Potato, Seaweed.

Sammanfattning

Den näring som finns bunden i makroalger, även kallad tång, innehåller rikliga mängder av alla näringsämnen, spårämnen, vitaminer och växthormoner som växter, djur och människor behöver. Alldeles gratis flyter den omkring i världshaven och har skördats och använts av människan under tusentals år. Problemet som uppstått i industrialismens spår de senaste 200 åren är att människan sprider icke önskvärda ämnen till luft, vatten och jord, t.ex. tungmetaller. Makroalger ackumulerar dessa, vilket kan bli ett problem om vi vill äta eller odla i tång. Vid ett odlingsförsök med potatis i tångkompost av *Fucus radicans* från Östersjön undersöktes metallupptaget i de ätbara knölarna i potatis av sorten 'Cherie'. De tungmetaller som analyserades var bly (Pb), kadmium (Cd), kvicksilver (Hg), arsenik (As) och koppar (Cu).
Analysrapporten visade ingen skillnad i upptag av tungmetaller mellan potatis som odlats i tångkompost eller i jord; däremot innehöll knölarna från båda odlingarna högre halter av kadmium och arsenik än normalvärdena i svensk potatis. Halterna är dock långt under EFSA:s gränsvärden. Även odlingssubstraten, dvs. tångkomposten och jorden undersöktes för tungmetallförekomst. Kadmiumhalterna i tångkomposten översteg gränsvärdet för svenska kompostjordar, men de höga kadmiumhalterna reflekterades inte i potatisknölarnas kadmiuminnehåll. Odlingssubstratens ledningstal och pH-värden undersöktes också. Tångkompostens höga ledningstal (10,8 mS/cm) berodde antagligen på otillräcklig sköljning och gjorde den inte idealisk för odling. Trots detta blev skördeutfallet gott. Således kan tångkompost rekommenderas som odlingssubstrat för potatis.

Nyckelord: *Fucus*, kadmium, makroalger, odlingsförsök, potatis, tungmetaller, tång, tångkompost, Östersjön.

Innehåll

Abstract.....

Sammanfattning.....

1. Introduktion 5

2. Bakgrund 5
2.1 Tång och markorganismer 5
2.2 Tångodlingens historia 7
2.3 Metaller 9

2.4 Normala värden och gränsvärden för tungmetaller 10
2.5 Spurway- Lawton analys 11
2.6 Potatis 11
2.7 Syfte och avgränsning 12
Frågeställning 12

3. Metod 12
3.1 Metodval 13
3.2 Motiv för metodval 13
3.3 Plats för odlingsförsöket 13
3.4 Odlingsförsöket 13
3.5 Analyser 14
3.6 Markorganismer 14

4. Resultat 14
4.1 Jordanalys 15
4.2 Biologiskt liv 15
4.3 Odlingsresultat 16

5. Diskussion 19
5.1 Jordanalys 19
5.1.1 pH och ledningstal 19
5.1.2 Näringsämnen i odlingssubstraten 21
5.1.3 Tungmetaller i odlingssubstraten 22
5.2 Biologiskt liv 23
5.3 Odlingsresultat 23
5.4 Metoddiskussion 24

Slutsatser 25

Tack 26

Litteraturförteckning 27

Bilagor 31

1. Introduktion

I tusentals år har människor i kustområden och på öar samlat tång från stränderna och använt den för olika ändamål; som föda åt djur och människor, näring och odlingssubstrat åt växter, taktäckning samt inom folkmedicin. Det har i modern tid skördats tusentals ton med färsk tång, framförallt i Japan, Norge och Kanada. Före det industriella genomslaget med konstgödsel inom jordbruket var tångtäkterna längs klippor och stränder den gödsel odlare hade att tillgå jämte djurdynga (Sharp, 1987; Stephensson, 1968). Intresset för att närmare undersöka tång som odlingssubstrat väcktes under kursen Markvetenskap för trädgårdsmästare på Högskolan i Gävle hösten 2014. Vid den litteraturstudie som då genomfördes framkom att tång är ett av människans äldsta gödselmedel, använt världen över. Ett nutida problem hänger samman med tångens goda förmåga att ackumulera tungmetaller från det vatten den växer i. En vetenskaplig studie som väckte speciellt stort intresse var ett försök från Öland där det framkom att tång innehåller tungmetallerna bly (Pb), kadmium (Cd), koppar (Cu) och kvicksilver (Hg). Olika slags tång innehöll olika mängder av tungmetaller. De ätliga växtdelarna i olika grödor tog upp tungmetaller från de olika odlingssubstraten i olika mån. Sallat som odlats i tång innehöll höga halter av kadmium, medan kadmiuminnehållet i potatis, bönor, spenat, morot och rödbeta inte översteg gränsvärdena (Greger, Malm, & Kautsky, 2007).

Alger är effektiva ackumulatorer av metaller och miljögifter vilket blir ett problem i vissa hav för djurlivet och för människor som vill använda mikro- och makroalger för direktkonsumtion eller odling. Alger har visat sig innehålla upp till 500 gånger mer av kadmium än vad det omgivande havet innehåller. Vi skulle kunna betrakta alla alger som hjälpsamma rengörare också: om vi samlar in kontaminerad tång och andra alger från havsvikar och stränder, och tar hand om dem på ett lämpligt sätt städas haven på tungmetaller och dessa återförs till sitt ursprung i jorden och slutar cirkulera i kretsloppet. Några alger fungerar för odling och som gödningsmedel utan att grödan får skadliga halter av tungmetaller medan andra alger med mycket höga halter av tungmetaller hellre bör läggas på deponi eller brännas i speciella ugnar med partikelfilter. Dessutom minskar eutrofieringen i Östersjön om en del av kvävet som algerna innehåller förs upp på land istället för att fortsätta (över)göda havet. Om vi kan gödsla våra odlingsjordar med tång och alger istället för konstgödsel, som ytterligare spär på tungmetallförekomst och övergödning av haven, kan det vara gynnsamt för både hav och land. Rapporten *God havsmiljö 2020* från svenska Havs och Vattenmyndigheten (2012) gör bedömningen att en god status i svenska vatten sannolikt inte kommer att uppnås till 2020.

2. Bakgrund

2.1 Tång och markorganismer

I världshaven finns olika arter av tång, även kallad makroalger (på engelska macroalgae). Den delas in i tre huvudgrupper: brunalger, grönalger och rödalger. Den tång som främst används som växtnäring inom jordbruk och trädgårdsodling är *Fucus vesiculosus, Fucus serratus* och *Ascophyllum nodosum*, som tillhör gruppen brunalger I södra Östersjön finns 100 arter makroalger, längre norrut minskar antalet marina arter. Det är troligtvis den lägre salthalten i Ålands hav och norrut som är anledningen till att tången blir mindre i storlek än i vatten med högre salthalt. Närmast ytan flyter ett bälte av ettåriga, fintrådiga alger; under våren finns en dominans av brunalger som under

sommaren ersätts av grönalger och under hösten rödalger. Den algblomning som rapporteras om varje sommar och beskrivs som giftalger som är farliga för människor och husdjur är i själva verket ett överflöd av cyanobakterier i ytvattnet och brukar kopplas till övergödning av fosfor. Från 0,5 meters djup dominerar den fleråriga blåstången och sågtång som finns ned till 10 meters djup eftersom inga andra stora alger konkurrerar. Sågtång finns inte norr om Öland och Gotland. Blåstång finns upp till den sydligaste delen av Norra Kvarken. I skyddade vikar finner man ofta mattor av flytande alger. Dessa är ofta löslevande blåstång och annuella grönalger (Havs och Vattenmyndigheten, 2012). Tångskogar av storvuxna, fleråriga brunalger av blåstång (*Fucus*) i Östersjön och tare (*Laminaria*) längs västkusten är viktiga för många fiskarter, som behöver dessa för yngeluppväxt och födosöksområden (Vattenkikaren, 2015).
En annan brunalg som är rikligt förekommande både i svenska vatten och i världshaven är *Ascophyllum nodosum,* blåstång (Sharp, 1987). *Ascophyllum nodosum* är den art som används mest vid framställning av tångextrakt, då färsk tång skördas på växtplatsen. Tång saknar ledningsvävnad, stam, blad och rötter. Vissa har fästen- s.k. hapterer- så de kan haka fast vid skrovliga ytor på stenar, båtskrov, rep, grenar eller andra växter, men många flyter fritt i havet. Förutom häftorganet består alger av en bål. Den energi tången behöver för sin tillväxt får den via fotosyntes, som sker över hela bålen. Med hjälp av solljus tillverkar tången socker av havets koldioxid och vatten. Havet innehåller alla näringsämnen tången behöver, dessa absorberas direkt genom cellväggarna i bålen (Vattenkikaren, 2015). Tång av arterna *Fucus* och *Ascophyllum* kan bli upp till 50 år, men växer oftast bara några få år på en plats innan de slits loss från den klippa den fäst vid och flyter iväg till en annan plats. De förökas med könlig förökning från hon- och hanplantor genom sporer som släpps ut i vattnet. Detta sker alltid vid fullmåne på våren. Tång finns i både varma och kalla vatten. De behöver en viss salthalt i vattnet för att överleva, föröka sig och växa sig stora (Naturskyddsföreningen, 2015).

Den insamlade tången i odlingsförsöket på Väddö sommaren 2015 som beskrivs i detta examensarbete är främst av arten *Fucus radicans,* smaltång. Detta är en ny art i Östersjön, som upptäcktes 2007 av ett svenskt forskarteam (André, Johannesson, & Kautsky, 2007; Forslund, o.a., 2011). Smaltång finns ingen annanstans i världen, utan är en endemisk art som utvecklats från den i Östersjön dominerande arten *Fucus vesiculosus,* blåstång. *F. radicans* saknar de typiska flytblåsor som finns hos *F. vesiculosus* och liknar mer en liten buske. De båda arterna växer ofta i blandade bestånd. *F.vesiculosus* har en könlig förökning med hon- och hanplantor. Forskarna har en teori att i Bottenhavets låga salthalt på 7 ‰, att jämföra med Nordsjöns 30 ‰ salthalt, fungerar den könliga förökningen dåligt och som en anpassning till detta har denna nya art utvecklats med en för arten unik könlös förökning: kloning. När forskarna undersökte tångbeståndet längs Östersjökusten fann man att hela kusten mellan Uppland och Umeå domineras av individer från en och samma klon. Hela 80 % av alla individer av *F. radicans* är kloner från samma moderplanta (André et.al., 2007).

Tång som gödningsmedel är godkänt för ekologisk odling och anses vara snabbt växttillgänglig och gynnsamt för tillväxten av markorganismer. Försök visar att jorden förbättras på flera sätt när den gödslas med tång. Haslam och Hopkins (1996) visade i försök från Skottland att porvolymen i jorden ökade signifikant, aggregatens stabilitet likaså. En ökad porvolym medför en bättre vattenhållande förmåga. Tången tillför en ökad kvävehalt till jorden och ett större mikroliv. En anledning till en ökad mikrobiologisk aktivitet är att tillförsel av tång medför färsk grönmassa som behöver brytas ned, vilket leder till att markorganismer (bakterier, svampar, nematoder, maskar, insekter) strömmar till och förökar sig. Markorganismer är själva förutsättningen för att

behålla jordens bördighet. Markorganismerna delas in i markfauna (djur, exempelvis maskar, nematoder, spindlar, leddjur) och markflora (bakterier, svampar, alger). Markfloran kallas även för mikroorganismer för de kan inte ses med blotta ögat. I nedbrytarkedjan av organiskt material i jorden är mikroorganismerna det sista ledet, de omvandlar organiskt material såsom växtdelar, gödsel och kadaver till näring som är tillgänglig för växterna. Utan mikroorganismernas mineraliserande förmåga skulle liv på denna planet inte vara möjligt. Markorganismernas överlevnad och välmående avgörs av tillgång till organiskt material, marktemperatur, markfuktighet, pH-värde och syrehalt (Eriksson, Dahlin, Nilsson, & Simonsson, 2013). Markorganismerna lever i jorden och på växtrötterna i ett symbiotiskt förhållande till sin värdväxt; växten får tillgång till oorganisk näring och syre till rötterna, och i utbyte får markorganismerna socker, enzymer och organiska syror som fungerar som näring för dem. Området 1-3 mm närmast rötterna kallas rhizosfären och där är bakteriemängden avsevärt högre än i jorden längre bort från rötterna. Bakterierna skyddar även växtrötterna från patogena bakterier. Ett känt problem vid användning av tång i odlingssammanhang är den höga salthalten, som ger en ogynnsam miljö för vissa växter och markorganismer. Salthalten är betydligt högre i Nordsjön än i Östersjön, som får sitt vatten främst från bäckar och åar.

Tång används inom odling på flera sätt. Som färsk, helt eller delvis komposterad eller ibland torkad och finfördelad tillförs den jorden som därmed får en högre halt av organiskt material vilket är gynnsamt för mikrolivet i jorden. Även jordens förmåga att bilda stabila aggregat- speciellt i sandiga jordar- förbättras, tången ger ökad porvolym i jorden och tillför både makro- och mikronäringsämnen i en form som är lättillgängliga för växter (Haslam & Hopkins, 1996). Blåstång *Ascophyllum nodosum* är den brunalg som sedan lång tid använts framförallt för att framställa flytande extrakt som används på tre olika sätt: frön doppas i extraktet före sådd och får därmed en förbättrad och tidigare groning, extraktet tillsätts i bevattningssystem i växthus och ger gödning hela säsongen till växtrötterna eller så tillförs extraktet som växtnäring genom att regelbundet sprayas på bladverket (Norrie, 2008; Sabira, o.a., 2014; Sharp, 1987; Stephensson, 1968). Flytande tångextrakt är ett gynnsamt organiskt gödningsmedel innehållande spårämnen, aminosyror, vitaminer, antibiotika, växthormonerna auxin och gibberellin. Odlingsförsök med bl.a. potatis som gjorts i Indien visar att sprayning av bladverket ger större skörd, både räknat i totalvikt och fruktstorlek. Tångextrakt ger även plantorna större motståndskraft mot svampsjukdomar och insektsangrepp och en ökad rotutveckling (Zodape, 2001). Om tångextrakt används vid sådd av frön är det viktigt med rätt koncentration. Vid för starka koncentrationer av tångextraktet dör fröet (Stephensson, 1968; Sabira, o.a., 2014). Sättet att tillföra tånggödseln avgör hur snabbt växten kan tillgodogöra sig näringen. När bladverket duschas med tångextrakt tillgodogörs näringen i växten inom en timme, det är alltså väldigt snabbverkande. Medan en gödselgiva i jorden är långtidsverkande då markorganismerna först behöver bearbeta ämnena och göra dem växttillgängliga för växtrötterna, men dessa är då tillgängliga i veckor, månader och även för nästkommande gröda (Stephensson, 1968).

2.2 Tångodlingens historia

På de brittiska öarna, Irland, Island och på Tasmanien, samt i Danmark, Sverige, Finland, Kanada och andra platser har kunskapen och bruket av tång som gödsel varit känt sedan länge. Några exempel från vårt närområde och fjärran länder följer här.

Bruket av tång i kustnära odling dokumenterades redan 1741 av Carl von Linné, som uppmärksammade bruket av brunalgen *Fucus vesiculosus* i böndernas odlingar under sin Öländska Resa. Linné observerade att öländska bönder körde tånglass från stränderna upp till sina åkrar, där den först lades i högar för att senare spridas ut och plöjas ned i jorden. Där blev tången snabbt till mylla och säden växte bra i den (Gullander, 1970). Vid den svenska jordreformen *Laga Skifte* från 1827 undantogs tångtäkter från att skiftas ut. Målet med jordreformen var att föra ihop alla små plottriga jordtegar i byarna till större sammanhängande åkrar som skulle ligga i närheten av respektive gård. Även ängs- och skogsmarker skiftades, däremot inte torvtäkter och tångtäkter. Dessa blev istället allmänningar där den gemensamma tångtäkten följde noggrant uppsatta regler för att alla jordbrukare skulle ha tillgång till havets gödsel (Båstads kommun, 2008).
I Åboland - skärgården mellan Åland och Finland- har fiskrens, tång och kompost använts som jordförbättring för att skapa odlingsmöjligheter på öar och skär.
På Aran Islands utanför Irland har befolkningen alltid odlat sina grödor i sand och tång, som är det material deras väderutsatta ögrupp har att erbjuda. Potatis, kål, ärter, blomkål, palsternacka, morötter och rabarber växer bra i tångbäddarna (Stephensson, 1968).
I en rapport från Kanadensiska Fishery and Aquaculture Department år 1987 redogörs för de mängder tång av arten Norwegian *Ascophyllum nodosum* som skördas kommersiellt vid stränderna i Nova Skotia (Sharp, 1987). Idén att skörda tång för användning som gödningsmedel inom jordbruket kom till Kanada med immigranter från Europa, som använt tånggödsel i århundraden. Under 1960-80 talen skördades kommersiellt årligen ca 7000 ton (våtvikt) färsk blåstång mellan november och juni. I Kanada användes tången även som djurfoder till höns, får, grisar, kor och hästar och i människoföda i exempelvis såser, snabbmixer, pajfyllningar och tabletter som kosttillskott (Sharp, 1987).

Det är arbetsamt att skörda tång eftersom den med sitt stora vatteninnehåll är tung att hantera. Brittiske W.A. Stephenson beskriver utförligt i sin bok från 1968 hur han efter andra världskriget utvecklade och saluförde sin produkt *Maxicrop,* ett flytande gödningsmedel av tång för trädgårdar och plantskolor. Anledningen till hans tro på tång var att han såg en lösning på hungern i världen, då somliga arter är utmärkta för direktkonsumtion för människor och djur, men också för att han redan 1950 ansåg att det kemiska jordbruket gått för långt och det vore bättre att använda organiska gödningsmedel. Stallgödsel var en bristvara och all tång på de brittiska öarna var en gratisgåva som inte togs till vara fullt ut. Visst hade öborna på Aran Islands alltid använt tång för att anlägga ”lazy beds”, där tång varvad med sand lades uppepå berghällarna och fungerade bra för odling. Men det fanns tusentals ton tång som inte togs till vara. Stephensons produkt var ett tångextrakt som utvanns från nyskördad *Ascophyllum nodosum*. Den måste skördas och tas om hand direkt för att kunna användas som flytande tångextrakt. Den tång som sköljts upp på stränderna är förorenad av sand och består av död eller döende tång och kan inte användas till flytande tångextrakt. Däremot är den idealisk för direkt gödning av jorden (Stephensson, 1968).
I Japan har tångodlingar i havet länge anlagts, inte för att användas som gödsel i grönsaksodlingar på land, utan som färsk grönsak för direktkonsumtion, eller som torkad livsmedel. Japan och Norge var de länder som redan på 1950-talet skördade färsk tång kommersiellt, i stora mängder (Stephensson, 1968).

2.3 Metaller

I jordskorpan finns naturligt metaller som härrör från modermaterialet, berggrunden. I det periodiska systemet framgår att de flesta grundämnen på Jorden utgörs av metaller (Hansén, 2015). Dessa metaller delas in i lätt- och tungmetall beroende på ämnets densitet, med en gräns vid 5 g/ m ³ (Wikipedia, 2015). Termen tungmetall används ofta i betydelsen tunga och speciellt miljöfarliga metaller, till exempel bly (Pb), kvicksilver (Hg), kadmium (Cd) och uran (U). Tungmetaller kan redan i låga koncentrationer vara skadliga för människor och djur. Några är karcinogena, några ger mutationer och hormonstörningar. En egenskap hos tungmetaller är att de ackumuleras i miljön och anrikas i näringsväven: i alger, fisk och skaldjur, säl, rovfågel och människa (Havs och Vattenmyndigheten, 2012). Metaller är grundämnen vilket betyder att de inte kan nybildas eller brytas ned. Människors användning av metaller, gruvbrytning, sopförbränning, eldning av fossila bränslen förflyttar metallerna från dess naturliga ursprung. Vatten och vind sköter de långa transporterna som oftast står utanför mänsklig kontroll. Via luft, regn och vattentillflöden förflyttas metallutsläpp och detta är orsaken till att havets makroalger innehåller tungmetaller (Livsmedelsverket, 2012).

Metallhalterna varierar naturligt i vårt land, eftersom de härrör från berggrunden som inte är densamma överallt. Som exempel kan nämnas att i Jämtland och på Österlen innehåller jordarna halter över genomsnittet av kadmium, koppar, bly, mangan, selen, zink, kvicksilver och arsenik. Detta beror på att berggrunden på dessa platser består av alunskiffer. Mälardalens höga halter av krom, kadmium, koppar, bly och zink beror på att man där har styv lerjord. Samma sak är fallet i Östergötland och delar av Västergötland. Även matjordens humushalt påverkar metallhalterna. Det är högre spårämneshalter i humusjord än i mineraljord. Det innebär att en hög humushalt i jorden, som vi odlare ofta brukar eftersträva, ger höga metallhalter. Detta är fallet i delar av Småland och norra Uppland som har höga halter av kadmium och kvicksilver. Jämtland har också generellt humusrika jordar med höga metallhalter (Eriksson, Andersson, & Andersson, 1997). Förutom dessa geologiska faktorer har åkermarken tillförts tungmetaller från industrier, konstgödsel, utsläpp från trafik och lakvatten från soptippar. Samtidigt som metaller är essentiella näringsämnen för levande organismer är de också giftiga (Eriksson et al., 2013). De tungmetaller som har allvarligast påverkan på människor är bly, kadmium, kvicksilver och arsenik.

Bly skadar njurar, nervsystemet och hjärnan, speciellt hos foster och små barn. Störst exponering för människor via livsmedel som kött, skaldjur, svamp och spannmål. Bensin var tidigare den största utsläppskällan av bly. Nu är det batterier, elektronik, vikter, ammunition och kabelmantling som avger mest bly till miljön.
Kadmium skadar njurar, skelett och lungor, är karcinogent enligt International Agency for Research on Cancer (IARC). Det orsakar lungcancer, lungemfysem och bronkit. Cigarettrökning är den allvarligaste källan till kadmiumexponering, men för en icke-rökare sker >90 % av exponeringen via livsmedel som skaldjur, njure, lever, svamp, spannmål, potatis, grönsaker och ris. Kadmium används i batterier, fosfatgödning, färg, elektronik och flygplan.
Kvicksilver skadar hjärnan, speciellt hos foster och små barn. Den största källan till kvicksilverexponering är fisk och skaldjur, speciellt om dessa fiskats i Östersjön eller i sötvattensjöar. Kvicksilver sprids i naturen främst genom förbränning av kol, men också via utsläpp från industrier, spridning av avloppsslam och från lakvatten vid soptippar. Kvicksilver finns i de amalgamfyllningar som förut användes vid tandlagning.

Arsenik finns i två former; organiskt och oorganiskt. Den oorganiska formen är karcinogent och orsakar cancer i lungor, blåsa och huden. Via ris, vete, mjölk, fisk, vatten, öl och läsk exponeras människor. Barn under tre år och storkonsumenter av ris är särskilt utsatta (Livsmedelsverket, 2015).
Riskreducerande åtgärder har gjorts i Sverige för att minska människors exponering för tungmetaller: 1982 kom ett förbud mot kadmium i färgämnen, 1993 bestämdes ett gränsvärde för kadmium i mineralgödsel, 1994 kom ett förbud mot bly i bensin. Dessa åtgärder har gett önskade resultat, vilket man följer genom återkommande undersökningar av åkermark, hav, livsmedel, djur och människor (Livsmedelsverket, 2012).

2.4 Normala värden och gränsvärden för tungmetaller

I svenska jordbruksjordar varierar halterna av tungmetaller mycket. En undersökning av 2034 matjordsprover fann att medelvärdet för kadmium var 0,24 med ett minsta värde på 0,01 och ett högsta värde på 8,7 mg/kg Ts (Tabell 1). Blyhalterna varierade mellan 3 och 451, med ett medelvärde på 18 mg/kg Ts. Arsenik låg mellan <0,1 och 74 mg/kg Ts, medelvärde 4,3 mg/kg Ts (Naturvårdsverket, 2010).
I Sverige finns gränsvärden för tungmetaller i avloppsslam som ska spridas på åkermark, i kompostjord, i vatten, i luft och i livsmedel. I Jordbruksverkets jämförelse av svenska åkerjordar 2001-2007 hade totalt 15 % av alla jordar halter överstigande gränsvärdena gällande någon eller några metaller. Vanligaste metallen, i 8,4 % av jordarna, var kadmium. Det finns gränsvärden från EG när det gäller slam som ska spridas på åkermark och från Svenska Renhållningsverksföreningen (RVF) när det gäller kompost. Medelvärdena för svenska åkerjordar ligger långt under dessa gränsvärden, men stora lokala skillnader förekommer (Naturvårdsverket, 2010).
Om man betraktar halterna av tungmetaller som förekommer i jord är det inte halterna i sig som är avgörande för om de är skadliga eller ej utan det beror på hur hårt bundna metallerna är i marken samt deras växttillgänglighet. Växttillgängligheten i sin tur påverkas av pH, lerhalt, humushalt och andra faktorer. Kadmium är relativt växttillgängligt och via jordbruksgrödorna får vi det i våra livsmedel. Däremot är bly och kvicksilver inte lika växttillgängligt, växterna får det mesta via deposition direkt på bladytorna. Höga halter av koppar, zink och nickel i jorden ger skadliga effekter på markbiologin (Eriksson et al., 2013).

Tabell 1. Gränsvärden för bly, kadmium och kvicksilver i slam respektive kompostjord samt uppmätta medelvärden i svenska matjordar

Tungmetall mg/kg Ts	EG: slam	RVF: kompost	Medelvärden i matjord	Medelvärdesvariation
Bly	40	100	18	3-451
Kadmium	0,4	1	0,24	0,01-8,7
Kvicksilver	0,3	1	0,042	0,001-0,591

Gränsvärden för livsmedel har tagits fram av World Health Organisation (WHO) och European Food Safety Authority (EFSA). EU vill att alla medlemsstater ska använda sig av EFSA:s gränsvärden, eftersom det rör sig om en gemensam marknad för livsmedel. EU uppmanar sina medlemsländer att fortsätta göra allt för att sänka innehållet av metaller och andra icke önskvärda, hälsovådliga ämnen i livsmedel och dricksvatten. I Sverige är det Livsmedelsverket som förmedlar dessa gränsvärden (Tabell 2).
De gränsvärden som är satta har en säkerhetsmarginal för att även känsliga grupper av befolkningen ska skyddas, exempelvis barn, gravida och kroniskt sjuka. Gränsvärdena, eller högsta tolerabla intag som det även kallas, uppges i mängden mikrogram (µg) per kilo kroppsvikt och vecka. Det innebär att en liten kropp tål mindre exponering än en

stor (EU, 2015). Livsmedelsverket har undersökt svenskars normalexponering av metaller via föda och dricksvatten (Livsmedelsverket, 2012).

Tabell 2. EFSA:s gränsvärden samt svenskars medelintag av metaller, mätt i µg/kg kroppsvikt/vecka.

	Gränsvärde	Medelintag
Bly	25	1,4
Kadmium	7	1,3
Kvicksilver	1,6	0,26
Arsenik	15	16,8

Potatis står för 19 % av medelkonsumentens veckointag av kadmium, 14 % av bly och 2 % av kvicksilver. Observera att alla värden grundas på en medelkonsument, det finns naturligtvis stora individuella skillnader beroende på diet, rökning, bostadsort och arbetsplats. De mängder tungmetaller via livsmedel och dricksvatten som svenska konsumenter får i sig ligger alltså under EU och WHOs gränsvärden, förutom arsenik, som ligger över gränsvärdet. I en jämförelse gjord 2004 mellan ett urval av EU-länder sticker dock Frankrike, Belgien och Italien ut med betydligt högre arsenikexponering än Sverige. Flera Europeiska länder har inget arsenikintag, dessa är Irland, Nederländerna, Norge, Portugal och Grekland (WHO, 2007).

2.5 Spurway- Lawton analys

I odlingssammanhang är det vanligt att låta ett laboratorium göra en Spurway-analys av jorden. Då mäts markvätskans innehåll av lättlösliga näringsämnen samt ledningstal och pH-värde. Spurway-analysen används av växthusodlare, jordbrukare, trädgårdsodlare och golfbaneskötare. Metoden att analysera jordprover i fält uppfanns 1949 av C. H Spurway och K. Lawton (Lawton & Spurway, 1949). Resultatet mäts i mg/liter jord och kallas för SL-tal och motsvarar vad växten kan tillgodogöra sig under en säsong. Detta innebär att en jord som innehåller ett överskott av något näringsämne har en reserv för kommande år. När det gäller mikronäringsämnen är det viktigaste inte den totala mängden i jorden utan snarare tillgängligheten för växterna, vilket alltså visas i en Spurway-Lawtonanalys. Analysmetoden har vidareutvecklats och det finns idag separata riktvärden för olika grödor (Magnusson, Rölin, & Ögren, 2006).

2.6 Potatis

Potatis (*Solanum tuberosum*) har odlats i Sverige sedan 1800-talet. För bästa utveckling behöver potatis en lätt, lucker jord i varmt läge med minimal förekomst av stenar, för att undvika missformade knölar. En sydsluttning är idealisk. Potatis kräver en bra näringstillförsel och viktigast är rätt proportion kväve (N). Är kvävetillgången alltför rik blir resultatet en blöt potatis med dålig transport- och lagringsförmåga, medan kvävebrist ger en mindre skörd. Kalium (K) är en annan viktig näringskälla som är avgörande för knölarnas kvalitet. En god tillgång på kalium motverkar missfärgningar vid stötar och kokning. Den tredje största viktiga näringskällan vid potatisodling är fosfor (P), för att ge knölar med högre halt av torrsubstans, vilket också minskar risk för mörkfärgning. För ett bra odlingsresultat behövs även magnesium (Mg) som ger plantan en ökad motståndskraft mot röta och kalcium (Ca) som ger en förbättrad jordstruktur och en ökad tillgänglighet av de flesta näringsämnen. Kalcium är viktigt för växtens celldelning och cellsträckning. Om jorden innehåller mycket kalcium finns en risk att kalciumet tränger bort kadmium från markpartiklarna och därmed finns mer kadmium tillgängligt för växtrötterna i markvätskan. Av den anledningen bör man inte gödsla potatis med vedaska som är mycket kalciumrik. Mangan (Mn) behövs för en frisk blast

och fotosyntesen. Mangan hämmar *Streptomyces* och andra svampsjukdomar i rötter och skott hos potatis. Vid potatisodling bör jordens pH-värde vara mellan 5 och 6. Förhöjda och även för låga pH-värden i marken ökar risken för att potatisen ska ta upp stora mängder kadmium ur marken (Öhgren, Rölin, Ivarsson, Persson, & Ekerwald, 2003; Eriksson et al., 2013; Mengel & Kirkby, 1982). Potatis som angrips av Streptomyces-bakterier får skorv. Streptomyces gynnas av bland annat av pH-värden över 5,8 (Pettersson & Åkesson, 2011). Potatis är även utsatt för angrepp av bladmögel och cystnematoder. En växtföljd på minst fyra år minskar risken för marksmitta.

Potatis är ett av de viktigaste baslivsmedlen i svenska hushåll. Den klassas enligt EU:s definitioner som en viktig källa till vitamin C, B6, folat, niacin och kalium, då en portion kokt potatis om 175 g innehåller mer än 20 % av rekommenderat dagligt intag av dessa vitaminer (Öhrvik, Mattisson, Wretling, & Åstrand, 2010). Det finns många sorters potatis, en sättpotatisleverantör i Skåne har 50 sorters certifierad sättpotatis i sitt sortiment (Larsviken, 2015). I Sverige och övriga EU-länder säljs endast certifierad, d.v.s. kontrollerad, provodlad och statsplomberad sättpotatis för att garantera att den är fri från virus, röta och skorv (Jordbruksverket, 2015). Om sättpotatisen förgroddas ljust och vid en temperatur på +10-12° C under 4-6 veckor så att knubbiga groddar växer ut innan plantering sparar man värdefull odlingstid. Jorden måste hålla en temperatur om +8° innan potatisen sätts ut. I en kall och våt jord ökar risken att potatisen ruttnar istället för att gro.

2.7 Syfte och avgränsning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka förekomsten av tungmetaller i potatis som odlats i tång. Det resultat som framkommer ska ställas mot de gränsvärden för tungmetaller i livsmedel som finns i Sverige. En undersökning av odlingssubstraten kan möjligen visa om knölarnas tungmetallinnehåll går att härleda till odlingssubstraten. Resultatet av odlingsförsöket kan ge värdefull och användbar information för odlare i kustnära områden med tillgång till tång.

Inom ramen för detta arbete ryms inte att undersöka andra grödor än potatis, inte heller att undersöka tång för direktkonsumtion.

Frågeställning

Detta examensarbete utgår från tre frågeställningar:

1. Innehåller tångodlad potatis tungmetaller, i så fall; vilka?
2. Hur förhåller sig halterna av tungmetaller i detta odlingsförsök till de gränsvärden som ställs av Livsmedelsverket/EU?
3. Är tång ett lämpligt odlingssubstrat för potatisodling?

3. Metod

Arbetet bygger på en förstudie samt ett mindre odlingsförsök. Resultaten i odlingsförsöket redovisas i syfte att undersöka näringsinnehåll och metallförekomst i odlingssubstrat och ätbara delar av grödan.

3.1 Metodval
Efter en tidigare gjord litteraturstudie inom området makroalger och deras effektiva förmåga att ackumulera metaller i sin omgivning blev metodvalet för denna studie en empirisk undersökning i form av ett odlingsförsök.

3.2 Motiv för metodval
Det finns flera dokumenterade försök med tångextrakt, men endast ett fåtal som beskriver tång som odlingssubstrat. Att odla i tång är en sedvänja med tusenåriga anor som inte undersökts vetenskapligt i större utsträckning. De tre forskarna Greger, Malm och Kautsky från universiteten i Stockholm och Kalmar gjorde under 1999-2001 flera odlingsförsök med tång från Ölands kuster (2007). I dessa odlingsförsök användes sallat, rädisor, vete, morötter, bönor, rödbetor, spenat, potatis och ärtor. De fann en stor variation i upptag av metaller mellan olika tångarter och även i överföring till olika grödor. Då ett examensarbete inte har samma resurser som ett forskarlag, men ändå ett intresse av att undersöka tångens upptag av metaller samt hur dessa överförs till en vanligt förekommande gröda, föll valet på att genomföra en mindre studie med endast en gröda. Studien förlades till en geografisk plats med goda möjligheter att genomföra odlingsförsöket.

3.3 Plats för odlingsförsöket
Ett odlingsförsök genomfördes på ön Väddö, i Stockholms norra ytterskärgård under 2015. Väddö ligger på 60 breddgraden och har typiskt öklimat med sena, kalla och nederbördsfattiga vårar. Sommaren är normalt varm och torr. Hösten kommer sent, då det uppvärmda havet förhindrar nedkylning, men brukar bjuda på en del regn. Vintrarna är ofta snörika då ön ligger exponerad för Ålands Hav och snöstormar från både norr och öster. Odlingssäsongen 2015 på Väddö var inledningsvis ovanligt kall, blåsig och regnig.

3.4 Odlingsförsöket
Under våren 2014 insamlades tång som sköljts upp på stränderna under den gångna vintern. Tången lades på hög och fick komposteras och sköljas av regn och snö. Den insamlade tången tillhörde främst arten *Fucus radicans*, smaltång.

Den 12 maj 2015 förbereddes två pallkragar med måtten 120 x 68 x 40 cm (längd x bredd x höjd). Kalla vindar från öster och norr är en odlingsfaktor att ta hänsyn till på ön. Pallkragarna placerades därför i skyddat syd-västläge med en husvägg mot öster och en lä häck mot norr. Pallkragarna placerades direkt på jord i befintligt grönsaksland och bottnades med ett tunt lager pinnar. Den ena pallkragen fylldes därefter med komposterad tång. Den andra pallkragen fylldes med jord från befintligt grönsaksland samt 5 dl hönsgödsel. Den befintliga jorden har odlats ekologiskt i växelbruk i mer än 40 år, den har gödslats med kompostjord, hönsgödsel och färskt gräsklipp. Fyra dagar senare, den 16 maj, sattes sex stycken förgrodda potatisknölar av den tidiga potatissorten ’Cherie’ jämnt fördelade över odlingsytan i vardera pallkrage (Bilaga 1). Sorten ’Cherie’ valdes för att den beskrivs som extremt tidig med mycket kort utvecklingstid och resistens mot potatiskräfta och nematoder. På en skala 1-9 där 1= mycket mottaglig och 9= motståndskraftig får ’Cherie’ 5 för krussjuka, skorv och brunröta, och 3 för bladmögel (Pettersson, 2005). ’Cherie’ är en avlång, rödskalig delikatesspotatis med mycket tunt skal, vilket gör att potatisen oftast äts hel, med skalet kvar (Stubbetorp Potatis, 2015; Svegro, 2015).

Odlingsförsöket pågick mellan den 12 maj och den 21 september 2015.
Dag 16 fanns synlig blast i jordlådan och dag 20 även i tånglådan. Det växte mycket ogräs i jorden men inget alls i tången. Ogräset rensades vid två tillfällen; dag 33 och dag 56. Dag 33 hade odlingssubstraten i båda pallkragarna sjunkit ihop ca 10 cm så jord respektive tång fylldes på upp till kanterna på pallkragarna (kupning). Eftersom det kom rikligt med nederbörd blev bevattning med insamlat regnvatten nödvändig först i månadsskiftet juli-augusti då en värmebölja svepte in över ön. Dag 86 observerades små angrepp av potatisbladmögel i jordlådan. Dessa klipptes bort och fördes bort från odlingen. Trots detta fanns dag 105 potatisbladmögel i större mängd i båda pallkragarna. All blast klipptes av och fördes bort för att undvika jordsmitta och brunröta på knölarna. Ingen potatis hade hunnit blomma (Bilaga 1). Den 21 september, efter 128 dagars odling, skördades all potatis, handtvättades och vägdes. Den förvarades över natten i +6 º för att följande dag paketeras och lämnas vid DHL i Gävle för transport till Eurofins laboratorier i Kristianstad.

3.5 Analyser

Det laboratorium som anlitades för att analysera odlingssubstraten och grödan var Eurofins i Kristianstad. Eurofins är ett ackrediterat laboratorium med flera laboratorier över hela världen som analyserar bl.a. mark, vatten och födoämnen. Det var i samråd med laboratoriet som det bestämdes vilka ämnen som skulle undersökas.
Direkt efter skörd gjordes en livsmedelsanalys av 1,5 kg potatis från vardera odlingssubstrat med avseende på makro- och mikronäringsämnena; fosfor, kalium, kalcium, magnesium, natrium, mangan, zink, bor, järn, aluminium, svavel, kväve samt tungmetallerna kadmium, bly, kvicksilver, koppar och arsenik. Potatisen tvättades och torkades över natten, därefter mixades 5-6 potatisar i matberedare för varje prov. 5-10 g vägdes in i folieformar i inkubator 130° C i två timmar. Proverna fick svalna och vägdes igen. Proverna analyserades därefter på torrsubstans.
Analyser gjordes även av odlingssubstraten, med en Spurway- Lawtonanalys som mäter vad grödan kan tillgodogöra sig under en säsong, med avseende på makro- och mikronäringsämnena; nitratkväve, ammoniumkväve, fosfor, kalium, sulfatsvavel, kalcium, magnesium, mangan, natrium, bor, järn, zink, aluminium samt pH-värde och ledningstal.
En Miljö 2-analys gjordes av odlingssubstraten för att mäta förekomst av tungmetallerna zink, nickel, kadmium, bly, kvicksilver, koppar och krom.

3.6 Markorganismer

Med hjälp av stereolupp iakttogs det markbiologiska livet i odlingssubstraten. En liter av vardera substrat hämtades från 20-25 cm djup i oktober månad, efter avslutad skörd. De båda substraten vägdes eftersom tångkomposten vid en fysiologisk undersökning upplevdes innehålla mer luft än jorden.

4. Resultat

Resultaten redovisas i två delar, där den första delen behandlar resultaten av jordanalysen. I den andra delen redogörs för resultaten av odlingsförsöket och analysen av knölarnas innehåll.

4.1 Jordanalys

Eurofins laboratorier analyserade de båda odlingssubstraten tångkompost och trädgårdsjord som användes i odlingsförsöket (Bilaga 2,3,4,5). Det ser ut att vara stora skillnader mellan substraten; endast kalium- och kalciumvärdena är i närheten av varandra (Tabell 3). Tångkompost hade pH=5,5 och jord pH=7,4. Ledningstalen var 10,8 mS/cm i tångkompost och 1,9 mS/cm i jord.

Tabell 3. Spurway-Lawtonanalys av odlingssubstraten. Värdena anges i mg/liter jord Ts

Näringsämne	**Tångkompost**	**Jord**
Nitratkväve	77	55
Ammoniumkväve	31	<5
Fosfor	110	150
Kalium	500	590
Sulfatsvavel	1600	61
Kalcium	1500	1500
Magnesium	910	200
Mangan	16	1,5
Natrium	300	67
Bor	15	1,6
Järn	4,5	1,3
Zink	4,2	1,3
Aluminium	3,4	1,9

Laboratoriet har även undersökt förekomst av tungmetaller i de två odlingssubstraten (Tabell 4). Tångkomposten tenderade att ha högre halter av nickel och kadmium jämfört med kontrolljorden. Kontrolljorden har å andra sidan verkar ha högre halter av bly, koppar och krom än tångkomposten.

Tabell 4. Miljö 2- analys av metaller i odlingssubstraten. Värdena anges i mg/kg luft.

Metall	**Tångkompost**	**Jord**
Zink	280	260
Nickel	44	10
Kadmium	5,4	0,55
Bly	13	22
Koppar	14	30
Krom	9,6	16
Kvicksilver	0,036	0,036

4.2 Biologiskt liv

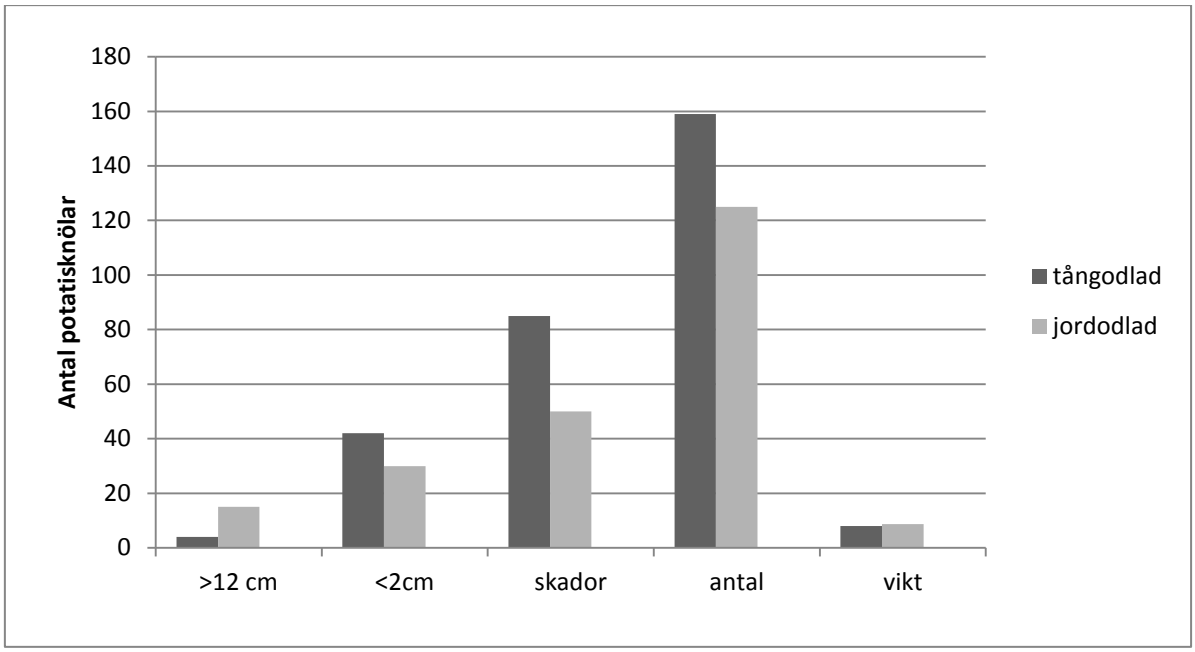
Efter avslutad odling undersöktes de båda odlingssubstraten. En vägning visade en stor viktskillnad då en liter tångkompost vägde 580 gram medan en liter jord vägde 1159 gram. Trädgårdsjord vägde alltså dubbelt så mycket som tångkompost. När proverna studerades i stereolupp fanns också skillnader i antalet marklevande djur. I tångkomposten fanns betydligt fler arter och individer än i jorden. Tångkomposten beboddes av nio organismtyper; gråsuggor, lövmaskar, nematoder, vit mångfoting, minimala hoppstjärtar, daggmask, brun mångfoting, en oidentifierad oval och en oidentifierad tvestjärtsliknande organism. Storleken var < 1 mm -15 mm på de flesta. Lövmaskarna var omkring 20 mm och rikligt förekommande. Flest av varje typ fanns det av lövmask och nematoder, samt gråsuggor. I jordprovet fanns fem organismtyper;

daggmask, nematoder, lövmask, vit och brun mångfoting. Flest av varje typ fanns det av daggmask och vit mångfoting.
Detta är resultatet av användning av stereolupp. Mindre organismer (svampar, bakterier, virus) har inte studerats.

4.3 Odlingsresultat

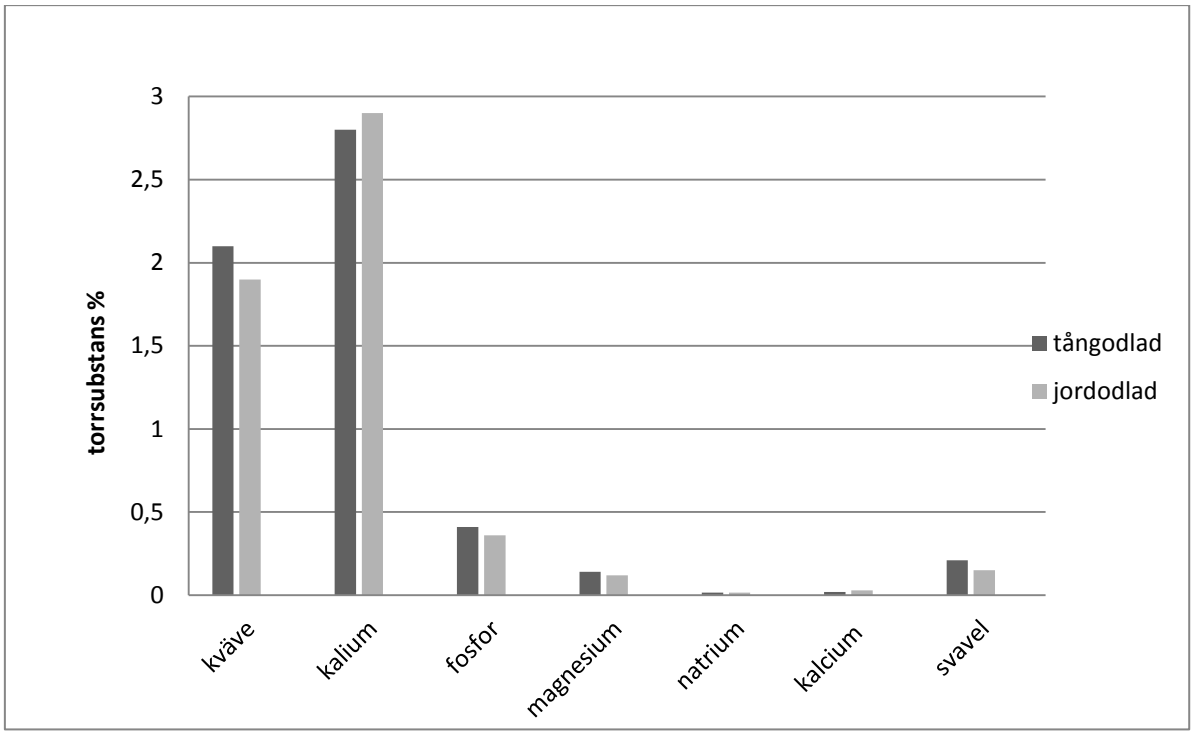
Potatisen som odlades i tångkompost gav mindre och fler knölar än den som odlades i jord. Totalantal vid skörd var 159 respektive 125 stycken, totalvikt 8 kg respektive 8,7 kg (Figur 2). Av den sammanlagda skörden på 16,7 kg kasserades 3,7 kg p.g.a. skador av olika slag. Bland den tångodlade potatisen fanns 50 st. d.v.s. 31 % med solaninskador, medan det bland de jordodlade knölarna fanns 18 st. d.v.s. 14 % med solaninskador. Övriga skador var av mask, snigel eller röta: 5 respektive 2 st. (tång- respektive jordodlad). En del av skörden hade skorv; nät- och fläckskorv (Bilaga 1). Det var 30 potatisar i varje odlingslåda som uppvisade skorv. Storleken på knölarna i de olika odlingsmedierna skilde sig åt; i tången var medianängden 7-8 cm, med endast 4 st. stora >12cm och 42 st. små <2 cm. I jorden var medianängden 9-10 cm, med 15 st. stora > 12 cm och 30 st. små <2 cm (Figur 2).

Figur 1. Tångodlad potatis till vänster, jordodlad potatis till höger.

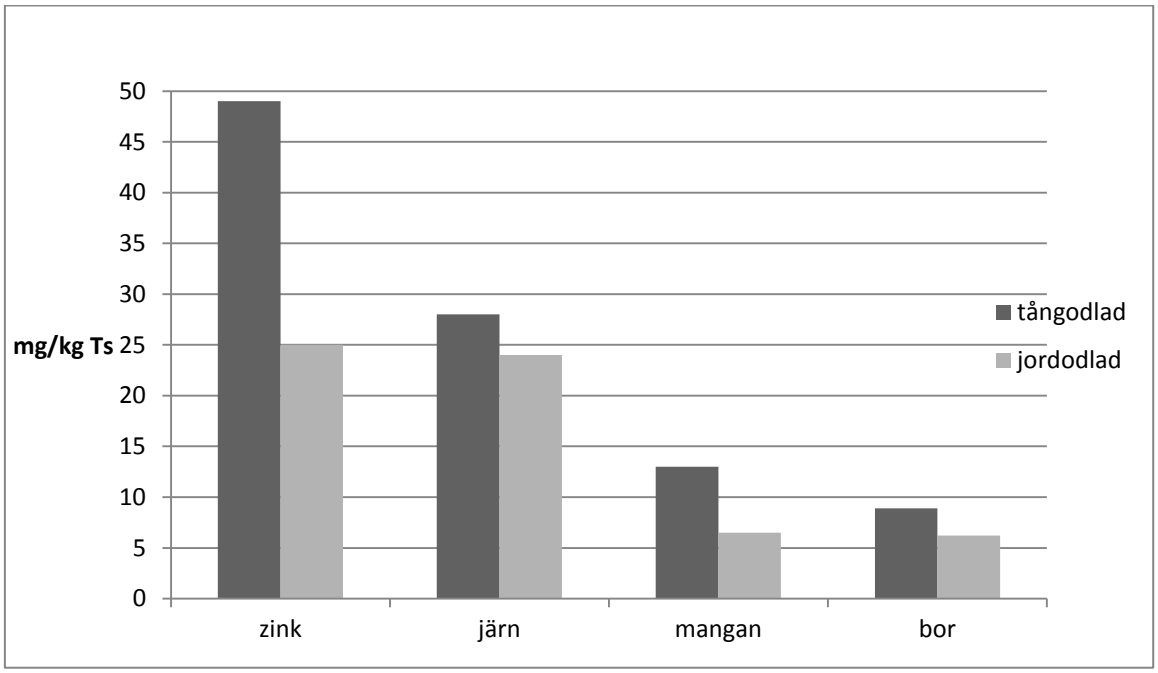


Figur 2. Jämförelse mellan potatis odlad i tång eller jord gällande storlek, skador, antal och totalvikt i kg.

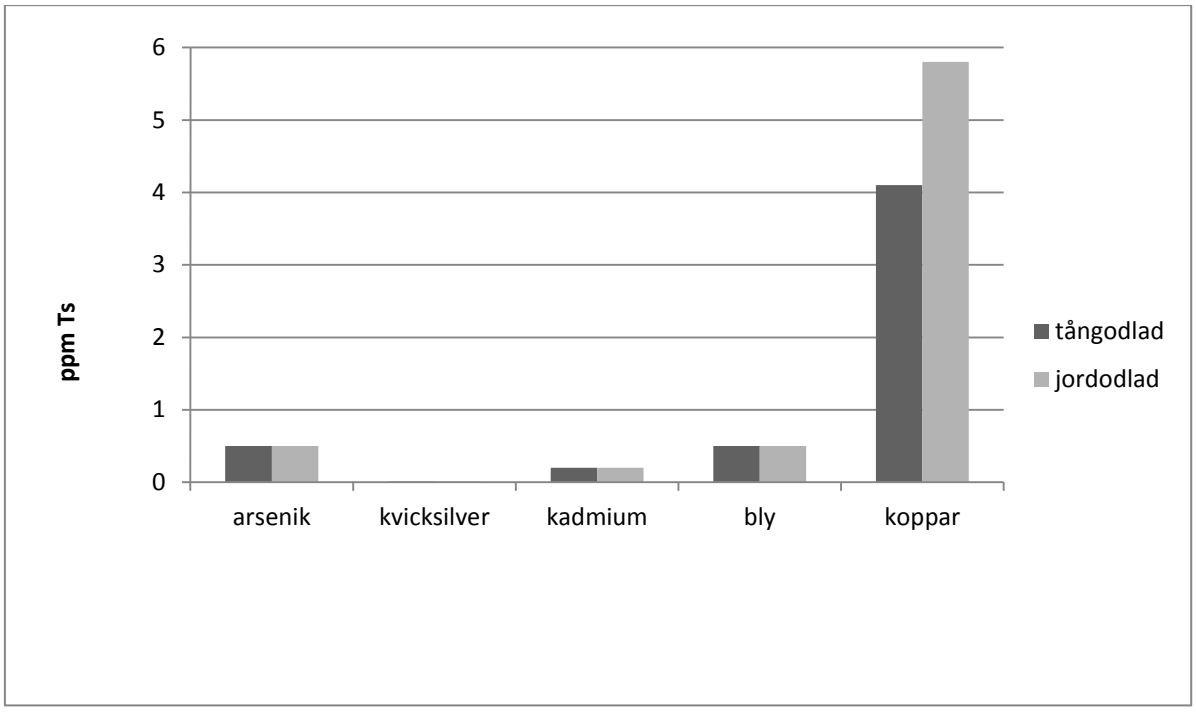
När det gäller knölarnas näringsinnehåll är skillnaderna obetydliga vad gäller makronäringsämnena kväve, fosfor och kalium. Kväveinnehållet är 2,1 respektive 1,9 (tångodlad- jordodlad), fosforinnehållet är 0,41 respektive 0,36 och kaliuminnehållet är 2,8 respektive 2,9 % torrsubstans (Figur 3). Däremot verkar det finnas stora skillnader i mikronäringsämnena mangan, koppar, zink och bor (Figur 4,Figur 5). Den tångodlade potatisen innehåller dubbelt så mycket mangan som de jordodlade, och även dubbelt så mycket zink (Figur 4). Innehållet av tungmetallerna bly, kadmium, kvicksilver och arsenik är identiska i potatisarna från de två odlingarna. Pb <0,5, Cd<0,2, Hg<0,01 och As<0,5 ppm Ts (Figur 5). Halterna av tungmetaller är så låga att de hamnar under laboratoriets lägsta detektionsgräns. Under detta värde är mätosäkerheten för stor för att de ska kunna lämna ett värde.



Figur 3. Potatisknölarnas innehåll av makro- och mikronäringsämnen, mätt i procent (%) torrsubstans, som odlats i tångkompost respektive jord.



Figur 4. Potatisknölarnas innehåll av mikronäringsämnen, mätt i mg/kg torrsubstans, som odlats i tångkompost respektive jord.



Figur 5. Jämförelse av tungmetallförekomst i potatisknölar som odlats i tångkompost respektive jord. Mätenhet ppm Ts.

5. Diskussion

Syftet med detta arbete är att undersöka förekomst av tungmetaller i potatis som odlats i tångkompost. Detta undersöktes i ett odlingsförsök som utfördes sommaren 2015. Koncentrationerna av tungmetallerna Pb, Cd, As och Hg i knölarna låg under laboratoriets detektionsnivå och kan därför inte jämföras med andra resultat. Näringsinnehåll och tungmetallförekomst i odlingssubstraten kommer att diskuteras i förhållande till svenska medelvärden, gränsvärden och resultaten från den stora Öländska undersökningen som beskrivits i metodavsnittet (Greger et al., 2007; Naturvårdsverket, 2010; Öhrvik et al., 2010).

5.1 Jordanalys

5.1.1 pH och ledningstal

Den analysmetod som använts, Spurway-Lawton, är vanlig att använda vid trädgårdsodling och visar den växttillgängliga näringen. Växttillgängligheten beror på jordens egenskaper och kan påverkas av olika odlingsåtgärder. Ett exempel på detta är när man odlar baljväxter i en växtföljd, så sker en större växttillgänglighet av många mikronäringsämnen både för baljväxten och för efterföljande grödor. Detta därför att baljväxternas rotexudat kan sänka pH-värdet närmast rötterna och då ökas tillgängligheten av mikronäringsämnen ur själva jorden. *Rhizobium* bakterier på baljväxternas rötter omvandlar luftkväve till växttillgängligt kväve och får socker från växten i en symbios. Om baljväxterna dessutom lämnas kvar och vänds ner i jorden får efterföljande gröda god och lätt tillgång till de höga halter av mikronäring som finns i grönmassan. *Mykhorriza*svampar är ett annat exempel på hur viktiga markorganismerna är för att göra näringsämnen i marken tillgängliga för växterna. *Mykhorriza* lever på växternas rötter och får därmed tillgång till socker från växten. Genom *Mykhorrizans*

enorma mycelutbredning får växterna tillgång till vatten och näring långt utanför det egna rotsystemets räckvidd (Eriksson et al., 2013).

Beträffande pH-värde och ledningstal i de undersökta odlingssubstraten visade pH=5,5 i tångkompost och pH=7,4 i jord, att jämföra med genomsnittliga svenska jordars pH=6,3 (Naturvårdsverket, 2010). Enligt samma rapport varierar pH-värdet i svenska jordar mellan 4,0 och 8,4. Det rekommenderade pH-värdet vid odling är mellan 5,5 och 6,5, ekologiska odlare rekommenderas att hålla sig vid det lägre pH-värdet. Vid ett odlingsförsök på Öland med olika tångkomposter varierade pH värdet mellan 5,13 och 6,56 (Greger et al., 2007). Bakterien *Streptomyces* som orsakar skorv på potatis gynnas av pH-värden > 5,8 (Pettersson & Åkesson, 2011). Tångkompostens pH 5,5 är med andra ord gynnsamt för ekologisk odling av potatis. Resultaten i detta odlingsförsök visar att knölarna drabbades av skorv i lika stor utsträckning (30 stycken) oavsett vilket odlingssubstrat som använts. De åtgärder som beskrivs för att minska risken för skorv är sortval, långa uppehåll innan potatisen återkommer till samma odlingsbädd, undvika kalk och aska i jorden, undvika halmrik naturgödsel som ökar markens genomluftning, att packa kammarna efter sättning, att bevattna så att jorden hålls fuktig från knölbildning och en månad framåt samt extra gödsling av mangan och magnesium (Olofsson, 1996). I odlingsförsöket på Väddö följdes dessa råd, utom möjligen att den luftiga tångkomposten är att jämföra med halmrikt naturgödsel, och den ökade markgenomluftningen är då gynnsam för skorv. Ingen extra gödsling av mangan eller magnesium gavs, men analysrapporterna visar att båda substraten hade ett överskott av dessa ämnen.

Vid låga pH-värden ökar risken för att växten ska ta upp stora mängder tungmetaller, t.ex. kadmium. Lågt pH försämrar även kvävefixeringen hos jordbakterier som lever i symbios med olika växter (Båth, 2008). Vid höga pH-värden ökar också risken för att växten tar upp stora mängder kadmium, eftersom kalcium förtränger kadmium från markpartiklarna, vilket leder till att mer av det markbundna kadmiumet kommer ut i markvätskan. Resultaten av odlingsförsöket överensstämmer med detta, då tångkompostens höga kadmiuminnehåll inte resulterade i ett högre upptag i knölarna, pga. det låga pH-värdet. Växttillgängligheten av fosfor minskar vid pH > 6 (Båth, 2008). Enligt denna teori borde då växttillgängligt fosfor finnas i större mängd i odlingsförsökets tångkompost med pH 5,5 än i jorden med pH 7,4. Spurway-analysen visar tvärtom att tångkompostens fosfornivå är 110 mg/liter substrat och jordens fosfornivå är 150 mg/liter jord, men denna skillnad är kanske inte signifikant.

Markens innehåll av näringssalter anges i ledningstal (Lt) mätt i mS/cm. Ledningstalet berättar om markens totala mängd av näringssalter men säger inget om vilka ämnen eller vilka halter. Höga halter av näringssalter verkar groningshämmande och kan orsaka saltstress hos växterna som får svårare att ta upp vatten med sina rötter (Jonsson). Ledningstalet i tångkompost visar 10,8 mS/cm, i jord 1,9 mS/cm. Ett riktvärde vid ekologisk odling är 2,5 mS/cm (Homman, Magnusson, & Ögren, 2010). Enligt Eurofins laboratorium är ett ledningstal på 1,0 mS/cm bra, medan Anläggnings-AMA 98 anger 0,15–0,5 mS/cm. Synlig blast observerades fyra dagar tidigare i jord än i tångkompost. Detta kan bekräfta att tångkompostens höga ledningstal verkade groningshämmande. En av tångens egenskaper som brukar lyftas fram är annars dess innehåll av groningsstimulerande växthormoner, framför allt när frön doppas i tångextrakt innan sådd.
Vid höga ledningstal ökar det osmotiska trycket i markvätskan och växterna får svårare att ta upp vatten och de näringsämnen som är lösta däri. Normalt känsliga växter brukar

klara ledningstal upp till 3 mS/cm utan problem (Homman et al., 2010). Eftersom ingen analys gjordes av blasten är det okänt om det höga ledningstalet i tångkomposten orsakat näringsbrister eller saltskador i plantornas växtdelar ovan jord. Visuellt såg blasten grön och frodig ut, bladen hade inga intorkade kanter. Ingen undersökning av rötterna gjordes, så det är okänt om dessa drabbats av rotbränna.
Kontrolljordens ledningstal på 1,9 mS/cm kan anses vara ett bra värde vid odling, medan tångkompostens ledningstal på 10,8mS/cm är alldeles för högt. Det skulle möjligen kunnat sänkas om komposten före odlingsstarten hade sköljts ordentligt med rent vatten, istället för att enbart låta den sköljas av regn och snö, för att få ned salthalten och därmed även ledningstalet. Om tången komposterats längre tid skulle mer salt kunnat sköljas ur tången via nederbörden. Att potatisplantorna i tångkomposten gav en avkastning på 8 kg, att jämföra med 8,7 kg i kontrolljorden, tyder på att näringstillgången var tillräcklig trots det höga ledningstalet.

De potatisar som odlades i tångkompost gav mindre knölar än i kontrollodlingen, trots att de fått likvärdiga odlingsförutsättningar, skötsel och bevattning (Figur 2). Knölarnas storlek beror till stor del på tillgången till kväve och vatten. Orsaken till de små knölarna i tångkomposten kan vara dels det höga ledningstalet som försvårar potatisens vattenupptagning och även tillgången till kväve, dels kan det bero på odlingssubstratens vattenhållande förmåga. Tångkomposten har en högre mullhalt och genomsläpplighet än jorden, så vid samma bevattningsmängd försvinner en större andel vatten vidare ned till bottenmaterialet, där det är onåbart för potatisplantornas rotsystem. Det kan även vara så att sättpotatisen i tångkomposten stimulerades av tångens hormoner och rika markbiologiska aktivitet att sätta många knölar, fler än den sättpotatis som växte i jorden.
Ursprungligen var avsikten att vänta med skörden tills plantorna blommat, vilket är brukligt vid potatisodling, eftersom knölarnas utveckling under jord är kopplad till plantans ovanjordiska utveckling. Men odlingsförsöket avbröts efter 128 dagar p.g.a. potatisbladmögelangrepp (Bilaga 1). Om detta inte hade inträffat, utan försöket fått fortgå tills potatisplantorna blommat, hade knölarna hunnit växa sig större. Två andra faktorer som kunnat förändra odlingsresultatet är om bevattningen skett på annat sätt, så att tångodlingen vattnats oftare eftersom den torkade ut snabbare än jorden. Även kupningen kunde gjorts annorlunda, framförallt i tångodlingen, för att slippa solaninskadad potatis.

5.1.2 Näringsämnen i odlingssubstraten

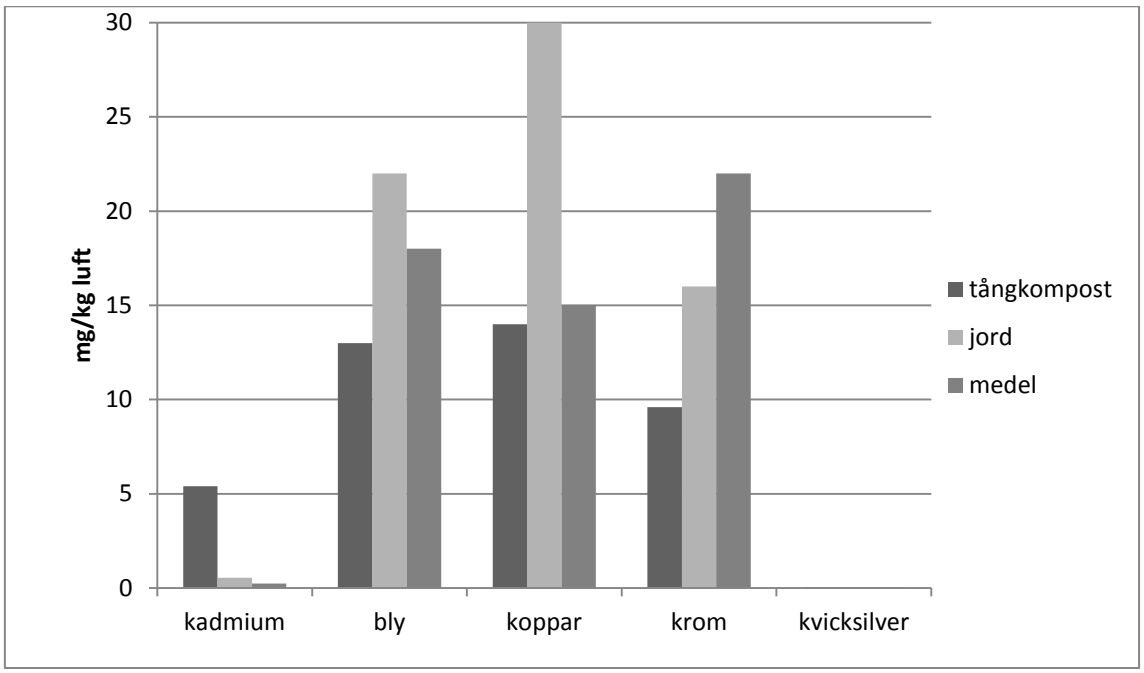
Som ses i Tabell 3 visar jordanalysen stora skillnader i näringsämnen mellan de båda odlingssubstraten. Även vid Ölandsförsöket fanns mycket stora variationer mellan olika tångkomposter och alla hade högre makronäringsinnehåll än jord (Greger et al., 2007).

I det genomförda odlingsförsöket som här redogörs för uppvisar båda substraten ett generellt överskott av makro- och mikronäringsämnen. I kontrolljorden finns ett underskott av ammoniumkväve, medan mangan, järn, aluminium och zink ligger inom det optimala området vid potatisodling (Bilaga 5). I tångkomposten är det inte brist på något, aluminium och pH ligger inom det optimala området för potatisodling och alla andra ämnen finns i stort överskott (Bilaga 4). Tångkompostens höga nivå av mangan 13 mg/kg Ts, jämfört med riktvärdet 1-6 mg/kg Ts avspeglas också i knölarnas tendens till högre manganinnehåll, jämfört med normala värden. Symtomen på toxiska manganhalter i plantorna är bruna, nekrotiska fläckar på äldre blad, ibland omgivna av en klorotisk zon, och en ojämn fördelning av klorofyll. Inga sådana symtom syntes på

plantorna i odlingsförsöket. Kalciumnivåerna i båda odlingssubstraten överstiger riktvärdena, likaså magnesium (Båth, 2003; Magnusson et al., 2006; Mengel & Kirkby, 1982; Öhrvik et al., 2010).
Vägning av substraten indikerar att den fördubblade vikten av jord kontra tångkompost beror på tångens höga mullhalt och porositet.

5.1.3 Tungmetaller i odlingssubstraten

I odlingsförsöket på Väddö undersöktes förekomst av tungmetaller i de två odlingssubstraten. Vid en jämförelse med svenska medeljordar enligt Naturvårdsverket (Figur 6) ligger halterna av krom och kvicksilver lägre i båda odlingssubstraten än medeljordarnas innehåll, vilket är positivt då dessa metaller kan vara skadliga även i låga halter. Tångkomposten har högre halter av zink och kadmium än medeljordarna, men lägre halter av bly och koppar. För kontrolljorden uppmättes högre halter av zink, bly, kadmium och koppar. Vid en närmare granskning av kadmium innehåller tångkomposten 5,4 mg/kg luft, jorden 0,55 mg/kg luft att jämföra med det öländska försöket där de olika tångkomposterna innehöll kadmiumvärden mellan 1 och 1,23 mg/kg luft. Medelvärdet för kadmium är 0,22 mg/kg luft i svenska odlingsjordar (Eriksson et al., 1997). Kadmiumhalterna i tångkomposten på Väddö är med andra ord signifikant högre än de övriga i jämförelsen. Förekomst av arsenik har inte undersökts i substraten från odlingsförsöket, därför är ingen jämförelse möjlig att göra.



Figur 6. En jämförelse av tungmetaller i tångkompost, kontrolljord och i svenska medeljordar (Eriksson et al, 1997). Måttenhet mg/kg luft.

Kadmium är en kritisk tungmetall för odlare, eftersom den lätt tas upp i grödan. Kadmiumhalten i tångkomposten var 5,4 mg/kg Ts, vilket överstiger gränsvärdet på 1 mg/kg Ts (Tabell 5). Detta indikerar att tången hämtats från en plats i Östersjön där vattnet innehåller kadmium, som ackumulerats av tången. Analysresultaten från odlingssubstraten visar att samtliga tungmetaller ligger under gränsvärdena, utom kadmium som i tångkomposten överstiger gränsvärdet för svenska odlingsjordar enligt RVF:s certifieringssystem. Eftersom Sverige inte längre är självförsörjande på livsmedel, utan 50 % av livsmedlen importeras, har det betydelse för konsumenten

också hur de utländska jordarnas närings- och tungmetallinnehåll ser ut (Landgren & Hansson, 2015).

Tabell 5. Metallhalter i tångkompost, kontrolljord, svenska medeljordar och gränsvärde enligt RVF:s certifieringssystem. Mätenhet mg/kg Ts

Ämne	Tångkompost	kontrolljord	medeljord	gränsvärde
Kadmium	5,4	0,55	0,24	1
Krom	9,6	16	22	100
Koppar	14	30	15	600
Bly	13	22	18	100
Zink	280	260	59	800
Kvicksilver	0,036	0,036	0,043	1

5.2 Biologiskt liv

Kraftigt förhöjda halter av zink kan vara negativt för markens biologiska aktivitet och markorganismer (SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket och LRF, 2012). Jämfört med svenska normaljordarnas 59 mg/kg Ts får man väl säga att tångkompostens 280 mg/kg Ts och kontrolljordens 260 mg/kg Ts var kraftigt förhöjda, dock långt under gränsvärdet på 800 mg/kg Ts (Tabell 5). När prover från de båda substraten studerades med stereolupp observerades biologiskt liv i båda proverna, med en tydlig skillnad i antalet individer och arter. Det var fler i tångkomposten, men överlag ganska små till storleken. I jorden fanns färre men större individer. Det hade varit intressant att studera även mikroorganismer, men det har inte gjorts i denna undersökning.

5.3 Odlingsresultat

Valet av potatis som gröda i odlingsförsöket grundades på uppgifter att den var salttålig och att den odlas både i trädgårdar och inom jordbruket. Den är ett viktigt baslivsmedel som konsumeras i stor mängd och därmed får potatisens innehåll av näring och tungmetaller stor påverkan på individen (Livsmedelsverket, 2012).
Livsmedelsverket gjorde 2010 en undersökning av näringsinnehållet i färskpotatis, höstpotatis och storkökspotatis. I den undersökningen låg innehållet av kobolt, nickel, krom och koppar nära detektionsgränserna, medan selen, jod, molybden och bly endast i enstaka prover låg över detektionsgränsen. Potatisens näringshalt påverkas av flera faktorer. Förutom sortval är odlingsplats, väder, gödsel och lagring sådana faktorer (Öhrvik, Mattisson, Wretling, & Åstrand, 2010).
Resultaten för knölar odlade i de båda odlingssubstraten är väldigt lika beträffande kväve, fosfor, kalium och de flesta andra näringsämnen. De största skillnaderna är de tångodlade knölarnas höga innehåll av zink, järn, bor och mangan jämfört med den jordodlade (Figur 4). Dessa skillnader avspeglar odlingssubstratens innehåll av samma substanser, varför skillnaden anses verklig. Innehållet av koppar är lägre i de tångodlade knölarna än i de jordodlade, en skillnad som också återspeglas i odlingssubstratens kopparinnehåll. Vid en jämförelse med Livsmedelsverkets analys av potatisknölar har den tångodlade potatisen högre halter av järn, zink och mangan (Tabell 6) (Öhrvik, Mattisson, Wretling, & Åstrand, 2010). Zink är viktigt för växtens fotosyntes och bildandet av protein och tillväxthormoner, men endast små mängder behövs. Även om höga halter uppmäts i markvätskan är endast 1-4 % av den totala halten växttillgängligt. Koppar och zinkjoner konkurrerar om upptag i växten och även upptaget av fosfor och järn hindras av höga zinkhalter. Mobiliteten av zink i plantan är inte stor, vid höga zinktillgångar ackumuleras zink i rötterna. Vid toxiska nivåer av zink sker en reduktion

av rottillväxt och bladutveckling samt kloros (Eriksson et al., 2013; Mengel & Kirkby, 1982).

Tabell 6. Metallförekomst i tångodlad och jordodlad potatis samt Livsmedelsverkets jämförsvärden (2010). Mätenhet mg/kg våtvikt

	tångodlad	jordodlad	Livsmedelsverket
Järn	5,32	4,56	0
Zink	9,31	4,75	2,2
Koppar	0,000779	0,001102	0,5
Mangan	2,47	1,24	1,5
Bor	1,69	1,18	Inget värde

Det är vanligt med höga halter av bly och kadmium i potatis enligt Livsmedelsverket (2010). I odlingsförsöket på Väddö var dock koncentrationerna av tungmetaller i knölarna under laboratoriets detektionsnivå. Detektionsnivåerna för bly 0,095 µg /kg våtvikt och för kadmium 0,038 µg/ kg våtvikt ligger under EFSA:s gränsvärden för potatis som är 100 µg/kg våtvikt. Potatisknölarna från odlingsförsöket innehöll tungmetaller långt under gränsvärdena. Trots höga kadmiumhalter i tångkomposten togs det inte upp av plantorna pga. det låga pH-värdet.

5.4 Metoddiskussion

Detta odlingsexperiment visar de lokala förhållandena på en specifik plats vid en specifik tidpunkt. På andra platser kan resultaten bli annorlunda, dels pga. att där växer en annan art av tång och dels beroende på hur vattenmiljön på den platsen ser ut. Även den kan förändras över tid, beroende på vilka utsläpp människan gör i vattnet via industrier, samhällen och jordbruk. I detta försök undersöktes inte rötter och blast. Om detta gjorts kunde fler slutsatser dras beträffande hur de höga salthalterna i tångkompost påverkar hela växten. I ett framtida odlingsförsök borde därför analys av potatisens ovanjordiska växtdelar och rötter ingå, förutom odlingssubstrat och knölar. En analys av vattnet som används för bevattning bör också ingå. Om tångkomposten sköljts med rent vatten, för att få ned salthalten innan odlingsförsöket, kunde det ha lett till ett lägre ledningstal. En differentierad bevattning skulle troligtvis också ha förändrat odlingsresultatet. En upprepad kupning i båda odlingslådorna för att förhindra solaninskador är viktigt vid en eventuell upprepning av detta försök. Antalet prover var i detta försök begränsat, med sex potatisar i en odlingslåda och en likadan kontrollodling. Om det ryms i budgeten kan försöksodlingen utökas så att fler prover kan göras i separata odlingskärl. Då kan fler slutsatser dras och det är möjligt att räkna ut standardavvikelser och signifikanta avvikelser kan framträda. Det vore också intressant att studera det mikrobiologiska livet i odlingssubstraten med hjälp av ett mikroskop. En undersökning av odlingssubstratens lerhalt och mullhalt är även de intressanta parametrar vid ett framtida försök. Att planera ett odlingsförsök och försöka förutse hela förloppet så det finns en rimlig chans att fullfölja det över hela odlingstiden, efter rådande förutsättningar av tid, plats, väder, ekonomi och förkunskaper är inte helt enkelt. Men det är mycket lärorikt och spännande.

Slutsatser

Det är möjligt att odla potatis i tångkompost med god avkastning, bara något lägre än i jord, trots ett mycket högt ledningstal i tångkomposten p.g.a. höga halter av sulfatsvavel, magnesium, kalcium och natrium. Med noggrann sköljning av tången innan odlingsstart, kanske i kombination med en ökad bevattning för att skölja ur överskottssalter, borde ledningstalet kunna sänkas. Även om tångkomposten har förhöjda halter av kadmium har de ätbara växtdelarna, knölarna, inte förhöjda halter av kadmium jämfört med EFSA:s gränsvärden för livsmedel.
Ren tångkompost är med sitt höga natrium- och kadmiuminnehåll inte optimalt som odlingssubstrat. Däremot kan det fungera bra som gödsel i befintlig odlingsjord, speciellt om denna är närings- och mullfattig. Det vore väldigt bra för människor, vatten, växter, djur och jord om vi kunde fasa ut konstgödselanvändningen i jordbruk och trädgårdsodling och helt ersätta den med biologiskt gödsel. Där är makroalger i form av tång som skördas ur Östersjön en möjlighet om vi lär oss effektiva metoder att samla, skörda, tvätta, torka och förpacka tången. Kanske mindre fabriker nära växtplatserna skulle fungera. Den lösningen skulle skapa nya arbetstillfällen för boende i kustområdena och möjliggöra ett liv på landsbygden. Förutom nya arbeten skulle vi minska övergödningen i Östersjön och minska fosfatbrytningen i gruvor i andra länder. Fosfat som används vid tillverkning av konstgödsel är en ändlig resurs som redan nått sin peak och kan bytas ut mot makroalger, en oändlig biologisk resurs i vår närhet.

För trädgårdsodlare i kustnära områden med tillgång till tång väntar en flytande näringskälla på att bärgas hem och göda och nära trädgårdsjorden.
Den odlare som har tillgång till tång och vill använda den i sin odling gör klokt i att:

- Använda helt eller delvis komposterad tång hellre än färsk.
- Skölja tången med rent vatten innan användning för att sänka salthalten.
- Blanda tångkompost med jord, hellre än att odla i ren tångkompost.
- Låta ett miljölaboratorium analysera den aktuella tång-jordblandningen.
- Vid osäkerhet undvika att använda tångkompost till grödor som ska ätas, och bara ha den till prydnadsväxter.

Tack

Detta examensarbete hade inte nått sitt mål utan hjälp från flera människor. Speciellt vill jag tacka:

Mina föräldrar, Zaida och Bosse Bjerkendahl, som snickrade odlingslådor, upplät plats för dessa och hjälpte till med skötseln av odlingarna. Extra tack för alla goda måltider ni bjudit mig på! Ert känslomässiga och praktiska stöd i livets alla situationer är ovärderligt för mig.

Trädgårdsmästarna Anette Persson och Mira Rutanen som läste mina första utkast och kom med konstruktiv kritik och välbehövlig teknisk hjälp. Ni är mina gurus i skrivprocessen.

Kristina Homman, rådgivare vid Lantbruksenheten, Länsstyrelsen i Dalarna, som hjälpte mig vidare med kontakter och riktvärden för potatisodling.

Åsa Rölin, hortonom och potatisrådgivare vid Hushållningssällskapet i Skaraborg, som hjälpte mig med matematiken och hur man räknar ut och konverterar olika mätvärden. Dina rapporter som utgivits av Jordbruksverket har också varit bra jämförs material.

Ulla Beckman-Sundh, Med Dr och toxikolog vid Livsmedelsverket i Uppsala, som hjälpte mig att jämföra resultaten i odlingsförsöket med andra försök och gränsvärden för tungmetaller och förstå hur nyttiga eller skadliga potatisarna jag odlat faktiskt är.

Sandra A.I. Wright, PhD vid Högskolan i Gävle, handledare för detta examensarbete, som haft en aldrig sinande uppsjö av förslag på fördjupning och tydliggöranden när jag avvikit från mina frågeställningar och hamnat på intressanta sidospår.

Fredagsklubben, som med samvaro, natur och kultur bidragit till en hälsosam balans mellan nytta och nöje under skrivprocessen. Jag kommer att sakna er!

Christel Bjerkendahl
Ockelbo den 26 november 2015

Litteraturförteckning

André, C., Johannesson, K., & Kautsky, L. (2007). *Snabb evolution i Östersjön.* Forskning & Framsteg nr 3 2007.

Båstads kommun (2008). Översiktsplan 08. Del 2. Båstad: Båstads kommun.

Båth, B. (2003). Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling. i *Ekologisk odling av grönsaker.* Jordbruksverket.

Båth, B. (2008). Växtnäringsförsörjning och gödsling. i *Ekologisk odling av grönsaker på friland.* Jordbruksverket.

Eriksson, J., Andersson, A., & Andersson, R. (1997). *Tillståndet i svensk åkermark; rapport 4778.* Uppsala: Naturvårdsverket.

Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., & Simonsson, M. (2013). *Marklära.* Lund: Studentlitteratur AB.

EU (den 10 11 2015). *EU-lag 1881/2006*. Hämtat från http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:02006R1881-20100701

FAO (den 18 11 2015). *Irrigation Water Management: Introduction to irrigation... .* Hämtat från Food and Agriculture Organization of the United Nations: http://www.fao.org/docrep/r4082e/r4082e08.htm

Forslund, H., Huenchun-ir, C., Johannesson, K., Johansson, D., Kautsky, L., Larsson, K. H., . . . Perus, J. (september 2011). Frequent clonality in fucoids (Fucus radicans and F. Vesiculosus, Fucales, Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *Journal of Phycology*.

Greger, M., Malm, T., & Kautsky, L. (2007). Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *European Journal of Agronomy nr 26*, ss. 257-265.

Gullander, B. (1970). *Linné på Öland. En antologi.* Stockholm: Norstedt & Söner.

Hansén, M. (den 19 11 2015). *Periodiska Systemet*. Hämtat från Periodiska Systemet: http://periodiskasystemet.nu

Haslam, S. F., & Hopkins, D. W. (1996). Physical and biological effects of kelp (Seaweed) added to soil. *Applied Soil Ecology 3*, ss. 257-261.

Havs och Vattenmyndigheten (2012). *God havsmiljö 2020.Marin strategi för Östersjön Del 1:Inledande bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys. Rapport 2012:19.* Havs och Vattenmyndigheten.

Homman, K., Magnusson, M., & Ögren, E. (2010). *Samband mellan odlingsförutsättningar, växtnäring och skörderesultat samt utarbetande av riktvärden för jordanalys i ekologisk tomatodling.* Länsstyrelsens rapportserie 2010:4.

Jonsson, P. (okänt). *Odling av plantor.* Norrköping: Jordbruksverket.

Jordbruksverket. (den 06 11 2015). *Utsädescertifiering.* Hämtat från http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/utsadeochsorter/vadfarduvidkopavcertifieratutsade.4.1cb85c4511eca55276c8000153.html

Landgren, J., & Hansson, R. (2015). *Olja för blåbär. Energi, makt och hållbarhet.* Fri Tanke Förlag.

Larsviken (den 07 11 2015). *Larsviken*. Hämtat från http://larsviken.se/

Lawton, K., & Spurway, C. H. (1949). *Soil testing- A practical System of Soil Fertility Diagnosis.* East Lansing: Michigan State College, Agricultural Experiment Station.

Livsmedelsverket (den 23 02 2012). Livsmedelsverkets föreskrifter. *LIVSFS 2012:3*. Sverige: Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket (2012). *Market Basket 2010-chemical analysis, exposure estimation and health-related assessment of nutrients and toxic compounds in Swedish food baskets.Rapport 7/2012* . Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket (den 14 10 2015). Hämtat från Metaller: http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/metaller1/?_t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d&_t_q=gr%C3%A4nsv%C3%A4rden+tungmetaller&_t_tags=language%3asv%2csiteid%3a67f9c486-281d-4765-ba72-ba3914739e3b&_t_ip=46.195.66.244&_t_hit.id=

Mäder, P., Fliessbach, A., & Niggli, U. (2000). Biodynamisk odling gav rikaste mikrolivet. *Lebendige Erde* nr 4 .

Magnusson, M., Rölin, Å., & Ögren, E. (2006). *Förslag till riktvärden för jord- och plantanalyser i ekologisk grönsaksodling.* Jordbruksverket.

Mårtensson, A., Hambäck, P., Lundegårdh, B., & Ögren, E. (2001). *Odlingssystemets Ekologi. Gröngödsling som mångfunktionellt "redskap" i grönsaksodlingen.* Uppsala: SLU.

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (1982). *Principles of Plant Nutrition, 3rd Edition.* Bern,Switzerland: International Potash Institute.

Naturskyddsföreningen (den 26 10 2015). Hämtat från http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/skoldokument/Workshop%20-%20Trolla%20med%20en%20brunalg.pdf

Naturvårdsverket (2010). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda 2001-2007. Rapport 6349.* Stockholm: Naturvårdsverket.

Norrie, J. (2008). Seaweed research. *Western Fruit Grower*nr 3, s. 48.

Öhgren, E., Rölin, Å., Ivarsson, P., Persson, G., & Ekerwald, L. (2003). Odlingsbeskrivingar för ekologiska grönsaker. i *Ekologisk odling av grönsaker på friland.* Jönköping: Jordbruksverket.

Öhrvik, V., Mattisson, I., Wretling, S., & Åstrand, C. (2010). *Potatis-analys av näringsämnen. Rapport nr 19/2010.* Livsmedelsverket.

Olofsson, B. (1996). Faktablad nr 77 J. i *Faktablad om växtskydd-jordbruk.* Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Organix (den 19 11 2015). *Mikroliv i jorden*. Hämtat från http://www.organixsweden.se/mikroliv-i-jorden/

Pettersson, M.-L. (2005). Faktablad nr 79. i *Faktablad; Trädgård och fritid.* Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Pettersson, M.-L., & Åkesson, I. (2011). *Trädgårdens växtskydd.* Stockholm: Natur & Kultur.

Ringbom, N. (den 25 09 2015). *Historiesajten*. Hämtat från Historiesajten: http://www.historiesajten.se/handelser2.asp?id=32

RVF (2006). *Bedömning av kompostjord. Riktlinjer för jordtillverkning av kompost.* Malmö: RVF.

Sabira, A., Goksuc, N., Karaa, Z., Sabira, F., Yazara, K., & Yazicib, A. (2014). Vine growth,yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as

influenced by seaweed extract (Ascophyllum nodosum) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae nr 175*, ss. 1-8.

SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket och LRF (2012). *Hållbarhet i svenskt jordbruk 2012.* Stockholm: SCB.

Sharp, G. (1987). *Ascophyllum nodosum and its harvesting in Eastern Canada.* Canada: Fishery and Aquaculture Department.

SLU (den 24 10 2015). Hämtat från http://www-vaxten.slu.se/marken/markorga.htm

Stephensson, W. (1968). *Seaweed in Agriculture and Horticulture.* London: Faber and Faber.

Stubbetorp Potatis (den 02 10 2015). Hämtat från http://www.stubbetorppotatis.nu/Cherie.htm

Svegro (den 02 10 2015). Hämtat från http://svegro.se/produkter/potatis/

Vattenkikaren (den 26 10 2015). Hämtat från http://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/biotop/klippeko/klek05.html

Vikens Lantman (den 29 09 2015). Hämtat från Ur lantmännens minnesbank: http://www.vikenslantman.se/images/files/images/pdf/vikens-lantmaen-75-ar-del-2.pdf

WHO (2007). *Health risks of heavymetals from long-range transboundary air pollution.* Tyskland: WHO Europe.

WHO (2009). *Exposure of children to chemical hazards in food.* WHO.

Wikipedia (den 26 11 2015). Hämtat från https://sv.wikipedia.org/wiki/Tungmetall

Zodape, S. (2001). Seaweed as a Biofertilizer. *Journal of Scientific & Industrial Research. Vol.60*, ss. 378-382.

Bilagor

Bilaga 1. Fotografier från odlingsförsök på Väddö, 2015. © Christel Bjerkendahl

Bild 1.150512: Odlingslådorna iordningställs. Tångkompost till vänster, jord till höger. Lådornas mått 120 x 68 x 40 cm.

Bild 2. 150516: Sex stycken förgrodda sättpotatisar i tångkompost.

Bild 3. 150531: Synlig blast i jordlådan.

Bild 4. 150726: Frodig blast i tånglådan.

Bild 5. 150807: Potatisbladmögel i jordlådan.

Bild 6. 150824: Potatisbladmögel även i tånglådan.

Bild 7. 150824: Drabbad potatisplanta i tånglådan.

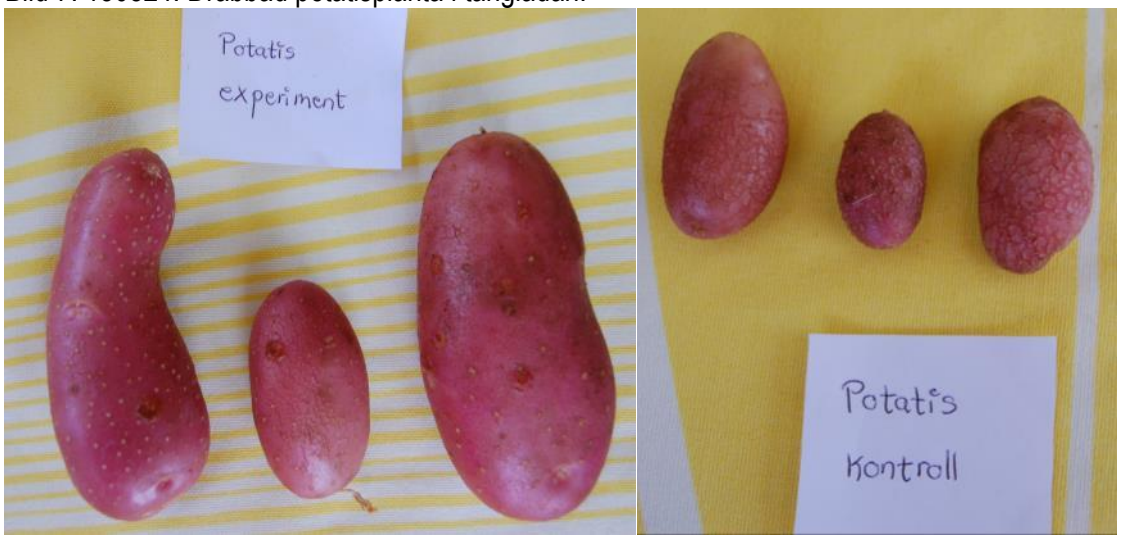


Bild 8. 150921: Skorv på tångodlade knölar till vänster och jordodlade till höger.

Bilaga 2. Analysrapport Eurofins: tång.

Analysrapport

eurofins

Högskolan i Gävle
Christel Bjerkendahl
Humlevägen 14
816 30 Ockelbo

Rapport utfärdad av ackrediterat laboratorium
Report issued by Accredited Laboratory

SWEDAC ACKREDITERING

Journalnr	JV003013-15		Sida 1 (1)
Kundnr	8497807-2067828		
Provtyp	Jord och substrat		
Uppdragsmärkning	Ref. saawrt-6213		
		Provet ankom	2015-09-24
		Analysrapport klar	2015-10-07
Provets märkning	Tång		

	Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	Ort
	pH	5.5		± 0.3	SS-ISO 10390:2007	KFA
	Ledningstal	10.8		± 15 %	SLK-MI-07, 1964	KFA
*	Nitratkväve (Spw)	77	mg/l			KFA
*	Ammoniumkväve (Spw)	31	mg/l			KFA
*	Fosfor (Spw)	110	mg/l			KFA
*	Kalium (Spw)	500	mg/l			KFA
*	Sulfatsvavel (Spw)	1600	mg/l			KFA
*	Kalcium (Spw)	1500	mg/l			KFA
*	Magnesium (Spw)	910	mg/l			KFA
*	Mangan (Spw)	16	mg/l			KFA
*	Natrium (Spw)	300	mg/l			KFA
*	Bor (Spw)	15	mg/l			KFA
*	Järn (Spw)	4.5	mg/l			KFA
*	Zink (Spw)	4.2	mg/l			KFA
*	Aluminium (Spw)	3.4	mg/l			KFA
	Zink (HNO3)	280	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Nickel (HNO3)	44	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Kadmium (HNO3)	5.4	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Bly (HNO3)	13	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Koppar (HNO3)	14	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Krom (HNO3)	9.6	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
*	Kvicksilver (HNO3)	0.036	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/PSA med kallförångn	KFA

See Mei Ngo
Rapportansvarig

Bilaga 3. Analysrapport Eurofins: jord.

Analysrapport

Högskolan i Gävle
Christel Bjerkendahl
Humlevägen 14
816 30 Ockelbo

Rapport utfärdad av ackrediterat laboratorium
Report issued by Accredited Laboratory

Journalnr	JV003012-15		Sida 1 (1)
Kundnr	8497807-2067828		
Provtyp	Jord och substrat		
Uppdragsmärkning	Ref. saawrt-6213		
		Provet ankom	2015-09-24
		Analysrapport klar	2015-10-07
Provets märkning	Jord		

	Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	Ort
	pH	7.4		± 0.3	SS-ISO 10390:2007	KFA
	Ledningstal	1.9		± 15 %	SLK-MI-07, 1964	KFA
*	Nitratkväve (Spw)	55	mg/l			KFA
*	Ammoniumkväve (Spw)	<5	mg/l			KFA
*	Fosfor (Spw)	150	mg/l			KFA
*	Kalium (Spw)	590	mg/l			KFA
*	Sulfatsvavel (Spw)	61	mg/l			KFA
*	Kalcium (Spw)	1500	mg/l			KFA
*	Magnesium (Spw)	200	mg/l			KFA
*	Mangan (Spw)	1.5	mg/l			KFA
*	Natrium (Spw)	67	mg/l			KFA
*	Bor (Spw)	1.6	mg/l			KFA
*	Järn (Spw)	1.3	mg/l			KFA
*	Zink (Spw)	1.3	mg/l			KFA
*	Aluminium (Spw)	1.9	mg/l			KFA
	Zink (HNO3)	260	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Nickel (HNO3)	10	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Kadmium (HNO3)	0.55	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Bly (HNO3)	22	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Koppar (HNO3)	30	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
	Krom (HNO3)	16	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/ICP-OES	KFA
*	Kvicksilver (HNO3)	0.036	mg/kg luft	± 15 %	SS028311/PSA med kallförångn	KFA

See Mei Ngo
Rapportansvarig

Förklaring till förkortningar och *, se omstående sida.

Bilaga 4. Bilaga till Spurway-analys av tång.

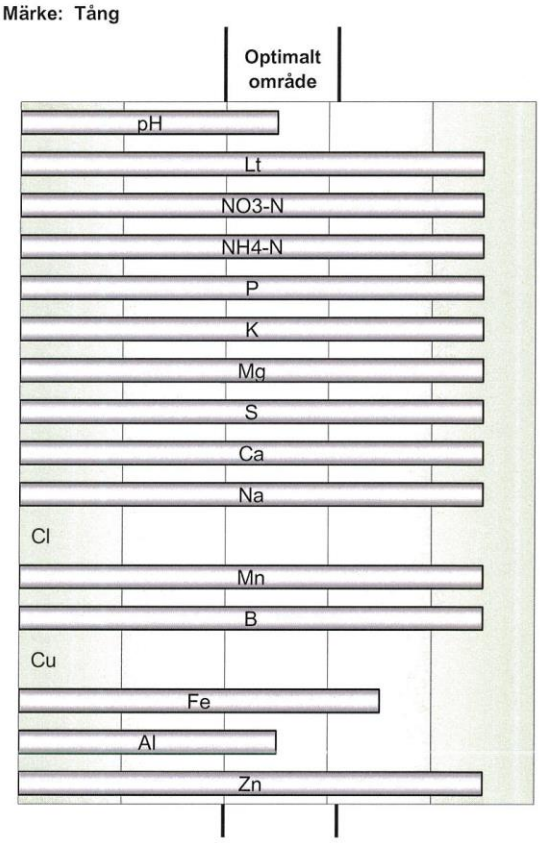
Bilaga till Spurway

eurofins

Ankom lab 2015-09-24
Rapportdatum 2015-10-07
Kundnummer: 8497807

Provnummer: JV003013-15 **Märke: Tång**

Ämne	Data för Potatis	
pH	5,5	
Ledningstal	10,8	
Nitratkväve	77	mg/l
Ammoniumkväve	31	mg/l
Fosfor	110	mg/l
Kalium	500	mg/l
Magnesium	910	mg/l
Svavel	1600	mg/l
Kalcium	1500	mg/l
Natrium	300	mg/l
Klorid		mg/l
Mangan	16	mg/l
Bor	15	mg/l
Koppar		mg/l
Järn	4,5	mg/l
Aluminium	3,4	mg/l
Zink	4,2	mg/l



Analysansvarig: See Mei Ngo

Bilaga 5. Bilaga till Spurway-analys av jord.

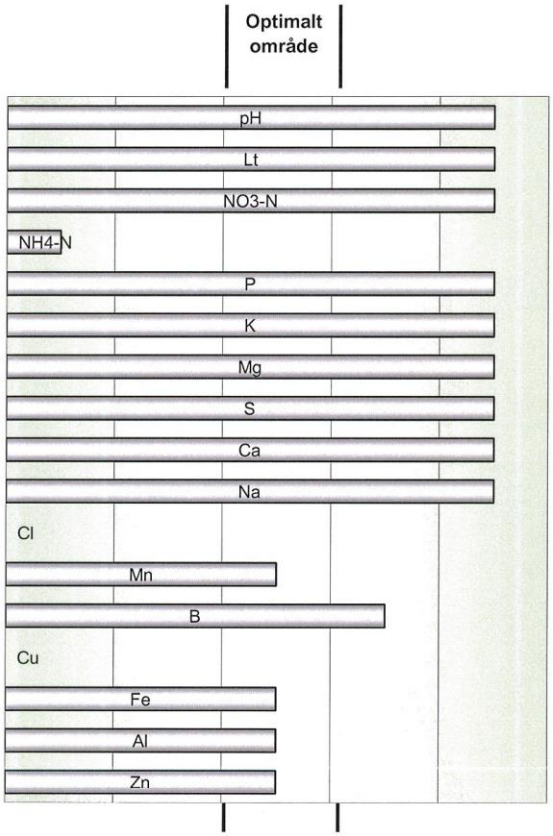
Bilaga till Spurway

eurofins

Ankom lab 2015-09-24
Rapportdatum 2015-10-07
Kundnummer: 8497807

Provnummer: JV003012-15 **Märke: Jord**

Ämne	Data för Potatis	
pH	7,4	
Ledningstal	1,9	
Nitratkväve	55	mg/l
Ammoniumkväve	<5	mg/l
Fosfor	150	mg/l
Kalium	590	mg/l
Magnesium	200	mg/l
Svavel	61	mg/l
Kalcium	1500	mg/l
Natrium	67	mg/l
Klorid		mg/l
Mangan	1,5	mg/l
Bor	1,6	mg/l
Koppar		mg/l
Järn	1,3	mg/l
Aluminium	1,9	mg/l
Zink	1,3	mg/l



Analysansvarig: See Mei Ngo

Bilaga 6. Analysrapport Eurofins: tångodlad potatis.

Analysrapport

eurofins

Högskolan i Gävle
Christel Bjerkendahl
Humlevägen 14
816 30 Ockelbo

Rapport utfärdad av ackrediterat laboratorium

Report issued by Accredited Laboratory

Journalnr	VX000756-15		Sida 1 (1)
Kundnr	8497807-2067825		
Provtyp	Växtanalyser i övriga grödor		
Uppdragsmärkning	saawrt-6213		
Sort	Potatisövr	Provtagningsdatum	2015-09-25
		Provet ankom	2015-09-25
		Analysrapport klar	2015-10-02
Provets märkning	potatis experiment		

	Analysnamn	Resultat	Enhet	Mätо.	Metod/ref	Ort
	Fosfor P	0.41	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Kalium K	2.8	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Kalcuim Ca	<0.02	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Magnesium Mg	0.14	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Natrium Na	<0.015	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Mangan Mn	13	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Koppar, Cu	4.1	ppm Ts	± 20 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Zink Zn	49	mg/ kg Ts	± 20 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Bor B	8.9	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Järn Fe	28	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Aluminium Al	<15	mg/ kg Ts	± 40 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Svavel S	0.21	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
	Kväve Kjeldahl	2.1	% Ts			KFA
*	Bly, Pb	<0.50	ppm Ts		NMKL 161 1998 mod	KFA
*	Kadmium, Cd	<0.20	ppm Ts		NMKL 161 1998 mod	KFA
*	Kvicksilver Hg	<0.010	ppm TS	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
*	Arsenik As	<0.50	ppm		NMKL 161 1998 mod	KFA

Barbro Johnsson
Rapportansvarig, 010-4908447
Denna rapport är elektroniskt signerad

Förklaring till förkortningar och *, se omstående sida.

Bilaga 7. Analysrapport Eurofins: jordodlad potatis.

Analysrapport

eurofins

Högskolan i Gävle
Christel Bjerkendahl
Humlevägen 14
816 30 Ockelbo

Rapport utfärdad av ackrediterat laboratorium

Report issued by Accredited Laboratory

Journalnr	VX000755-15		Sida 1 (1)
Kundnr	8497807-2067825		
Provtyp	Växtanalyser i övriga grödor		
Uppdragsmärkning	saawrt-6213		
Sort	Potatisövr	Provtagningsdatum	2015-09-25
		Provet ankom	2015-09-25
		Analysrapport klar	2015-10-02
Provets märkning	potatis kontroll		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mätо.	Metod/ref	Ort
Fosfor P	0.36	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Kalium K	2.9	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Kalcuim Ca	0.03	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Magnesium Mg	0.12	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Natrium Na	<0.015	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Mangan Mn	6.5	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Koppar, Cu	5.8	ppm Ts	± 20 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Zink Zn	25	mg/ kg Ts	± 20 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Bor B	6.2	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Järn Fe	24	mg/ kg Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Aluminium Al	<15	mg/ kg Ts	± 40 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
Kväve Kjeldahl	1.9	% Ts			KFA
Svavel S	0.15	% Ts	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
* Kadmium, Cd	<0.20	ppm Ts		NMKL 161 1998 mod	KFA
* Bly, Pb	<0.50	ppm Ts		NMKL 161 1998 mod	KFA
* Kvicksilver Hg	<0.010	ppm TS	± 15 %	NMKL 161 1998 mod	KFA
* Arsenik As	<0.50	ppm		NMKL 161 1998 mod	KFA

Barbro Johnsson

Rapportansvarig, 010-4908447

Denna rapport är elektroniskt signerad