



Mer växtkraft i trädgårdslandet med bokashi?

– Ett jämförande odlingsförsök med bokashi, traditionell kompost, BSF-kompost och biogödsel

More vitality in the garden land with bokashi? – A comparative pot trial with bokashi, traditional compost, BSF-compost and biofertilizer

Sara Norberg

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för mark och miljö
Markvetenskap - Kandidatprogram
Serietitel, arbetets nummer i serien • 2022:15
Uppsala 2022



Mer växtkraft i trädgårdslandet med bokashi? – Ett jämförande odlingsförsök med bokashi, traditionell kompost, BSF-kompost och biogödsel

More vitality in the garden land with bokashi? - A comparative pot trial with bokashi, traditional compost, BSF-compost and biofertilizer

Sara Norberg

Handledare: Sigrun Dahlin, SLU, mark och miljö
Bitr. handledare: Anna Mårtensson, SLU, mark och miljö
Examinator: Dan Berggren Kleja, SLU, mark och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i markvetenskap
Kurskod: EX0950
Program/utbildning: Markvetenskap - Kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för mark och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Omslagsbild: Sara Norberg
Delnummer i serien: 2022:15
Nyckelord: EM, återvinning, matavfall

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för mark och miljö

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.

Sammanfattning

Att ta vara på matavfall från hushållen är viktigt för att ställa om till ett hållbart samhälle med cirkulära system för näringsämnen och energi. Hemkompostering nämns i EU:s direktiv om avfallshantering som en metod för att återvinna bioavfall där det uppstår. Ett alternativ till kompostering är bokashi, en metod som fått mycket uppmärksamhet i Sverige de senaste åren. Med bokashi menas då att matavfall från hushåll fermenteras i hink inomhus med hjälp av så kallade effektiva mikroorganismer, EM. När processen är klar grävs materialet ner i jorden och sägs ge en rad fördelar vid odling såsom bättre groningen, fruktbildning och fantastisk växtkraft, särskilt i jämförelse med traditionell kompostering.

De flesta kommuner i Sverige har system för att samla in matavfall från hushåll, och rötning är den vanligaste metoden för att behandla matavfall. Genom utvinning av biogas och biogödsel tas både näring och energi tillvara vid rötningsprocessen. Det finns också andra tekniker, och mycket forskning pågår kring olika metoder att hantera organiskt avfall. Black Soldier Fly (BSF)-kompost är ett exempel, där fluglarver omvandlar organiskt material till produkter som kan användas till bland annat djurfoder och gödselmedel.

Försöket var ett tvåfaktoriellt odlingsförsök där två slags bladgrönsaker testades med nio olika behandlingar med vardera fyra replikat. Effekten av fyra olika bokashimaterial testades; med och utan EM samt två olika ursprungsmaterial. Dessutom testades två olika tillförselmetoder, homogent blandad i jorden och tillsatt i klump. Bokashimaterialen jämfördes även med traditionell kompost, biogödsel och BSF-kompost. Av de nio behandlingarna var två kontroller, en utan näringstillägg, och en med mineralgödsel (NPK). Fem försöksparametrar undersöktes: (i) groningen, (ii) döda plantor, (iii) skattad vitalitet, (iv) SPAD-värde och (v) biomassa.

Resultaten visade inga signifikanta skillnader för bladgrönsaker som behandlats med bokashi där EM tillsatts jämfört med bokashi utan EM, men en trend sågs där karaktären på ursprungsmaterialet påverkade resultatet. Bokashi som var skapat av kattmat och potatis samt var finfördelat gav ett något bättre resultat jämfört med bokashi som skapats av matavfall från hushåll och var grovt fördelat. Behandling med biogödsel gav mycket bra växtkraft och även BSF-kompost och bokashin där ursprungsmaterialet finfördelats väl innan tillverkning fungerade bra. Studien visade mycket liten skillnad mellan bokashi och kompost som tillverkats av liknande material, av 16 jämförelser var endast ett resultat signifikant bättre för bokashi jämfört med kompost.

Slutsatserna av studien är att bokashi som gödsel- och jordförbättringsmedel kan ge god växtkraft vid odling oavsett om EM tillsätts eller ej, men kvaliteten påverkas av ursprungsmaterialets innehåll eller grad av finfördelning. Andra studier har visat att goda odlingsresultat med bokashi ofta beror på ursprungsmaterialets innehåll av kväve. Dock behövs mer forskning kring bokashi och EM, då många av de studier som publicerats är motstridiga.

För en omställning till ett cirkulärt system för näring är det viktigt att matavfall från hushåll återvinns och ersätter konstgödsel. För hushållen är kommunal insamling för behandling genom rötning till biogas och biogödsel att föredra då det är en väl beprövad metod med miljömässigt hållbara fördelar, men även kompostering och bokashi kan fungera som metod för hushållen att omvandla matavfall till gödsel- och jordförbättringsmedel.

Nyckelord: EM, återvinning, matavfall

Abstract

Managing food waste from households is important for converting to a sustainable society with circular systems for nutrients and energy. Home composting is mentioned in the EU directive on waste management as a method for recycling biowaste where it is generated. An alternative to composting is bokashi, a method that has received a lot of attention in Sweden in recent years. This method treats food waste from households, in a bucket directly in the kitchen, through fermentation with so called effective microorganisms, EM. When the process is complete, the organic matter is buried in the soil. The method claims to provide several benefits during cultivation, such as better germination, fruiting, and crop vitality, especially in comparison with traditional compost.

Most municipalities in Sweden have systems for collecting food waste from households and anaerobic digestion is the most common treating method for food waste. The process recycles both nutrients and energy as it produces biogas and biofertilizer. There are also other technologies for treating organic waste and a lot of research is in progress. Black Soldier Fly (BSF)-compost is one example, where fly larvae convert organic matter to animal food and fertilizers.

The experiment was a two-factor pot-trial where two kinds of leafy vegetables were tested with nine different treatments with four replicates each. The effect of four different bokashi materials was tested; with and without EM, and with two different feedstocks. In addition, two different application methods were tested, homogeneously mixed with soil, and added in a cohesive lump. The bokashi materials were compared with traditional compost, biofertilizer from anaerobic digestion and BSF-compost. Another two treatments were controls, one without nutritional supplement, and one with mineral fertilizer (NPK). Five experimental parameters were examined: (i) germination, (ii) dead plants, (iii) estimated vigor of the plants, (iv) SPAD value and (v) biomass.

The result showed no significant differences for leafy vegetables treated with bokashi where EM was added compared to bokashi without EM, but a trend was seen where the properties of the feedstock affected the result. Bokashi that was made of cat food and potatoes and was finely chopped before production worked better as fertilizer than bokashi made of food waste from household and was coarsely chopped. Treatment with biofertilizer from anaerobic digestion gave very well-developed plants. BSF-compost and bokashi made by finely chopped organic matter also worked well. The study showed very small differences between bokashi and compost made from similar materials, out of 16 comparisons, only one result was significantly better for bokashi compared to compost.

The conclusions of the study are that bokashi as a fertilizer and soil improver can be used to give good growth during cultivation both with and without EM, but the quality is affected by the composition of the origin material or degree to which the original material is chopped. Other studies have shown that good cultivation results with bokashi often depend on the content of nitrogen in the organic matter. However, more research about bokashi is needed as many of the published studies are contradictory.

For an adaption to a circular system for nutrients, it is important that food waste from households is recycled and replaces artificial fertilizers. Municipal collection for treatment through anaerobic digestion to biogas and biofertilizer is to prefer because it is a well proven method with environmentally sustainable benefits but composting and bokashi can also work as method for the households to manage of food waste for conversion to fertilizer and soil improver.

Keywords: EM, recycling, food waste

Förord

Detta kandidatarbete kunde göras mycket tack vare två tidigare studentarbeten om bokashi vid institutionen för mark och miljö på Sveriges lantbruksuniversitet. Jag vill rikta ett varmt tack till Kajsa Hillberg och Rebecka Thorslund som genomfört de båda systerstudierna till denna, och som tillsammans med Sigrun Dahlin och Anna Mårtensson gjort det möjligt för mig att använda de bokashimaterial som skapades för de första studierna.

Jag vill också tacka forskargruppen som arbetar med kretsloppsteknik vid institutionen för energi och teknik på SLU för materialet till BSF-komposten och Annika Nordin och Viktoria Wiklicky för intressanta litteraturtips och arbetet med att förbereda och kompostera BSF-materialet så att jag kunde använda det. Stort varmt tack också till Olof Sundström för ditt pedagogiska stöd i labbet och med beräkningarna. Jag vill också särskilt tacka min handledare Sigrun Dahlin för ditt engagemang och för att du så tålmodigt och uppmuntrande givit mig tydlig feedback och inspiration till kunskapsutveckling.

Slutligen vill jag också tacka min pappa, Hans Fredin, för att du lärt mig att älska Excel.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	10
Figurförteckning	11
Förkortningar	13
1. Inledning	14
1.1. Syfte	17
2. Bakgrund	18
2.1. Avfall och återvinning av näring - reviderade EU- direktiv	18
2.2. Varför så viktigt att återföra näring?	19
2.3. Mängder och hantering av matavfall i Sverige	19
2.4. Gödsel och jordförbättringsmedel från matavfall	20
2.4.1. Bokashi och EM®	20
2.4.2. Traditionell kompost	26
2.4.3. Biogödsel	27
2.4.4. BSF-kompost	28
2.5. Vilka egenskaper i en odlingsjord påverkar växtkraft och skörd?	29
2.6. Markecosystemet och markorganismernas nedbrytning av organiskt material	30
2.7. Mineralisering, immobilisering och C/N-kvotens betydelse för nedbrytning av växtnäring	32
2.8. Redoxprocesser i marken	32
3. Material och metod	34
3.1. Försöksupplägg	34
3.2. Gödselmedlen	35
3.2.1. Bokashimaterialen	35
3.2.2. Kompostmaterialet	36
3.2.3. Biogödseln	37
3.2.4. BSF-komposten	37
3.3. Jorden	38
3.4. Kemiska analyser och beräkning av gödselgivor	38

3.4.1.	Kemiska analyser.....	38
3.4.2.	Skattning av kvävebehov.....	39
3.4.3.	Skattning av N-mineralisering.....	40
3.4.4.	Beräkningar av gödselgivor.....	40
3.4.5.	Sådd och skötsel av försöket.....	43
3.5.	Försöksparametrar som undersöktes.....	44
3.5.1.	Groning och döda plantor.....	44
3.5.2.	Utvecklingstendenser och skattad vitalitet.....	44
3.5.3.	SPAD-värden.....	45
3.5.4.	Biomassa.....	45
3.6.	Statistiska analyser.....	45
4.	Resultat.....	46
4.1.	Groning och döda plantor.....	46
4.2.	Utvecklingstendenser och skattad vitalitet.....	47
4.3.	SPAD-värden.....	53
4.4.	Biomassa.....	54
5.	Diskussion.....	55
5.1.	Försökets tillförlitlighet.....	55
5.2.	Ursprungsmaterialets betydelse för kvaliteten på bokashin.....	56
5.3.	Ger bokashi mer växtkraft i trädgårdslandet jämfört med kompost?.....	57
5.4.	Bokashi i jämförelse med biogödsel och BSF-kompost.....	58
5.5.	Vilken betydelse har EM för bokashins kvalitet?.....	58
5.6.	Blanda med jord eller bara gräva ner?.....	60
5.7.	Bokashi – En hållbar metod för svenska hushåll?.....	60
5.7.1.	Är bokashi mer klimatsmart och miljövänlig jämfört med kompost?...60	
5.7.2.	Bokashimetoden jämfört med kompostering i praktiken.....	61
6.	Slutsatser.....	63
	Referenser.....	64

Tabellförteckning

Tabell 1. Försökets behandlingar samt de beteckningar som används för behandlingarna i rapporten. NPK står för kväve, fosfor och kalium, EM för "effektiva mikroorganismer" och BSF för Black Soldier Fly.	35
Tabell 2. Kvävemängder i gödselmedlen samt hur stor del av kvävebehovet som förväntas tillgodoses i de olika försöksleden för basilika beräknat utifrån ett uppskattat kvävebehov per planta på 96 mg.	41
Tabell 3. Kvävemängder i gödselmedlen samt hur stor del av kvävebehovet som förväntas tillgodoses i de olika försöksleden för mangold beräknat utifrån ett uppskattat kvävebehov per planta på 204,8 mg.	42
Tabell 4. Skattningssystem för observationer 9 veckor efter sådd. Alla försöksled observerades och gavs poäng efter skattningsskalan. Poängen för varje egenskap (bladfärg, bladstorlek och frodighet) summerades och ett medelvärde för varje försöksled beräknades och fick representera skattad vitalitet. Poängsumman för skattad vitalitet kunde alltså anta värden mellan 3 och 13.	44
Tabell 5. Skattad vitalitet (observationer av tre egenskaper; bladfärg, bladstorlek och frodighet) för nio veckor efter sådd för mangold som behandlats med olika gödsel. Poängsumma max 13 och min 3 poäng. (NPK=mineralgödsel, BEM=bokashi med EM, BUEM=bokashi utan EM, BH=bokashi från hushåll med EM, BHK=bokashi från hushåll i klump med EM, TK=traditionell kompost, BG=biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=ogödslad (enbart jord)	50
Tabell 6. Skattad vitalitet (observationer av tre egenskaper; bladfärg, bladstorlek och frodighet) nio veckor efter sådd för basilika som behandlats med olika gödsel. Poängsumma max 13 och min 3 poäng. (NPK=mineralgödsel, BEM=bokashi med EM, BUEM=bokashi utan EM, BH=bokashi från hushåll med EM, BHK=bokashi från hushåll i klump med EM, TK=traditionell kompost, BG=biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=ogödslad (enbart jord)	50

Figurförteckning

Figur 1. Kompostmaterialet som användes i odlingsförsöket	37
Figur 2. Odlingen ca fem veckor efter sådd	43
Figur 3. Antal frön som grott tre veckor efter sådd. Ingen signifikant skillnad sågs avseende groning. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödselad	46
Figur 4. Antal plantor som dött tre veckor efter sådd. Bokstäverna i och ovanför staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödselad	47
Figur 5. Utveckling sju veckor efter sådd av basilikaplantor behandlade med olika gödselpreparat.	48
Figur 6. Utveckling sju veckor efter sådd av mangoldplantor behandlade med olika gödselpreparat.	49
Figur 7. Utveckling knappt tio veckor efter sådd av basilikaplantor behandlade med olika gödsel.	51
Figur 8. Utveckling knappt tio veckor efter sådd av mangoldplantor behandlade med olika gödsel.	52
Figur 9. Skillnader i SPAD-värden för Mangold respektive Basilika som behandlats med olika gödselpreparat. Bokstäverna i staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM,	

BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödselad53

Figur 10. Biomassa vid skörd av mangold respektive basilika (torrvikt). Bokstäverna i staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser.
 NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödselad 54

Förkortningar

BEM

BG

BH

BHK

BSF-Kompost

BUEM

EM

Nr

TK

Bokashi med EM

Biogödsel

Bokashi från Hushåll

Bokashi från Hushåll i Klump

Black Soldier Fly-Kompost

Bokashi utan EM

Effektiva Mikroorganismer

Reaktivt Kväve

Traditionell kompost

1. Inledning

Vår livsmedelsproduktion, vad vi väljer att äta och hur vi hanterar matsvinn och matavfall har stor global påverkan på miljö och klimat (Stenmarck et al. 2016; UNDP, 2021a). Det moderna jordbruket med dess användning av mineralgödsel har negativ påverkan på miljö och klimat och är ett av de viktigaste områdena att åtgärda för att undvika oacceptabla miljöförändringar (Rockström et al. 2009). Det är därför nödvändigt med en omställning där livsmedelsproduktion, jordbruk och avfallshantering bidrar till ett cirkulärt system som använder resurser mer effektivt och återför näring och organiskt material till åkermark. En sådan omställning har också betydelse för en rättvisare fördelning av resurser mellan jordens alla invånare och kan bidra till att säkra matförsörjningen globalt.

För att främja en mer cirkulär ekonomi och en förbättrad avfallshantering beslutade EU 2018 att revidera ett antal direktiv gällande regelverket kring avfallshantering (Europeiska rådet, 2018). Artikel 22 om bioavfall skrevs om, vilket innebär krav på att bioavfall antingen källsorteras eller återvinns vid källan genom exempelvis hemkompostering senast vid årsskiftet 2023/2024. Naturvårdsverket, som fått i uppdrag av regeringen att utreda hur artikel 22 ska införas i svensk lagstiftning skriver dock i sin utredning att de valt att inte fokusera på ökad hemkompostering då miljöeffekten varierar (Naturvårdsverket, 2021a).

Ett alternativ till hemkompostering som metod för att ta tillvara matavfall i hushåll och som de senaste åren fått uppmärksamhet i svenska medier är bokashi, där gödsel- och jordförbättringsmedel skapas av organiskt material, exempelvis matavfall, genom en fermenteringsprocess med hjälp av s.k. *effektiva mikroorganismer* (EM). Förespråkare av metoden samt producenter av EM menar att denna metod är mycket lovande för framtida utveckling av en hållbar livsmedelsproduktion och återvinning av organiskt material (Olle, 2020; EMRO, 2021a, b, c). Förutom de positiva klimat- och miljöaspekterna sägs bokashi med EM exempelvis förbättra kvaliteten på grödorna och ge större skördar jämfört med odling utan EM (Olle & Williams, 2013).

I naturvårdsverkets rapport (2021a) nämns inte alternativa metoder, som bokashi, till återvinning vid källan men det föreslås att hemkompostering även i fortsättningen ska vara tillåten. Eftersom hemkompostering i EU:s direktiv benämns som *exempel* på återvinning vid källan, får man anta att även bokashi kan tillåtas. Naturvårdsverket menar dock att hemkompostering inte gynnar återföring av växtnäring till åkermark och produktion av biogas vilket de nya etappmålen förordar.

Sammantaget står hushållen för en majoritet av det matavfall som uppstår i Sverige. År 2018 kom 71% av allt matavfall i Sverige från hushållen (Andersson & Stålhandske, 2020), i Europa var siffran (år 2012) 53% (Stenmarck et al. 2016). Det har alltså stor betydelse för miljö och klimat vad hushållen väljer att göra med sitt matavfall. Näringsämnen behöver återföras till åkermark och fossila bränslen ersättas med återvunnen energi. En fråga som jag upplever dyker upp i många sammanhang, inte minst sociala medier som når ut till många människor, är om det är bättre att ta hand om avfallet själv och använda det i egen trädgård, och därmed slippa onödiga transporter och energikrävande behandlingar, eller om central återvinning som ex. rötning till biogas och biogödsel är mer effektivt och miljövänligt. En av återförsäljarna av EM, Bokashiworld in Sweden AB skriver exempelvis på sin hemsida att ”Det blir *mycket* lite växthusgaser från Bokashi som grävs ner i jorden” (Bokashiworld in Sweden AB, 2015) och att det sparar både bränsle och pengar samt minskar utsläpp genom att matavfallet inte behöver samlas in och transporteras bort av kommunen (Bokashiworld in Sweden AB 2021a). En annan återförsäljare av EM ger på sin hemsida tipset till dem som inte har egen trädgård att gräva ner bokashin i närmaste åker, park eller skog för att göra en insats för miljön (Greenfoot, 2021). Denna metod strider dock mot de nya direktiven där näring ska cirkuleras och energi tas till vara. Lämnas matavfallet i stället till återvinning för biogasproduktion tas både energi och näring tillvara. Enligt Avfall Sveriges rapport (2021) har det dessutom de senaste åren skett en övergång från fossila drivmedel till biodrivmedel som HVO för de fordon som transporterar matavfallet, biogas står för 37% av transporterna. Samtidigt beskriver statens offentliga utredare (Biogasutredningen, 2019) nuläget i den svenska biogasproduktionen som ett marknadsmisslyckande när det gäller att säkerställa samhällsnyttor som klimat-, miljö- och energirelaterade mål från biogasproduktion. Den svenska biogasen har svårt att konkurrera med importerad biogas som fått produktionsstöd i hemlandet och dessutom skattebefrias när den konsumeras i Sverige. Utredningen föreslår en rad olika styrmedel för att få biogasproduktionen på fötter igen då den anses vara viktig för att uppnå Sveriges miljömål (Biogasutredningen, 2019). Naturvårdsverket (2021a) beskriver utvecklingen av biogas i Sverige som skiftande och känslig för förändringar av ekonomiskt stöd, men menar att den nu tack vara klimatsatsningar är på framfart. De menar att kommunal insamling av matavfall för rötning bör uppmuntras eftersom det gynnar

återföring av växtnäring och energi. Hobbyodlare och återförsäljare av bokashiprodukter argumenterar däremot för att hushållen ska återvinna vid källan, men det verkar alltså vara befogat att ifrågasätta påståenden som hävdar att det skulle vara bättre att göra bokashi av matavfallet jämfört med att lämna det till kommunal återvinning för biogasproduktion och biogödsel. Mer kunskap och information om hur olika tekniker och processer för att återvinna matavfall fungerar kanske kan hjälpa hushållen att göra hållbara val när det gäller matavfall. Jag hoppas denna studie kan bidra till detta.

För att restprodukter från organiskt avfall ska kunna ersätta mineralgödsel eller andra produkter som exempelvis planteringsjord för hobbyodling, och på så sätt bidra till ett cirkulärt system, är det viktigt att undersöka hur väl dessa restprodukter (exempelvis bokashi) står sig som gödsel. Odlingsinspiratörer som Sara Bäckmo och Stefan Sundström, för att nämna ett par välkända namn, beskriver många fördelar med bokashimetoden; att det växer mycket bättre, att både jorden och atmosfären mår mycket bättre av bokashi än av kompost (Sundström, 2019) och enkelheten i att få bra jord och gödsel i trädgårdslandet utan det fysiskt tunga arbete det innebär att sköta en traditionell kompost (Bäckmo, 2019). Dock tycks forskningen kring denna metod vara ojämn. Metoderna, definitionen av begreppet bokashi och kvaliteten i försöken varierar mycket och det finns studier som både bekräftar och dementerar bokashins och de effektiva mikroorganismernas potential som gödsel och jordförbättringsmedel och metod för behandling av matavfall.

Jag vill i detta arbete undersöka hur bokashi och effektiva mikroorganismer används och gå igenom några dokumenterade resultat om dess betydelse för hållbar odling. Jag vill också med ett eget odlingsförsök undersöka bokashins och de *effektiva mikroorganismernas* potential som gödsel- och jordförbättring och även jämföra med andra metoder som används för att behandla matavfall och som ger en produkt där näring och organiskt material kan återföras till åkermark eller användas i hobbyodling. Rötning är den metod som framför allt används för att behandla matavfall i Sverige och förutom biogas produceras också en näringsrik restprodukt, biogödsel, för användning på åkermark. En mindre del matavfall hemkomposteras (Avfall Sverige, 2019). I ett intressant forskningsprojekt mellan SLU och Eskilstuna Energi och Miljö tas matavfall tillvara genom fluglarvskompostering vilket skapar ett högvärdigt djurfoder och samtidigt ett gödsel- och jordförbättringsmedel på ett effektivt sätt (Naturvårdsverket et al. 2019). Då dessa tre metoder är relevanta behandlingsalternativ för matavfall har jag valt att utvärdera dessa tillsammans med bokashimetoden i ett odlingsförsök.

Denna studie är den tredje i en serie som gjorts om bokashi och EM på SLU. Den första undersökte bokashins potential för behandling av matavfall från hushåll i förhållande till utsläpp av växthusgaser (Hillberg, 2021) och den andra undersökte

respirationen (utsläpp av CO₂) från bokashi då den blandas med jord (Thorslund, 2020).

1.1. Syfte

Syftet med detta odlingsförsök var att undersöka vilken potential bokashi med mikroorganismer (EM) har som gödsel för odling av grönsaker i jämförelse med bokashi utan EM, traditionell kompost, biogödsel och BSF-kompost. Försöket syftade även till att undersöka om olika ursprungsmaterial kan påverka bokashins kvalitet som gödselmedel, samt om tillförselmetoden (homogent blandad med jorden eller i klump) har betydelse för växtkraften.

Vilken påverkan som tillverkning och användning av bokashi har på miljö och klimat jämfört med andra metoder för att behandla matavfall är en intressant och relevant fråga. Då det är en alltför stor fråga för att rymmas inom detta arbete kommer den endast beröras ytligt och förhoppningsvis kan den undersökas djupare i framtida projekt.

Hypoteser som ska testas:

1. Att bokashi som gödsel och jordförbättringsmedel vid odling av grönsaker ger mer växtkraft jämfört med traditionell kompost.
2. Att bokashi som gödsel och jordförbättringsmedel vid odling av grönsaker ger lika mycket växtkraft som biogödsel och BSF-kompost.
3. Att ursprungsmaterialet som används vid tillverkning av bokashi har betydelse för kvaliteten på bokashimaterialet och att det därmed påverkar växtkraften.
4. Att tillsätta EM vid tillverkning av bokashi ökar kvaliteten på bokashimaterialet och påverkar därmed växtkraften positivt vid odling av grönsaker.
5. Att tillsätta bokashin homogent blandad i jorden eller att tillsätta bokashin i en klump påverkar inte växtkraften.

2. Bakgrund

År 2015 antogs Agenda 2030 av FN:s medlemsländer, ett program med 17 globala mål för ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbar utveckling. Några av målen är att säkerställa hållbara konsumtions- och produktionsmönster, hindra förlusten av biologisk mångfald och omedelbart vidta åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna och konsekvenserna av dessa (UNDP, 2021b). Samma år, 2015, beslutade också världens länder om det s.k. Parisavtalet som innebär att begränsa den globala temperaturökningen, framför allt genom att minska utsläppen av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2021b). När det gäller produktion och konsumtion av livsmedel samt hantering av biologiskt avfall har dessa mål och avtal gett incitament till forskningsprojekt och handlingsplaner i både EU och Sverige. Hur vi hanterar matsvinn och vad hushållen gör med sitt matavfall har stor betydelse för de globala målen.

2.1. Avfall och återvinning av näring - reviderade EU-direktiv

EU beslutade 2018 att revidera ett antal direktiv gällande regelverket kring avfallshantering i det så kallade avfallspaketet (Europeiska rådet, 2018). Artikel 22 i avfallspaketet har skrivits om vilket bland annat innebär krav på att bioavfall antingen källsorteras eller återvinns vid källan, till exempel genom hemkompostering senast vid årsskiftet 2023/2024 (EU, 2018). Enligt Naturvårdsverket (2021) omfattar kravet allt bioavfall, både från yrkesverksamheter och hushåll. För att dessa förändringar ska kunna genomföras i Sverige har regeringen fattat beslut om vissa anpassningar och ändringar i delar av våra svenska lagar och författningar. De första direktiven började gälla år 2020 och därefter ska övriga införas successivt fram till 2025. I Naturvårdsverkets redovisning om hur artikel 22 kan genomföras i den svenska lagstiftningen föreslås att matavfall ska samlas in separat från 31 december 2023 (Naturvårdsverket, 2021). Dessutom ska, enligt de svenska etappmålen minst 75% av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologiskt så att växtnäring och biogas tas till vara senast år 2023. (Naturvårdsverket, 2021).

2.2. Varför så viktigt att återföra näring?

Enligt EU:s handlingsplan för cirkulär ekonomi behöver vi införa hållbara system för återanvändning och återvinning för att minska uttaget av råvaror och naturresurser (European Commission, 2015). Kväve och fosfor är näringsämnen som orsakar stora globala problem (Rockström et al., 2009.) Näringsämnet fosfor är ett essentiellt ämne för alla levande organismer och helt nödvändigt som gödselmedel vid odling. Utvinning av fosfor från råvara har visserligen revolutionerat våra odlingsmöjligheter, ökat produktionen av livsmedel och hjälpt många människor ur svält (IFPRI 2002). Men den fosfor som sedan 1960-talet varit relativt lätt och billig att utvinna som råvara minskar och är av flera anledningar på väg att bli en bristvara. Dagens råvara har inte lika hög koncentration av fosfor och är mer förorenad än för ett par decennier sedan (Prud'Homme 2010 se Cordell, 2013). Dessutom kan geopolitiska faktorer påverka tillgången till råvara eftersom den är begränsad till vissa geografiska områden i exempelvis Kina, Marocko, USA, Ryssland, Jordanien och Brasilien (Golroudbary et al. 2019a se Wali et al 2021). Att återföra näringsämnen som fosfor från avfall (som exempelvis matavfall och avlopp) till jordbruksmark är därför en viktig del i att säkra livsmedelsförsörjningen i världen (Cordell, 2013). Kväve är också nödvändigt som näring, men finns till skillnad från fosfor i stora mängder. Kvävgas (N_2) som finns i luften är en stabil molekyl och reagerar inte så lätt med andra ämnen. Däremot kan vissa bakterier, ofta i symbios med exempelvis ärtväxter omvandla N_2 till former som är tillgängliga för växterna. När kvävgas omvandlas till olika kväveföreningar blir de reaktiva, och kan belasta miljön om de så småningom lakas ut till vattendrag eller omvandlas till kväveoxider som påverkar klimatet. Vid tillverkning av mineralgödselmedel (Haber-Bosch-processen) omvandlas luftens kvävgas (N_2) till ammoniak (NH_3), som är reaktiv. Via användning i jordbruk kan även andra reaktiva kväveföreningar (Nr) som exempelvis nitrat (NO_3) och lustgas (N_2O) bildas, särskilt om marken tillförs mer kväve än vad växterna tar upp. Genom kväveförluster i form av utlakning till vattendrag och gasavgång till atmosfären bidrar Nr till ökad växthuseffekt och försämrad motståndskraft (exempelvis övergödning) i viktiga ekosystem (Galloway & Cowling, 2021; Rockström et al., 2009). Att återvinna kväve från avfall kan minska kväveläckaget och behovet av industriellt tillverkad kvävegödsel och därmed minska belastningen på miljö och klimat.

2.3. Mängder och hantering av matavfall i Sverige

I Sverige uppskattas den totala mängden matavfall till 1,3 miljoner ton/år. Av det står hushållen för 917 000 ton vilket motsvarar ungefär 71% (Andersson & Stålhandske 2018). Enligt Naturvårdsverkets redovisningsrapport om biologiskt avfall sorteras 49% av det kommunala matavfallet (489 000 ton av knappt 1 miljon

ton från hushåll, butiker, storkök och restauranger) ut för att behandlas biologiskt genom rötning (442 000 ton) och kompostering (47 000 ton) (Naturvårdsverket, 2021a). Avfall Sveriges rapport om Sveriges avfallshantering redovisar för år 2018 att 15 620 ton komposteras vid central anläggning och 37 040 ton hemkomposteras, sammantaget alltså 52 660 ton. För år 2020 har enligt Avfall Sverige komposteringen minskat till 8 530 ton för central kompostering respektive 32 460 ton för hemkompostering, sammantaget 40 990 ton. Hantering av matavfall genom hemkompostering står alltså för en liten del av den totala avfallsmängden, mindre än 4%. Bokashi nämns inte i någon av rapporterna från varken Avfall Sverige eller Naturvårdsverket vilket gör det svårt att avgöra om mängden matavfall som behandlas med bokashimetoden är med i statistiken. Att behållare och strö för bokashi finns att köpa i stora affärskedjor och hos många e-handlare antyder ändå att det finns ett relativt stort intresse för metoden. I artikel 22 står det uttryckligen att hemkompostering skall uppmuntras. Naturvårdsverket säger ändå i sin utredning av hur den nya lagstiftningen om bioavfall ska genomföras att de inte valt att fokusera på hemkompostering då miljöeffekterna vid hemkompostering varierar (Naturvårdsverket, 2021a).

Både kompostering och bokashi uppmärksammas och debatteras i litteratur och sociala medier och det verkar finnas ett intresse från bland annat hobbyodlare att reda ut hur de olika metoderna står sig i förhållande till varandra och andra metoder avseende miljöpåverkan och odlingsresultat. För att kunna utvärdera en odlingsmetod och ett organiskt gödsel- eller jordförbättningsmedel behövs kunskap om de olika behandlingsmetoderna samt om näringsämnenas kretslopp och markecosystemen. Här följer därför en genomgång av fakta som behövs för att kunna jämföra de olika behandlingsmetoderna och för att förstå konceptet för bokashimetoden.

2.4. Gödsel och jordförbättringsmedel från matavfall

Med begreppet gödsel avses ämnen som tillförs jorden för att ge växterna tillgång till näring. Jordförbättringsmedel tillsätts för att förbättra jordens kvalitet och egenskaper såsom porositet, vattenhållande förmåga och mikroflora. Det är dock inte någon skarp gräns mellan dessa begrepp och ett preparat kan uppfylla båda kriterierna i varierande grad.

2.4.1. Bokashi och EM®

Begreppet EM (Effektiva Mikroorganismer) utvecklades på 1980-talet i Japan av Teruo Higa, professor vid Ryukyus universitet i Okinawa och är en blandning av naturligt förekommande mikroorganismer som kan existera tillsammans. Higa var

bekymrad över utvecklingen inom jordbruket där han såg att den intensiva odlingen med bekämpningsmedel och konstgödsel utarmade och skadade miljön. Så här uttrycker han i en artikel från 1994 sina tankar om ett idealt jordbrukssystem:

"An ideal agricultural system is sustainable, maintains and improves human health, benefits producers and consumers both economically and spiritually, protects the environment, and produces enough food for an increasing world population."
(Higa & Parr 1994 sid.6)

Higas forskningsambition var att hitta alternativ till de metoder som inte var miljömässigt, ekonomisk eller socialt hållbara i ett långt perspektiv. Tillsammans med sin forskarkollega Parr skrev han 1994 att jordar framför allt klassificeras efter sina fysikaliska och kemiska egenskaper och ifrågasatte varför de mikrobiologiska aspekterna inte togs med i bedömningen trots att de har stor betydelse för miljöpåverkan och grödornas kvalitet (Higa & Parr 1994)

Higa arbetade med att förstå hur mikroorganismer kan samexistera och dra nytta av varandra och vilka faktorer som har betydelse för deras överlevnad i marksystem och odlingsjord. Med övertygelsen om att det går att påverka marksystemen genom att, under rätt förutsättningar, tillsätta mikroorganismer skapade Higa blandningar av mikroorganismer som numera är patenterade varumärken som exempelvis EM® och EM-1®, vilka i den här studien skrivs som EM. Blandningarna består av olika grupper med mikroorganismer och innehåller framför allt mjölksyrebakterier och jästsvampar, en mindre del fotoautotrofa bakterier, actinomyceter samt andra typer av organismer och är tänkta att användas tillsammans med andra odlingsfrämjande metoder, såsom varierad växtföljd och organiska gödselmedel.

Att mikrofloran i närheten av växtrötterna, den s.k. rhizosfären har betydelse för växternas utveckling är välkänt. Här pågår ett utbyte av näringsämnen, kolföreningar, enzymer och andra bioaktiva föreningar som exempelvis kan skydda växterna mot sjukdomar (Graham & Mitchell, 1999). Processerna som sägs ligga bakom en växtskyddseffekt av att tillföra bokashi beskrivs bland annat som mikrobiell utsöndring av ämnen vilka fungerar som kelatbildare eller antioxidanter, exempelvis inositol och saponin (Mayer et al. 2010). Higa och Parr (1994) skriver att det är komplicerat och tidskrävande att styra markens komplexa ekosystem och få inplanterade mikroorganismer att överleva. Vidare menar de att nyckeln är att kombinera flera välfungerande grupper och tillsätta i en mix, och i kombination med organiskt material, så att de kan stödja varandras existens tillsammans med det etablerade ekosystemet och att flera behandlingar över tid kan behövas.

Definitioner av bokashi

I Sverige används begreppet bokashi ofta kommersiellt i betydelsen fermentering av organiskt material genom tillsatts av EM. I forskningssammanhang ses uttryck som "EM Bokashi fermentation" (Olle, 2020) för att förtydliga vad som avses, men enbart "bokashi" används också för att beskriva olika processer. Quiroz och Flores (2019) menar till exempel att bokashi generellt skapas under aeroba förhållanden medan Boechat (2013) beskriver både anaeroba och aeroba förhållanden. Ordet bokashi kommer ursprungligen från Japan och begreppet har använts för att beskriva en naturlig anaerob process där organiskt material bryts ner av bland annat mjölksyrebakterier (fermentering). Efter lansering av produkter med EM används begreppet bokashi ofta för att beskriva en teknik där organiskt material omvandlas till gödsel- och jordförbättringsmedel med hjälp av tillsats av EM. EM kan då vara tillsatt genom exempelvis spray, strö eller i kombination med näringsrikt gödselpreparat (exempelvis EM® Premiumgödsel). Det råder dock en viss begreppsförvirring då bokashi används för att beskriva både anaerob nedbrytning och aerob kompostering, då ofta som ett förtydligande om att det är mikroorganismer inblandade i komposteringen. Dessa mikroorganismer kan då ha sitt ursprung ur gammal mogen kompost, från jord som tillsatts eller en kommersiell produkt med EM. Kompostering innebär dock per definition aerob nedbrytning med hjälp av mikroorganismer (Harrison, 2008) vilka förekommer naturligt i jord och organiskt material. Denna begreppsförvirring, där bokashi har olika betydelse och kombineras på olika sätt med EM och kompostering gör det komplicerat att jämföra forskning och därmed svårt att vetenskapligt bedöma bokashins potential som behandlingsmetod för matavfall. I den här studien används begreppet bokashi för fermenterat organiskt material, oavsett om EM tillförts eller inte.

Marknadsföring av bokashi som klimatsmart produkt, sant eller falskt?

Kommersiellt marknadsförs EM som en miljövänlig och klimatsmart produkt och finns att köpa som exempelvis spray, tillsatt till kompostströ eller färdigt gödselpreparat och riktar sig både till hushåll och storskalig odling. Enligt Higa (2012) är metoden att använda EM tillsammans med organiskt material anammat i över 130 länder med goda resultat.

I Sverige finns produkter för bokashimetoden främst avsedda för hushåll, och både nischade e-handelsföretag och flera stora affärskedjor som exempelvis Clas Ohlson tillhandahåller särskilda kärl för ändamålet och produkter med EM. Bokashin tillverkas i rumstemperatur och då den lyfts fram som näst intill luktfri, eller väldoftande, sägs den med fördel kunna förvaras inomhus. Matavfallet blandas med bokashiströ (vetekli och rörsockermelass med tillsatta mikroorganismer) och pressas ihop för att bibehålla syrefri miljö. När kärlet är fullt ska bokashin vila i ca

två veckor varpå innehållet kan grävas ner i jorden som gödsel och jordförbättringsmedel.

Bokashiworld in Sweden AB är ett av de e-handelsföretag som marknadsför produkter med EM och på deras hemsida sägs att bokashi tillsatt i jorden ger effekter såsom effektivare mineralisering av näringsämnen, främjad groningen, fruktsättning och mognad, ökad motståndskraft mot sjukdomar och hårdighet hos växterna samt en resilient jord som bättre klarar extremt väder (Bokashiworld in Sweden AB 2021b). De betonar också fördelen med att matavfall inte behöver samlas in och transporteras bort av kommunen vilket sägs spara bränsle och minska utsläpp (Bokashiworld in Sweden AB 2021a), att den största fördelen är att ingen näring går förlorad då allt går till växterna samt att inget kol går ut i luften som koldioxid eller metangas (Bokashiworld in Sweden AB, 2018).

Eftersom bokashin vid användning blandas med jord och således tillförs syre är det dock rimligt att anta att mikroorganismernas nedbrytning av organiskt material ändå orsakar utsläpp av växthusgaser (Thorslund, 2020). När syre finns tillgängligt använder mikroorganismerna i första hand syre som elektronacceptor vid mineraliseringen av organiskt material, vilket resulterar i CO₂-avgång. Det är också möjligt att det bildas metan, men framför allt lustgas vid tillverkning av bokashi, då det är vanliga redoxprocesser vid anaeroba förhållanden, särskilt då det förekommer viss syretillförsel och pH är lågt. Den risken finns även då materialet grävs ned i marken, särskilt om det grävs ned djupt och utan att blandas eftersom syretillgången då blir låg. Därmed inte sagt att det inte kan finnas fördelar med att hushållen, eller för den delen mer storskaliga brukare, använder bokashimetoden för att behandla matavfall, men det är svårt att hitta granskade artiklar eller forskning som bekräftar att bokashimetoden skulle släppa ut mindre växthusgaser jämfört med andra metoder för behandling av organiskt material.

Olle (2020) skriver i en artikel i tidskriften "The Journal of Horticultural Science and Biotechnology" att metoden är billig, sparar resurser i form av både energi och näringsämnen samt att det är en miljömässigt säker teknik med avseende på utsläpp av växthusgaser. Dock hänvisar Olle (2020) till en icke granskad artikel (Bosch et al, opublicerad) som enbart beskriver skillnaden i växthusgaser mellan bokashi och kompost vid tillverkningsfasen, inte vad som händer då bokashi blandas med jord och därmed kommer i kontakt med syre.

Två studier på utsläpp av växthusgaser från bokashi.

I en systemstudie till denna undersökte Hillberg (2021) skillnader i utsläpp av växthusgaser mellan bokashi och kompost. I försöket ingick försöksled med inympade EM, helt utan EM och med avdödad ymp. Resultaten jämfördes med

värden som uppmätts för kompost i tidigare försök. Hillberg menar efter genomgång av artiklar att de forskningsresultat som finns är otillräckliga för att kunna dra några slutsatser i frågan. Hillbergs eget försök som undersökte utsläpp av CO₂, N₂O och CH₄ under tillverkningsfasen visar att inblandning av EM visserligen minskade utsläppen av CH₄ vid vilofasen, men sett över hela tillverkningsfasen sågs ingen signifikant påverkan av EM med avseende på utsläpp av växthusgaser. Studien stödjer inte heller påståenden om att bokashi skulle vara mer klimatvänlig jämfört med kompost i avseende på växthusgaser. Bokashin gav i försöket upphov till utsläpp av både N₂O och CH₄, dessutom var respirationen av CO₂ hög även om den totala C-avgången under produktionsfasen var lägre än från traditionell kompostering.

Thorslund (2020) undersökte i den andra systerstudien till denna bokashins respiration (utsläpp av CO₂) vid utblandning med jord. Samma bokashimaterial som producerats i den första studien användes (inympade EM, helt utan EM och avdödad ymp). Till detta försök skapades dessutom ett kompostmaterial med samma ursprungsmaterial som bokashin. Resultaten från denna studie visade att bokashimaterialen när de fick tillgång till syre vid inblandningen med jord respirerade betydligt mer än komposten i inledningsfasen. Beräknat på hela försöksperioden (4 veckor) respirerade bokashin 20 % mer C jämfört med kompostmaterialen. Vid en sammanställning av de båda studierna visar det sig att den totala respirationen för tillverkningsfasen och tiden då materialen blandades med jord inte skiljde sig särskilt mycket åt. Kompostmaterialen respirerade 70 % av tillsatt C och bokashin 66%. Respirationshastigheten var i medeltal högre efter tillförsel av bokashimaterialet jämfört med tillförsel av kompostmaterial även vid inkubationens slut. Orsaken var sannolikt att omsättningen av kol bromsades på grund av den syrefria miljön under produktionsfasen för bokashin. Eftersom tillgången på organiskt material och även lätt nedbrytbara kolföreningar fanns kvar när materialet blandades med jord under syresatta förhållanden blev hastigheten högre och respirationen skulle förmodligen ha fortsatt om försöket pågått längre.

Resultaten av studien gav inget stöd till påståendet om att inblandning av EM skulle ha betydelse för omsättningen av kol. Thorslund menar att mikroorganismer finns naturligt i den jord som bokashin blandas med och att respirationshastigheten inte verkar påverkas signifikant av de tillsatta mikroorganismerna.

Andra forskningsresultat där bokashi studerats

Det är svårt att hitta någon entydig forskning kring bokashi och EM och de få granskade studier som finns är ofta motstridiga och visar små eller inga effekter av EM (Mayer et al. 2010; Condor et al. 2007). Flera studier är också gjorda utan att ha med en kontroll med avdödade EM vilket försvårar utvärderingen (Mayer et al.

2010). Den forskning som finns jämför många olika aspekter av bokashi och EM vilket också gör det svårt att dra gemensamma slutsatser. Exempelvis används många olika organiska substrat i kombination med EM, olika växtslag och klimatzoner. Väldigt få försök har exempelvis gjorts i Centraleuropa (Mayer et al., 2010). Nedan följer resultat från fyra forskningsrapporter om bokashi och EM.

Shin et al. (2017) visar i ett krukförsök med EM att sammansättningen av mikroorganismer i jorden inte förändrades genom att EM tillsattes. Försöket kunde inte heller påvisa någon positiv effekt av EM på svampinfektion hos gurka eller morot under de ca åtta veckor som försöket pågick.

Ett betydligt längre försök för att undersöka effektiva mikroorganismers påverkan på jordkvalitet och skörd gjordes i Kina från 1993 och elva år framåt (Hu och Qi, 2012). Här jämfördes traditionell aerob kompost (halm, stallgödsel, rester från pressade bomullsfrön och kli) med och utan behandling med EM. Kompostmaterialen (med och utan EM) tillfördes i fältförsök till samma odlingsplats två gånger per år, före sådd av höstveten respektive majs. Som kontroll odlades samma grödor även utan någon tillförsel av gödsel eller jordförbättringsmaterial. Efter denna återkommande tillförsel av organiskt material och mikroorganismer var mängden tillgängligt fosfor och kalium högre och pH lägre i jorden där kompost med EM tillförts jämfört med där kompost utan EM tillförts. Vetehalmens biomassa var signifikant högre för led med EM-kompost jämfört med kompost utan EM, och även mängden korn per hektar var högre för kompost med EM jämfört med kompost utan EM. Försöket visade också signifikanta skillnader mellan jord som behandlats med EM-kompost jämfört med traditionell kompost där kontinuerlig behandling av jorden med EM-kompost gav högre halt organiskt material, total-N, tillgänglig fosfor och kalium jämfört med kompost utan EM (Hu & Qi, 2012). Artikeln beskriver dock inte utvecklingen över de elva åren utan redovisar enbart slutresultat för vete efter elva år, vilket gör det svårt att utvärdera slutsatserna.

Ytterligare ett intressant långtidsförsök gjordes i fält i Schweiz och pågick under fyra år mellan 2003 och 2006 (Mayer et al. 2010). Tre olika behandlingar; (i) enbart spray med EMA (aktiverad EM) (ii) EMA-spray med bokashi (vetekli och sockerrörsmelass som fermenterats med EM under anaeroba förhållanden) och (iii) EMA-spray med bokashi (vetekli och sockerrörsmelass som fermenterats med EM under anaeroba förhållanden) och som därefter blandats med kogödsel. Alla tre behandlingar upprepades med avdödad EM som kontroller. Fyra olika växtslag odlades under de fyra åren; potatis, höstkorn, lusern och slutligen höstveten. Skörderesultaten visade ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna år 2003 - 2005. 2006 ökade veteskörden signifikant för bokashi med gödsel och EM-spray jämfört med övriga behandlingar. Samma trend (men ej signifikant) sågs för

bokashi med gödsel och avdödad EM. Ingen signifikant skillnad sågs dock mellan behandlingar med levande och avdödad EM-spray. Slutsatserna av detta försök blev att tillförsel av EM under fyra år inte hade någon effekt på vare sig skörd eller markekosystemet som också undersöktes, bland annat genom mikroorganismernas biomassa och aktivitet. Den positiva effekt som sågs på skörd för bokashi i kombination med kogödsel kan antagligen kopplas till det höga näringsinnehållet (Mayer et al. 2010).

Boechat (2013) visade i ett inkubationsförsök med olika typer av organiskt material (bland annat restprodukter från fruktindustri och avloppsslam) att tillförsel av EM kunde öka och snabba på N-mineraliseringen vid nedbrytningsprocessen. Boechat konstaterar i samma artikel att forskningen kring EM är motsägelsefull.

2.4.2. Traditionell kompost.

Kompostering innebär att organiskt material bryts ned biologiskt, av framför allt mikroorganismer, under kontrollerade aeroba förhållanden. Syftet är att stabilisera det organiska avfallet, minska volymen och samtidigt behålla så mycket som möjligt av näringsämnena (Alm et al. 1997). Det färdiga kompostmaterialet kan användas som jordförbättringsmedel och ger även näring. Näringsinnehållet och/eller -tillgängligheten är inte alltid tillräcklig så för att tillgodose växternas näringsbehov kan kompostmaterialet behöva kompletteras med gödselmedel (Zibilske, 1999). Ermolaev et al. (2013) menar i stället att kompostering resulterar i en näringsrik produkt fri från patogener och giftiga ämnen. Mängden näring i kompostmaterial verkar alltså kunna variera. För att få en välfungerande komposteringsprocess behöver komposten utformas så att den skyddas mot skadedjur, kan hålla en någorlunda jämn temperatur och att vattenhalt och syretillgång kan anpassas. Dessutom behöver C/N-kvoten i kompostmaterialet hållas runt 25–30 för att mikroorganismernas nedbrytning ska fungera optimalt och inte orsaka kväveförluster. En alltför låg C/N-kvot riskerar att ge kväveförluster i form av lustgas och ammoniak, medan en för hög kvot ger långsam nedbrytning och risk för att kvävet binds hårt och inte kommer växterna till godo (Jordbruksverket 2019). Även ett för högt pH-värde kan medföra kväveförluster i form av ammoniak som avdunstar (Alm et al 1997). Szanto et al. visar i en studie (2007) att upp till 10% av tillfört kväve kan avgå som lustgas och även betydande mängder metan frigörs om komposten lämnas orörd och det uppstår anaeroba miljöer. Låg halt av tillgängligt kol kan också ge mer utsläpp av lustgas. Omrörning och luftning, samt väl anpassad C/N-kvot skyddar därför bra mot avgång av lustgas (Szanto et al 2007). Frekvent omrörning kan i stället öka utsläppen av metan vid kompostering enligt en studie av Ermolaev et al. (2013). Även temperaturökning (som följd av mikrobiell aktivitet vid tillförsel av organiskt material) och hög vattenhalt ger enligt samma studie mer utsläpp av metan. Utsläppen av metan från

hemkompostering var dock i denna studie betydligt lägre jämfört med mätningar från andra studier av både hemkompostering och storskalig kompostering (Ermolaev et al. 2013). Att lämna komposten orörd kan alltså orsaka utsläpp av både metan och lustgas. Tillförsel av stora mängder organiskt material (med temperaturhöjning som följd) och omrörning kan ge utsläpp av metan. Hur stora mängderna av växthusgaser per mängd nedbrutet material som uppkommer vid kompostering kan alltså variera (Ermolaev et al. 2013). Traditionell kompostering kräver därför en hel del kunskap och tillsyn för att fungera bra. Cao et al. (2019) menar att det inte helt går att hindra utsläpp av växthusgaser från kompostering enbart genom att optimera förhållanden som vattenhalt, C/N-kvot och pH. I en metaanalys av 105 studier visar författarna att tillsatser av magnesium och fosfor (mineralgödselmedel), mikroorganismer och substrat som påverkar kompostens fysiska egenskaper (ex. biokol eller zeolit) kan minska utsläppen av växthusgaser och ammoniak avsevärt. I genomsnitt hade de fysikaliska tillsatserna störst effekt på utsläpp av växthusgaser och de kemiska tillsatserna (mineralgödsel) på ammoniak, tillförsel av mikroorganismer gav endast effekter på kväveförlusterna i form av ammoniak och inte på växthusgaser (Cao et al 2019). Studien tar dock inte hänsyn till eventuella utsläpp som kan kopplas till tillverkning av dessa tillsatsprodukter.

2.4.3. Biogödsel

Vid biogasproduktion, då organiskt material rötas i en anaerob process, omvandlas det mesta av ursprungsmaterialets kol och energi till metan och koldioxid. Processen sker med hjälp av mikroorganismer i fyra steg: Hydrolys, fermentation, anaeroba oxidationer och slutligen metanbildning (Schnürer & Jarvis 2017). För att dessa processer ska fungera optimalt krävs en mångfald av mikroorganismer som både kan samarbeta och avlösa varandra genom olika nedbrytningsprocesser. För att populationerna av mikroorganismer ska växa till och hållas vid liv behöver miljön i biogasreaktorerna anpassas med avseende på temperatur, pH, syrgaskoncentration, salter och spårämnen (Schnürer & Jarvis 2017). Mikroorganismerna som är inblandade i biogasprocessen finns naturligt i vår miljö, exempelvis i våtmarker och i våmmen hos idisslare. För att starta biogasprocessen i en reaktor kan därför kogödsel användas för att ympa in mikroorganismer till det organiska materialet. Allra bäst är det att använda material från en annan biogasprocess med liknande förutsättningar eftersom det går snabbare när mikroorganismerna redan är anpassade efter miljön (Schnürer & Jarvis 2017). Den gasformiga slutprodukten som bildas vid rötningen kan användas för uppvärmning, elproduktion och som fordonsgas. Då biogasen ersätter fossila bränslen beräknas koldioxidutsläppen per energienhet kunna minskas med ca 90% (Naturvårdsverket, 2012). Avgaserna vid förbränning av biogas är dessutom betydligt renare jämfört med exempelvis diesel.

Då inte allt organiskt material bryts ner fullständigt vid rötningsprocessen skapas en restprodukt som förutom organiskt material och vatten också innehåller mikroorganismer och näring. När restprodukten tillverkats av ett rent ursprungsmaterial, d.v.s. med låga halter tungmetaller, och utan sjukdomsalstrande bakterier, rester från läkemedel eller bekämpningsmedel, som exempelvis matavfall eller lantbruksgrödor brukar det kallas biogödsel. Det finns i Sverige ett certifieringssystem för kvalitetssäkring av biogödsel där hela kedjan från råvara till slutprodukt synas, och där halterna av exempelvis tungmetaller regelbundet kontrolleras. Biogödseln används som gödselmedel på odlingsmark vilket återför näringsämnen och organiskt material till marken (Naturvårdsverket, 2012). Biogasproduktionen bidrar därmed till Sveriges omställning till en cirkulär ekonomi där avfall och restprodukter omvandlas till resurser, och växtnäring återförs till marken samtidigt som klimatutsläppen minskar. (Biogasutredningen, 2019).

2.4.4. BSF-kompost

På SLU, och även på andra platser runt om i världen, pågår projekt och försök där insekter används för behandling av urbant avfall, som exempelvis matavfall. Genom att låta fluglarver av exempelvis arten svart soldatfluga (*Hermetia illucens*), ”Black Soldier Fly” på engelska, konsumera organiskt material som exempelvis matavfall fås en restprodukt, så kallad ”frass”, bestående av svärnedbrytbara organiska föreningar, larvernans avföring och skalrester från förpuppning. Efter att frassen komposterats fås en näringsrik gödselprodukt som benämns ”BSF-kompost” efter det engelska namnet på svart soldatfluga. Larverna, som är proteinrika, kan användas som djurfoder till exempelvis fiskar, grisar eller höns (Lalander et al., 2015, Dortmans et al. 2017, Gärttling et al. 2020). Forskning har visat att behandlingen dessutom kan reducera halterna av salmonella och virus (Lalander et al. 2015). Behandling med fluglarver klassas dock inom EU som storskalig djurproduktion och får därför inte innehålla kött. Det gör att blandat matavfall i dagsläget inte kan behandlas med fluglarvskompostering utan behandlingen begränsas till avfall från butiker och grossister där innehållet kan kontrolleras (Naturvårdsverket et al. 2019).

Vid institutionen för energi och teknik vid SLU pågår projekt med fluglarvskompostering för att skapa lönsam hantering av biologiskt avfall, och i ett projekt mellan SLU och Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö har en storskalig anläggning för fluglarvskompostering byggts upp. Fluglarverna lever i symbios med nedbrytande bakterier och vid anläggningen i Eskilstuna finns kapacitet att behandla upp till ett ton matavfall per dag (Naturvårdsverket et al. 2019). Projektet visar att behandling av matavfall genom fluglarvskompostering kan fungera och vara ett komplement eller alternativ till behandling genom rötning. Omvandlingen

av matavfall genom fluglarvskompostering är effektiv och ger, jämfört med rötningsmetoden som används vid biogastillverkning, ett minskat transportbehov med upp till 60 % beroende på att slutprodukten väger mindre (Naturvårdsverket et al. 2019). Beroende på tillgänglighet och transportmöjligheter för olika metoder av behandling av organiskt avfall kan olika metoder vara intressanta. Då fluglarvskomposten fortfarande efter komposteringen har ett högt innehåll av organiskt material kan resterna även användas för att producera biogas (Lalander et al., 2018). Miljömässigt kan flugkompostering med rätt teknik ge vinster då både gödsel- och foderprodukter kan ersätta konventionell framställning

I vilken utsträckning fluglarvskomposteringen avger växthusgaser är inte helt klarlagd då forskningen uppvisar lite olika resultat. I en sammanställning av Parodi et al. (2020) varierar den globala uppvärmningspotentialen (GWP) i fyra olika undersökningar där koldioxid, metan och lustgas kontrollerats, mellan 2.5 – 35 koldioxidekvivalenter per kg torrsubstans av larvbiomassa. Parodi et al. (2020) menar att det finns en utvecklingspotential för att minska kväveförluster och öka effektiviteten för att ta vara på kol och energi vid fluglarvskompostering (Parodi et al., 2020).

2.5. Vilka egenskaper i en odlingsjord påverkar växtkraft och skörd?

Vilka egenskaper en odlingsjord har beror av jordart, mineralsammansättning, mängd organiskt material och en rad sammankopplade fysikaliska, kemiska och biologiska processer i marksystemet. Exempelvis har markstrukturen, markens vattenhållande egenskaper och förmåga till genomluftning betydelse för hur växternas rötter kan växa sig fram i marken och hur näringsämnen kommer växterna till godo. Jordens egenskaper påverkas när gödsel- och jordförbättringsmedel tillförs och det är därför viktigt att känna till dessa samband för att kunna utvärdera gödselmedlens potential.

Aggregatstabilitet har stor betydelse för kvaliteten på en odlingsjord (Amézketa, 1999). I en jord med aggregatstruktur finns primärpartiklar som håller ihop på olika sätt och därigenom bildar sekundärpartiklar som kan variera i både storlek och hur de är uppbyggda (Eriksson et al., 2011). Exempelvis är lerpartiklar till skillnad från sandpartiklar mycket små och har därför stor yta i förhållande till sin storlek. De sammanbindande krafterna mellan lerpartiklar blir tillsammans starka och bildar en naturlig aggregatstruktur. Sandpartiklar som är grövre saknar lerpartiklarnas sammanhållande krafter och vid torka delar de lätt upp sig i separerade partiklar med sämre vattenhållande förmåga som följd (Fogelfors, 2015). Förutom partikelstorleken har bland annat klimat, pH, organiskt material, och

markorganismer inverkan på aggregatbildning (Amézketa, 1999). Mikroorganismer utsöndrar exempelvis polysackarider som genom sin klistriga karaktär stärker aggregatbildning, och svamphyfer fungerar som armering i aggregaten (Eriksson et al., 2011). En jord med stabil aggregatstruktur har makroporer mellan aggregaten och bibehåller sin struktur även då den utsätts för stress av olika slag. Många av odlingsjordens egenskaper och processer, så som vattenhållande kapacitet, genomsläpplighet, erosionsrisk och biologisk aktivitet påverkas av aggregatstabiliteten (Amézketa, 1999). Aggregatstabilitet i marken är en egenskap som behandling med bokashi och andra gödsel- och jordförbättringsmedel skulle kunna ha inverkan på.

En bra odlingsjord kan tillgodose växternas behov av både makro- och mikronäringsämnen, vilka behöver vara i en kemisk form som är möjlig för växterna att ta upp. Omedelbar växttillgänglig näring förekommer huvudsakligen som joner i marklösningen (exempelvis nitrat- och ammoniumjoner). Mycket näring finns bunden i det organiska materialet (Fogelfors, 2015). Markorganismerna och framför allt mikroorganismer som bakterier, svampar och arkéer har en avgörande roll för nedbrytning av organiskt material varvid organiskt bunden växtnäring kan frigöras i former som kan tas upp av växterna (Eriksson et al., 2011). Eftersom ett välfungerande markekosystem alltså har betydelse för växtkraft och skörd, är det av stor vikt att ta reda på hur olika gödsel- och jordförbättringsmedel påverkar markekosystemet. Higa, som på 1980-talet utvecklade begreppet EM arbetade med att förstå hur mikroorganismer samexisterar, och med övertygelsen om att det går att påverka markekosystemen, och därigenom odlingsresultaten, tog han fram den blandning av mikroorganismer som nu är patenterat varumärke. Det råder dock ingen konsensus kring hur mycket markekosystem påverkas och kan styras genom tillförsel av mikroorganismer. Markekosystem är mycket komplexa och påverkas av många faktorer vilket gör forskningen komplicerad.

2.6. Markekosystemet och markorganismernas nedbrytning av organiskt material

Markorganismernas storlek har betydelse för vilka delar av marken och dess porsystem som de kan få tillgång till och påverka, och kan delas in i grupper därefter. Makrofaunan, har en kroppsbredd som är större än 2 mm, och hit hör exempelvis daggmaskar, sniglar och tusenfotingar. Dessa lever framför allt i markens förnaskikt, men även i sprickor och luftfyllda utrymmen längre ner i marken. Några, som exempelvis daggmaskar gräver gångar och har på så sätt större rörelsefrihet genom jordlagren. De kan därför föra ner organiskt material, som de konsumerar, i marken. Mesofaunan är mellan 0,1 och 2 mm breda och lever i

luftfyllda porer i marken (Fogelfors, 2015). Bland dessa markdjur finns både växt- och förnäätare samt rovdjur som genom sin predation av mikroorganismer frigör näringsämnen och förnygrar mikroorganismpopulationerna så att den förblir aktiv (Eriksson et al., 2011).

De allra minsta organismerna, mindre än 0,1 mm, hör till gruppen mikroflora och mikrofauna och hit räknas bakterier, arkéer och svampar. De är vattenorganismer och lever i det markvatten som finns i porer och runt jordpartiklarna (Fogelfors, 2015)

De större markorganismerna sönderdelar förnan och skapar därmed större yta på det organiska materialet. Detta gynnar mikroorganismernas utbredning och vidare nedbrytning till mindre beståndsdelar. Makro- och mesofaunan bidrar också, genom sina exkrementer och omblandning av jorden, till aggregatbildning och luftning i marken vilket underlättar växtrötternas tillväxt och näringsupptag. Runt rötterna, i rhizosfären, på aggregatens ytor och i maskarnas gångar är aktiviteten av mikroorganismer extra stor. Här sker den största delen av nedbrytningen och utbyten av komplexa ämnen. Specifika enzymer som fungerar som katalysatorer för kemiska reaktioner produceras av växtrötter, svampar och bakterier vilket möjliggör denna nedbrytning av organiskt material (Fogelfors, 2015, Eriksson et al., 2011). Higa och andra förespråkare för EM menar att delar av dessa processer går att styra genom att tillsätta EM till organiskt material. Agriton Sverige AB, agentur för EM i Sverige skriver på sin hemsida att skadliga organismer drivs bort genom ”dominanseffekten” då EM tillförs jorden och att ”EM® dödar inte utan driver bort bakterier” och att ”EM® ökar beståndet av hälsosamma mikroorganismer”. Blandningen består av mikroorganismer som finns naturligt i marken, exempelvis aktinobakterier som är en av de vanligast förekommande mikroorganismgrupperna i jord (Wollum, 1999). Agriton Sverige AB (2022) menar att effekten uppnås genom att en stor grupp organismer i jorden, som de benämner som ”följare”, väljer att anpassa sig och imitera den grupp av organismer (främjande eller skadlig grupp) som dominerar. Genom att tillföra EM skulle mängden av främjande organismer i jorden öka och på så vis vinna över följarorganismerna till den främjande, återställande sidan. Denna process kan dock enligt återförsäljaren ta tid, den förväntade effekten på jordens fertilitet kan uppnås efter några års behandling (Agriton Sverige AB, 2022). Eftersom få långtidsförsök i markecosystem har gjorts är det dock svårt att bekräfta dessa påståenden vetenskapligt.

2.7. Mineralisering, immobilisering och C/N-kvotens betydelse för nedbrytning av växtnäring

I marken pågår som nämnts en ständig omvandling och ett utbyte av olika ämnen, men också en konkurrens om näringsämnen mellan växter och andra markorganismer. De flesta mikroorganismer i marken är organotrofa och utnyttjar kol som energikälla. För den mikrobiella tillväxten behövs också näringsämnen som kväve, fosfor och svavel. Kväve är ofta det begränsande ämnet för tillväxten och huruvida det vid nedbrytning av organiskt material sker en immobilisering eller mineralisering av kväve bestäms av tillgången på energirikt material och mängden kväve i detta, d.v.s. C/N-kvoten. Vid hög C/N-kvot (kvävefattigt material) kommer mikroorganismerna att ta upp näringsämnen ur markvätskan och på så sätt konkurrera med växterna. Kvävet byggs då in i cellerna på markorganismerna och en nettoimmobilisering uppstår. Vid låga C/N-kvoter, under 25, uppstår i regel en mineralisering av kväve som växterna kan tillgodogöra sig (Eriksson et al. 2011, Fogelfors, 2015).

2.8. Redoxprocesser i marken

Vid nedbrytning av organiskt material i marken oxideras de organiska föreningarna (avger elektroner). När det sker i en mark med god syretillgång (aerob miljö) reduceras i första hand syre (tar upp elektroner). Att syre i första hand används som elektronacceptor beror på att den har högre elektronnegativitet, d.v.s. attraherar elektroner starkare, jämfört med andra molekyler. Sammantaget sker en redoxreaktion där mikroorganismerna omvandlar kolföreningar till koldioxid och vatten, vilket benämns som respiration

Vid brist på syre i marken, vilket exempelvis kan uppstå om marken blir vattenmättad, hårt packad eller om konsumtionen av syre är snabbare än diffusionen från markytan, behöver de avgivna elektroner som uppstått genom mikroorganismernas oxidation av kol tas upp av något annat ämne (med lägre elektronegativitet) än syre. Nitrat, med bildande av kvävgas och olika kväveoxider i denitrifikationsprocesser, och koldioxid med metangas som resultat kan i anaeroba miljöer reduceras vid nedbrytning av organiskt material (Eriksson et al., 2011). Vid biogastillverkning är det just den sistnämnda reaktionen som är önskvärd, och är just vad som sker vid rötning. Om omvandlingen till metangas sker vid exempelvis kompostering eller vid bokashimetoden är den däremot inte önskvärd då metangas är en mycket kraftig växthusgas som då kan frigöras till atmosfären.

Denitrifikation kan utföras av ett flertal bakterier, arkéer och svampar och är ett naturligt led i kvävet kretslopp. Reduceringen av kvävet sker i flera steg:



Denitrifikationsprocessen återför kvävgas till atmosfären, och är en viktig reningsprocess i exempelvis våtmarker. Vid ofullständig reduktion bildas dock kväveoxider som lustgas, vilket är en kraftfull växthusgas. Denna ofullständiga process gynnas om det finns en viss tillgång på syre och om pH är lågt (Eriksson et. al., 2011), vilket skulle kunna ske när bokashimetoden används. Vid fermenteringsprocessen får nämligen bokashimaterialet ett relativt lågt pH, och vid påfyllning och eventuell omrörning eller om materialet inte packas tillräckligt bra tillförs dessutom syre. Denna teori stöds av Hillberg (2021) som visat att både lustgas och metan bildas vid tillverkningsfasen av bokashi.

3. Material och metod

3.1. Försöksupplägg

För att undersöka vilken potential bokashi har som gödsel och jordförbättringsmedel för odling av grönsaker gjordes ett tvåfaktoriellt odlingsförsök med nio behandlingar och två växtslag. Tre olika bokashimaterial jämfördes med traditionell hushållskompost, rötrest från biogasanläggning (biogödsel) och BSF-kompost. För att kunna bedöma de olika gödselmedlens inverkan på växtkraft (groning, döda plantor, skattad vitalitet, innehåll av klorofyll i bladen samt ovanjordisk biomassa) ingick även en negativ kontroll med enbart jord och en positiv kontroll med mineralgödsel. Alla gödselmedel blandades homogent med jorden förutom ett av bokashimaterialen som delades upp i två försöksled där det ena blandades homogent med jorden i krukorna och det andra placerades i en klump i mitten av krukorna. Hela dosen av alla gödselmedel tillsattes i samband med försöksstarten. Ett lager jord utan gödsel lades överst i alla krukor vid sådden för att skydda de unga känsliga plantorna mot lågt pH i bokashimaterialen och för hög koncentration av näring i början av försöket. Sammanlagt blev det 9 olika behandlingar. Två olika typer av bladgrönsaker (mangold och basilika) odlades för att göra studien mer robust.

Tabell 1. Försökets behandlingar samt de beteckningar som används för behandlingarna i rapporten. NPK står för kväve, fosfor och kalium, EM för "effektiva mikroorganismer" och BSF för Black Soldier Fly.

Gödsel	Beteckning
Positiv kontroll, konstgödsel	NPK
Bokashi med EM	BEM
Bokashi utan EM	BUEM
Bokashi hushåll EM, inblandad	BH
Bokashi hushåll EM, i klump	BHK
Traditionell kompost	TK
Biogödsel (rötrest)	BG
BSF-kompost	BSF
Negativ kontroll, ogödslad	OG

För varje försöksled gjordes fyra upprepningar. Försöket var fullkomligt randomiserat inom respektive växtslag och placeringen av krukorna bestämdes genom en funktion i Excel (=SLUMP:MELLAN) som slumpar siffror inom ett visst intervall. För att minska risken för kanteffekter omplacerades alla krukor en gång per vecka genom att de flyttades tre steg med en veckas mellanrum.

3.2. Gödselmedlen

3.2.1. Bokashimaterialen

Två av de tre bokashimaterialen var tillverkade i samband med tidigare försök där bl.a. respirationen undersöktes (Thorslund, 2020, Hillberg, 2021). Dessa båda material skapades genom att blanda kattmat (Hill's Vet Essentials Mature Adult 7 + Chicken) med grovriven vinterpotatis i proportionerna 1:2 vid sju tillfällen med tre dagars mellanrum. Till hälften av materialet tillsattes bokashiströ med effektiva mikroorganismer, EM, (ca 10 ml/kg material) medan den andra hälften skapades utan tillsats av bokashiströ. De båda materialen fick sedan vila i rumstemperatur (18,5 - 20,5 grader) i 24 dagar varpå de blandades om väl och frystes (Thorslund, 2020).

Det tredje bokashimaterialet skapades av matavfall från hushåll enligt rekommenderad metod från Bokashiworld in Sweden AB (2018). Blandade frukt- och grönsaksrester som blast, skal, och äppelskrutt, äggskal samt måltidsrester som kött, grönsaker och mejeriprodukter samlades i öppen bunke på diskbänken och

skrapades ner i bokashihink tillsammans med riven äggkartong och ca 75 ml bokashiströ med EM vid tre tillfällen med tre dagars mellanrum. Sammanlagt blev det 6,353 kg matavfall och ca 225 ml bokashiströ (ca 35 ml/kg). Därefter fick hinken med bokashi vila i 14 dagar i rumstemperatur (ca 20 grader) varpå det utan omblandning frystes.

3.2.2. Kompostmaterialet

Kompostmaterialet togs från samma hushåll som hushållsbokashin. Ursprungsmaterialet var således ungefär detsamma och bestod av matavfall som frukt- och grönsaksrester, äggskal, riven äggkartong samt matrester med kött, grönsaker och mejeriprodukter. Till skillnad från bokashin innehöll kompostmaterialet även papper, sågspån och en mindre mängd trädgårdsavfall som nedklippta örter och gräsklipp.

Kompostbehållaren som användes var en Greenline Master, 375 liter avsedd för kompostering året runt. Vid starten i juli månad lades ett luftigt material med tunna, vedartade grenar i botten och därefter nedklippta örter, färskt gräsklipp och matavfall samt material från en annan aktiv kompost. Komposteringen pågick under ca åtta månader och tillfördes regelbundet organiskt material. Sågspån tillsattes för att motverka att materialet blev för blött. Kompostbehållaren var placerad i halvskugga vilket gjorde att temperaturen växlade under sommaren. Komposten hölls aktiv (varm) under höst och vinter genom regelbunden tillförsel av organiskt material. Luftning skedde ganska oregelbundet eftersom det var tungt och besvärligt att röra om i den toppmatade kompostbehållaren.

Efter ca åtta månaders aktiv kompostprocess (juli 2019-mars 2020) fick komposten vila ca 7 månader (mars-oktober). Materialet var något ojämnt nedbrutet och framför allt de översta skikten hade inslag av grovt material medan de nedre skikten var mer homogena och humifierade (figur 1). Kompostmaterial från de undre skikten togs ut, blandades och frystes ned.



Figur 1. Kompostmaterialet som användes i odlingsförsöket

3.2.3. Biogödseln

Vid Uppsala Vatten och Avfall AB:s biogasanläggning i Kungsängen behandlas matavfall från hushåll samt annat organiskt material som t.ex. slakteriavfall genom rötning. Avfallet hygieniseras och därefter sker en anaerob röttningsprocess vid en temperatur på 52 grader (Uppsala Vatten och Avfall AB, 2018). Biogödseln är godkänd för spridning på jordbruksmark och används av lantbrukare (Uppsala Vatten, 2020). Till odlingsförsöket användes biogödsel från Uppsala biogasanläggning som hämtats i april 2020 och därefter förvarats i frysa.

3.2.4. BSF-komposten

Forskargruppen som arbetar med kretsloppsteknik vid institutionen för energi och teknik på SLU har bidragit med den BSF-kompost som använts i den här studiens

odlingsförsök. Frass från en population soldatflugelarver som fötts upp på svinfoder användes efter att den genomgått termofil komposteringsbehandling. Efterkomposteringen av 2 kg frass gjordes i en isolerad behållare som luftades genom att locket hölls öppet. Temperaturen i komposten kom snabbt upp i 70 grader och efter ungefär en vecka hade temperaturen sjunkit till 53 grader. Efter ytterligare en vecka hade kompostmaterialet som nu benämns "BSF-kompost" svalnat och lades i frysen för förvaring fram till försöksstart.

3.3. Jorden

Jorden, Hasselfors S-jord, valdes utifrån ett lågt näringsinnehåll (mineralkväveinnehåll 100 mg/liter) och tillsattes i en mängd (1,5 dl/kruka) med avsikt att skapa näringsbrist ca 4 veckor efter sådd. För att fylla upp krukorna och skapa förutsättningar för goda fysikaliska egenskaper i substratet blandades jorden med 1,5 dl vermikulit som har goda vattenhållande egenskaper och hög porositet.

3.4. Kemiska analyser och beräkning av gödselgivor

För att möjliggöra utvärderingen av bokashins potential som gödselmedel utifrån ett hållbarhetsperspektiv anpassades givorna för att ge samma mängd totalkväve från samtliga organiska gödselmedel. Gödselmängden skulle dessutom inte vara för hög och, översatt till fält, kunna orsaka näringsläckage. Vid en alltför hög gödselgiva skulle det dessutom vara svårt att identifiera skillnader i gödseffekt mellan gödselmedlen med tanke på den relativt korta försöksperioden. En alltför låg giva med snabb näringsbrist skulle kunna bli missvisande då växterna inte skulle hinna växa klart. Utifrån dessa premisser analyserades alla material med avseende på organiskt C, organiskt-N och mineral-N (direkt växttillgängligt N i form av ammonium och nitrat). Dessutom gjordes en uppskattning på förväntad N-mineralisering för de olika gödselmedlen baserat på litteratordata.

3.4.1. Kemiska analyser

De sex olika gödselmaterialen hackades ner och finfördelades. Inför analys av Kjeldahlkväve och total-C siktades även materialet genom grovmaskigt nät för att avlägsna en del bitar av äggskal och äggkartong som var mycket svåra att finfördela och annars ansamlades i stor mängd.

pH-värde bestämdes för varje gödselprov och resultaten visade att alla proverna låg inom godkänt intervall för att genomföra analyserna.

Analys av Kjeldahlkväve gjordes av analyslaboratoriet vid institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU (Nordic Committee on Food Analyses, 1976). Total-C bestämdes genom förbränning i en LECO CN2000 (LECO Corporation, St Joseph, MI, USA) av analyslaboratoriet vid institutionen för mark och miljö.

För att bestämma ammonium i gödselmedlen användes fotometrisk metod med indofenolblått (spectroquant ammoniumtest från Merck). För mätningen användes 10 mm celler, och mätområdet var 6–193 mg NH_4 / L. Även nitrat bestämdes med fotometrisk metod, men med 2,6-dimetylfenol (spectroquant nitrattest från Supelco). Mätområdet var 4,4–110,7 mg NO_3 / L och vid mätningen användes 10 mm celler.

De sex olika gödselproven förbereddes för analysen enligt följande:

5 g gödselmaterial blandades med 100 ml destillerat vatten i en bägare. Efter 15 min hade olösliga partiklar sjunkit till botten och 50 ml av varje supernatantlösning pipetterades till provrör. För att rena lösningarna från ämnen som kunde påverka de fotometriska mätningarna tillsattes 0,25 gram aktivt kol för jordtest till varje lösning. Proverna skakades för hand i tio minuter, därefter filtrerades ca 10 ml av varje prov genom att använda spruta med filter och överfördes till nya provrör.

Fem olika spädningar (5%, 10%, 25%, 50% och 100%) gjordes för alla sex material. Spädningarna baserades på antaganden om ammoniumhalten i varje prov och för att matcha mätområdet för metoden. Därefter genomfördes de kemiska analyserna för ammonium och nitrat enligt testinstruktionerna och absorbansen mättes i spektrofotometer.

Standardkurvor för absorbansvärden gjorda efter kända lösningar med motsvarande spädningar samt ekvationer för att beräkna ammonium- respektive nitrathalt togs fram i Excel. Utifrån de beräkningarna kunde sedan mängden nitrat-N och ammonium-N för de sex ursprungsmaterialen beräknas.

3.4.2. Skattning av kvävebehov

Gödselgivorna baserades på plantornas behov av kväve. Plantornas kvävebehov uppskattades genom att utifrån livsmedelsverkets databas (Livsmedelsverket, 2021) för näringsinnehåll beräkna mängden protein i de kväverika delarna (bladen) av växterna och därefter räkna ut kvävemängden utifrån ett genomsnittligt värde för kvävemängd i protein på 16 % (FAO, 2002). Enligt livsmedelsverket (2021) innehåller basilika 2,5 % och mangold 1,8 % protein. Bladen från en kruka med basilika uppskattades väga 20 gram och bladen från en kruka med mangold uppskattades väga 75 gram. Vikterna uppskattades för basilika genom att bladen från en kruka med basilika, inköpt i livsmedelsbutik vägdes (färskvikt) och för

mangold genom att blad från en planta pak-choi, inköpt i livsmedelsaffär, vägdes (färskvikt). Att pak-choi valdes för att uppskatta vikten på mangold berodde på att det vid tillfället inte fanns mangold i närliggande butiker och pak-choi, där de grövsta delarna (stammarna) skurits bort uppskattades vara den bladgrönsak som mest liknade mangold.

3.4.3. Skattning av N-mineralisering

N-mineraliseringen antogs variera för de olika gödselmedlen beroende på C/N-kvot samt grad av nedbrytning. Den traditionella komposten hade redan omsatts i hög grad och antogs därför endast brytas ned med 2 % under odlingsperioden (Hartz et. al, 2000) med motsvarande kväve mineralisering (2%). För bokashimaterialen användes beräkningar från ett försök där nedbrytningsprocessen studerades för baljväxter. För dessa baljväxter i olika blandningar med C/N-kvoter mellan 16 och 8 varierade mineraliseringsgraden mellan 30 och 50 % av växternas totala N-innehåll, ju lägre kvot desto mer kväve blev tillgängligt (Gunnarsson & Marstorp, 2002). Bokashimaterialens C/N-kvoter skilde sig visserligen åt, och bokashi från hushåll hade nästan dubbelt så hög C/N-kvot som bokashin gjord på kattmat och potatis. Kvävet i hushållsbokashin förväntades även i realiteten mineraliseras i långsammare takt eftersom materialet var grövre, d.v.s. mindre kontaktyta för nedbrytande organismer. Kväve mineraliseringen över odlingsperioden antogs trots detta i skattningen av kvävetillgången vara 30% av det organiska kvävet vid start för samtliga bokashimaterial.

Framför allt biogödseln innehöll stor mängd mineral-N vid försöksstart men även BSF-komposten hade i och med den termofila efterkomposteringen redan omsatts i relativt hög grad och hade avsevärd mängd mineral-N vid start. Dessa båda material förväntades endast få en mineralisering under odlingsperioden på 20% av det organiska kvävet vid start (tabell 2 och 3).

3.4.4. Beräkningar av gödselgivor

Beräkningarna gjordes utifrån att alla försöksled inom samma växtslag skulle få samma mängd totalkväve, för att kunna testa materialens effektivitet som N-gödselmedel. Dessutom skulle den anpassas till att inte vara för låg och ge missväxt, men inte heller vara för hög och ge fullgod N-tillgång i alla led. Efter att mängden totalkväve i gödselgivan bestämts utifrån de olika växtslagen behov, uppskattades hur mycket av det organiska kvävet som förväntades mineraliseras. Mängden mineralgödsel (NPK) som tillsattes den positiva kontrollen anpassades för att tillgodose plantornas behov med lite marginal. Kvävemängderna redovisas i tabell 2 och 3.

Tabell 2. Kvävmängder i gödselmedlen samt hur stor del av kvävebehovet som förväntas tillgodoses i de olika försöksleden för basilika beräknat utifrån ett uppskattat kvävebehov per planta på 96 mg.

Behandling (gödsel)	pH	Mineral-N vid start (Inkl. N från S- jord) (mg)	Org-N (mg)	Förväntad grad av mineralisering (%)	C/N- kvot	Förväntat mineraliserat org-N (mg)	Summa min-N, start + org- N (mg)	Summa min-N + förväntat min-N i jord (mg)	% av N-behov som förväntas tillgodoses från gödsel	% av N-behov som förväntas tillgodoses från gödsel och jord
NPK		111,0	-	-		-	111,0	111,0	107%	116 %
BEM	4,4	18,4	140,6	30%	11	42,2	159,0	60,0	47%	63 %
BUEM	4,0	19,6	139,4	30%	11	41,8	159,0	61,4	48%	64 %
BH	4,4	24,6	134,4	30%	20	40,3	159,0	64,9	52%	68 %
BHK	4,4	24,6	134,4	30%	20	40,3	159,0	64,9	52%	68 %
TK	6,6	23,9	135,1	2%	12	2,7	159,0	26,6	12%	28 %
BG	8	72,2	86,8	20%	3,5	17,4	159,0	89,6	78%	93 %
BSF	8,6	41,5	117,5	20%	9	23,5	159,0	65,0	52%	68 %
OG		15,0	-	-		-	15,0	15,0	0%	16 %

Tabell 3. Kvävemängder i gödselmedlen samt hur stor del av kvävebehovet som förväntas tillgodoses i de olika försöksleden för mangold beräknat utifrån ett uppskattat kvävebehov per planta på 204,8 mg.

Behandling (gödsel)	pH	Mineral-N vid start (Inkl. N från S- jord) (mg)	Org-N (mg)	Förväntad grad av mineralisering (%)	C/N- kvot	Förväntat mineraliserat org-N (mg)	Summa min-N, start + org-N (mg)	Summa min-N + förväntat min-N i jord (mg)	% av N- behov som förväntas tillgodoses från gödsel	% av N-behov som förväntas tillgodoses från gödsel och jord
NPK		219,8	-	-		-	219,8	219,8	107%	116 %
BEM	4,4	22,2	300,0	30%	11	90,0	322	112,2	47%	55 %
BUEM	4,0	24,	297,4	30%	11	89,2	322	114,1	48%	56 %
BH	4,4	35,5	286,7	30%	20	86,0	322	121,5	52%	59 %
BHK	4,4	35,5	286,7	30%	20	86,0	322	121,5	52%	59 %
TK	6,6	34,1	288,1	2%	12	5,8	322	39,8	12%	19 %
BG	8	137,1	185,1	20%	3,5	37,0	322	174,1	78%	85 %
BSF	8,6	71,5	250,7	20%	9	50,1	322	121,7	52%	59 %
OG		15	-	-		-	322	15,0	0%	7 %

3.4.5. Sådd och skötsel av försöket

För att undersöka eventuell påverkan vid groning såddes exakt 5 frön av mangold (ett mangoldfrö kan dock ge upphov till flera plantor) i vardera 36 krukor samt 10 frön av basilika i vardera 36 krukor

Försöket var tänkt att göras i ett växthus vid SLU i Ultuna, men p.g.a. pågående pandemi och rådande restriktioner om att inte resa kommunalt och att arbeta hemifrån i möjligaste mån ändrades planen och en odlingslokal skapades i stället i en isolerad bod (15 m²) med ett medelstort fönster i sydvästlig riktning och ett litet fönster i nordväst. Krukorna (8x8 cm) med fat (11x11 cm) placerades på bord med en area av ca 1m².

Lysrörsarmatur med tio lysrör med vitt ljus (Biltema T5 varmvit á 58W) monterades i höj- och sänkbara kedjor ovanför krukorna vilket gav en sammanlagd ljusstyrka på 580 W. Lysrören kopplades till en timer som programmerades att ha belysningen tänd mellan 6:00 och 22:00. Avståndet mellan växter och lysrörsarmatur justerades efter växternas utvecklingsfaser för att ge växterna en bra balans mellan ljus och värme.

Temperaturen vid krukorna mättes regelbundet och låg mellan 22 och 24,5 grader under groningsfasen (de första tre veckorna). Därefter sänktes armaturen från att vara 60 cm över jord till ca 35 cm över växterna för högre ljusintensitet. Temperaturen varierade sedan mellan 21 och 27,5 grader varvid den lägre uppmättes vid kall väderlek (-15°). Åtta veckor efter sådd hade några av basilikaplantorna blivit så höga att belysningen behövde höjas. Avståndet mellan basilikaplantornas toppar och belysningen blev då mellan 0 och 20 cm och för mangolden från 15 till 30 cm mellan blad och belysning.



Figur 2. Odlingen ca fem veckor efter sådd

Bevattning utfördes med vattenkanna och efter behov, vilket undersöktes dagligen. För att undvika översvämning med risk för näringsläckage genomfördes varje bevattning noggrant förhand.

Drygt tre veckor efter sådd gallrades plantorna varvid fyra basilikaplantor och en mangoldplanta per kruka sparades.

3.5. Försöksparametrar som undersöktes

Sammanlagt undersöktes fem parametrar under försökets gång; (i) groningen, (ii) döda plantor, (iii) skattad vitalitet, (iv) SPAD-värde och (v) biomassa.

Dessa parametrar sammanfattas som ett mått på behandlingarnas potential som gödsel och benämns som *växtkraft*.

3.5.1. Groning och döda plantor

Antal frön som grott och plantor som dött räknades en, två och tre veckor efter sådd och de totala antalen sammanställdes.

3.5.2. Utvecklingstendenser och skattad vitalitet

Tre gånger under försökets gång dokumenterades växternas utveckling genom fotografering och observation av tillväxten. Nio veckor efter sådd, gjordes en mer noggrann okulär besiktning där alla försöksled undersöktes med avseende på skattad färg, bladstorlek och frodighet. Försöksleden jämfördes med varandra och gavs poäng enligt en skala, tabell 4. Poängen för varje egenskap summerades för respektive försöksled. Med frodighet avses skattad biomassa och intryck av växtkraft. Den sammanlagda bedömningen av de tre egenskaperna färg, bladstorlek och frodighet benämns som vitalitet. Dessa jämförelser användes som en extra kontroll för att bekräfta rimligheten av resultaten för övriga parametrar men analyserades inte statistiskt.

Tabell 4. Skattningssystem för observationer 9 veckor efter sådd. Alla försöksled observerades och gavs poäng efter skattningsskalan. Poängen för varje egenskap (bladfärg, bladstorlek och frodighet) summerades och ett medelvärde för varje försöksled beräknades och fick representera skattad vitalitet. Poängsumman för skattad vitalitet kunde alltså anta värden mellan 3 och 13.

Bladfärg	Bladstorlek	Frodighet	Poäng
Mörkgrön	-	Mkt frodig	5
Grön	-	Frodig	4
Ljusgrön	Stora	Mindre frodig	3
Gulgrön	Medelstora	Klen	2
Gul	Små	Mycket klen	1

3.5.3. SPAD-värden

Vid slutet av försöket, drygt nio veckor efter sådd skattades bladens innehåll av klorofyll med hjälp av en SPAD-meter (vilket speglar N-innehållet i bladen). Mätningarna gjordes på mitten av bladens längd mellan mittnerv och bladkant. För att få jämförbara resultat gjordes mätningarna på de senast utväxta bladparen som var fullt utvecklade på varje planta. Försöksleden med mangold hade en planta per kruka och fyra mätning utfördes per kruka. Krukorna med basilika innehöll fyra plantor varvid åtta mätningar per kruka utfördes. Ett medelvärde räknades fram för varje försöksenhet innan de statistiska analyserna gjordes.

3.5.4. Biomassa

Alla plantor skördades knappt tio veckor efter sådd. Basilikaplantorna klipptes av med sekator precis ovan jord och mangolden, vars rot till viss del var ovan jord, klipptes av där roten övergick i blast. All ovanjordsbiomassa (förutom rotdeklar) lades i perforerade plastpåsar och torkades i ca 50 grader under 72 timmar varpå biomassan (torrvikt) vägdes.

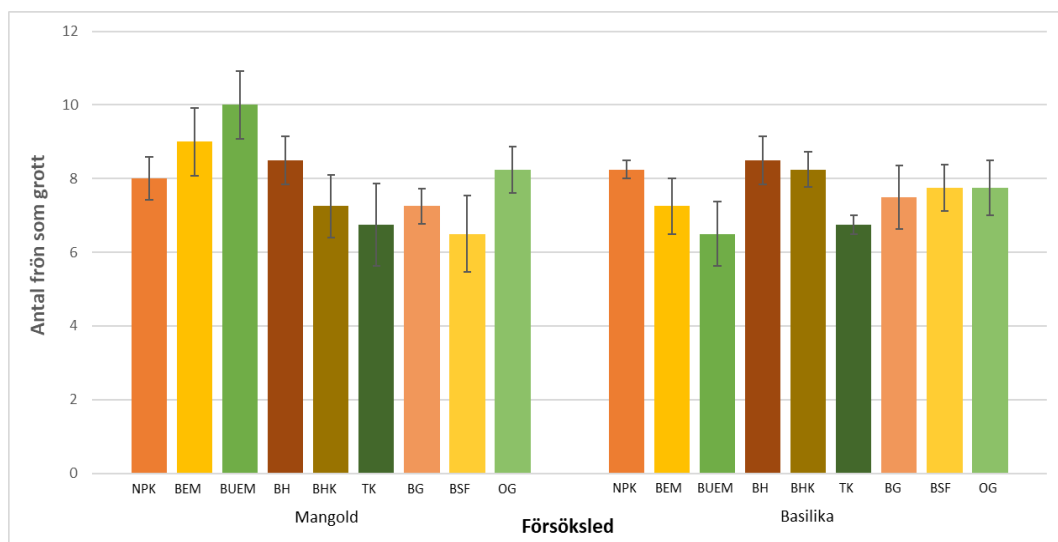
3.6. Statistiska analyser

Fyra parametrar (groning, döda plantor, SPAD-värden och biomassa) undersöktes statistiskt. För att beräkna medelvärden, standardavvikelser och för att undersöka eventuella huvudeffekter samt interaktionseffekt mellan de båda faktorerna (gödselbehandling och växtslag), gjordes både envägs- och tvåvägsanova samt, där anovan indikerade signifikanta skillnader, Tukeys test med ett konfidensintervall på 95% ($p < 0,05$). Till dessa beräkningar användes statistikprogrammen JMP och Minitab.

4. Resultat

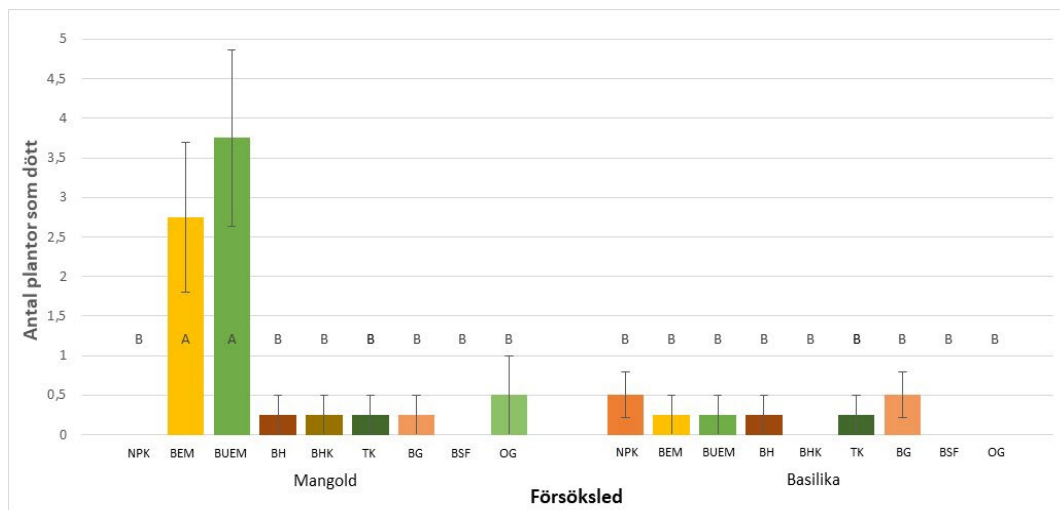
4.1. Groning och döda plantor

Ingen signifikant skillnad för antal frön som grott sågs för vare sig de olika gödselbehandlingarna (p-värde 0,305) eller växtslagen (p-värde 0,344) (figur 3). Det fanns inte heller någon interaktionseffekt mellan växtslag och gödselbehandling (p-värde 0,069).



Figur 3. Antal frön som grott tre veckor efter sådd. Ingen signifikant skillnad sågs avseende groning. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödselad

Antal plantor som dött tre veckor efter sådd var däremot signifikant fler för mangold som behandlats med bokashi gjord av kattmat och potatisskal både med och utan EM tillsatt (BEM och BUEM) jämfört med alla andra behandlingar (figur 4). Mellan övriga behandlingar sågs ingen signifikant skillnad i antal plantor som dött (figur 4).



Figur 4. Antal planter som dött tre veckor efter sådd. Bokstäverna i och ovanför staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelse. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödsel

4.2. Utvecklingstendenser och skattad vitalitet

Fem veckor efter sådd var skillnaderna mellan försöksleden relativt små, men efter sju veckor skattades försöksleden som behandlats med NPK, BSF och BG som mer välutvecklade än övriga. Försöksleden med TK och framför allt OG skattades som glesare och mindre jämfört med övriga och de led som behandlats med de olika bokashimaterialen hamnade i skattningen på en medelnivå (figur 5 och 6).



1B-4B NPK (mineralgödsel)



5B-8B BEM (bokashi med EM)



9B-12B BUEM (bokashi utan EM)



13B-16B BH (bokashi hushåll inblandad)



B17-B20 BHK (bokashi hushåll klump)



B21-B24 TK (traditionel kompost)



B25-B28 BG (biogödsel)



B29-B32 BSF (Black Soldier Fly – kompost)



B33-B36 OG (ogödslad)

Figur 5. Utveckling sju veckor efter sådd av basilikaplantor behandlade med olika gödselpreparat.



1A-4A NPK (mineralgödsel)



5A-8A BEM (bokashi med EM)



9A-12A BUEM (bokashi utan EM)



13A-16A BH (bokashi hushåll inblandad)



17A-20A BHK (bokashi hushåll klump)



21A-24A TK (traditionell kompost)



25A-28A BG (biogödsel)



29A-32A BSF (Black Soldier Fly – Kompost)



33A-36A OG (ogödsad)

Figur 6. Utveckling sju veckor efter sådd av mangoldplantor behandlade med olika gödselpreparat.

Nio veckor efter sådd sågs en tydlig skillnad mellan både mangold- och basilikaleden som behandlats med TK, BHK, BH och OG jämfört med NPK, BG, BSF, BUEM och BEM där den sistnämnda gruppen skattades som frodigare och mer vitala (tabell 5 och 6 samt figur 7 och 8).

Tabell 5. Skattad vitalitet (observationer av tre egenskaper; bladfärg, bladstorlek och frodighet) för nio veckor efter sådd för mangold som behandlats med olika gödsel. Poängssumma max 13 och min 3 poäng. (NPK=mineralgödsel, BEM=bokashi med EM, BUEM=bokashi utan EM, BH=bokashi från hushåll med EM, BHK=bokashi från hushåll i klump med EM, TK=traditionell kompost, BG=biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=ogödslad (enbart jord))

Gödsel	Bladfärg	Poäng	Bladstorlek	Poäng	Frodighet	Poäng	Poängssumma
NPK	mörkgrön	5	medelstora	2	frodig	4	11
BEM	mörkgrön	5	stora	3	frodig	4	12
BUEM	mörkgrön	5	stora	3	frodig	4	12
BH	mörkgrön-grön	4,5	medelstora	2	mindre frodig	3	9,5
BHK	mörkgrön-grön	4,5	små	1	klen	2	7,5
TK	grön-ljusgrön	3,5	små	1	klen	2	6,5
BG	mörkgrön	5	stora	3	mkt frodig	5	13
BSF	mörkgrön-grön	4,5	stora	3	mkt frodig	5	12,5
OG	grön-ljusgrön	3,5	små	1	mkt klen	1	5,5

Tabell 6. Skattad vitalitet (observationer av tre egenskaper; bladfärg, bladstorlek och frodighet) nio veckor efter sådd för basilika som behandlats med olika gödsel. Poängssumma max 13 och min 3 poäng. (NPK=mineralgödsel, BEM=bokashi med EM, BUEM=bokashi utan EM, BH=bokashi från hushåll med EM, BHK=bokashi från hushåll i klump med EM, TK=traditionell kompost, BG=biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=ogödslad (enbart jord))

Gödsel	Bladfärg	Poäng	Bladstorlek	Poäng	Frodighet	Poäng	Poängssumma
NPK	mörkgrön	5	stora	3	mkt frodiga	5	13
BEM	mörkgrön-grön	4,5	medelstora	2	mindre frodig	3	9,5
BUEM	mörkgrön-grön	4,5	stora	3	frodig	4	11,5
BH	ljusgrön-gulgrön	2,5	små	1	klen	2	5,5
BHK	ljusgrön	3	medelstora	2	mindre frodig	3	8
TK	ljusgrön	3	medelstora	2	Mindre frodig	3	8
BG	mörkgrön	5	stora	3	mkt frodig	5	13
BSF	grön	4	medelstora	2	frodig	4	10
OG	ljusgrön-gulgrön	2,5	små	1	Mkt klen	1	4,5

					
1B-4B NPK (mineralgödsel)		5B-8B BEM (bokashi med EM)		9B-12B BUEM (bokashi utan EM)	
					
13B-16B BH (bokashi hushåll inblandad)		B17-20 BHK (bokashi hushåll klump)		B21-24 TK (traditionel kompost)	
					
B25-B28 BG (biogödsel)		B29-B32 BSF (Black Soldier Fly – kompost)		B33-B36 OG (ogödsel)	

Figur 7. Utveckling knappt tio veckor efter sådd av basilikaplantor behandlade med olika gödsel.

	1A-4A NPK (Mineral- Gödsel)		5A-8A BEM (Bokashi med EM)		9A-12A BUEM (Bokashi Utan EM)
	13A- 16A BH (Bokashi Hushåll Inblandad)		17A- 20A BHK (Bokashi Hushåll Klump)		21A-24A TK (Traditionell Kompost)
	25A- 28A BG (Biogödsel)		29A- 32A BSF (Black Soldier Fly – Kompost)		33A-36A OG (Ogödslad)

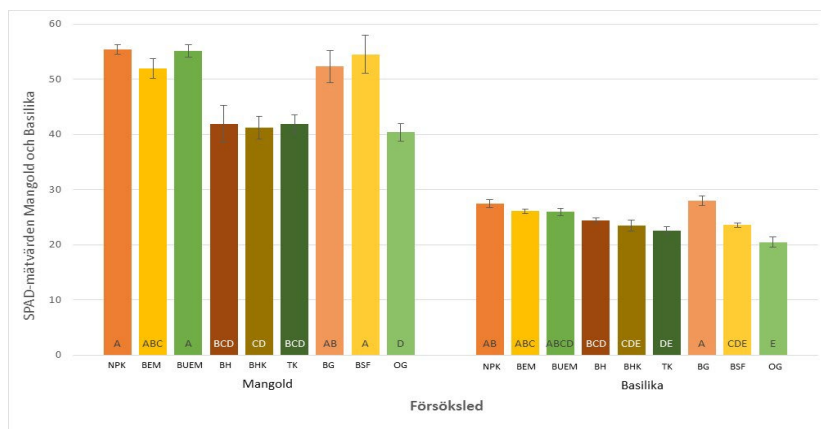
Figur 8. Utveckling knappt tio veckor efter sådd av mangoldplantor behandlade med olika gödsel.

4.3. SPAD-värden

Vid tvåfaktoriell analys hade försöksleden med mangold signifikant (p -värde $<0,001$) högre SPAD-värden jämfört med basilikaleden. Växtslaget hade alltså betydelse för bladens innehåll av klorofyll vilket var signifikant högre för mangold jämfört med basilika. Den tvåfaktoriella analysen identifierade färre signifikanta behandlingsskillnader inom respektive växtslag än en analys av växtslagen separat. SPAD-värdena för respektive växtslag analyserades därför var för sig.

Mangold som behandlats med BUEM, BSF och NPK hade signifikant högre SPAD-värde jämfört med BH, BHK, TK och OG och en trend där det ogödslade ledet samt kompost och bokashi från hushåll hade lägre SPAD-värden jämfört med övriga kunde anas (figur 9).

SPAD-värdena för basilika skiljde sig mindre åt mellan de olika behandlingarna jämfört med mangolden och även om behandlingarna med ogödslet, kompost och bokashi från hushåll i genomsnitt hade lägre värden jämfört med övriga så var resultaten inte särskilt tydliga. Behandling med biogödsel gav dock signifikant högre SPAD-värde jämfört med det ogödslade ledet, kompost, och de båda bokashibehandlingarna från hushåll och även BSF-komposten (figur 9). Behandling med BSF-komposten gav alltså lägre SPAD-värde för basilika jämfört med mangold vilket bekräftas av den skattade vitaliteten (tabell 5,6, figur 7 och 8).

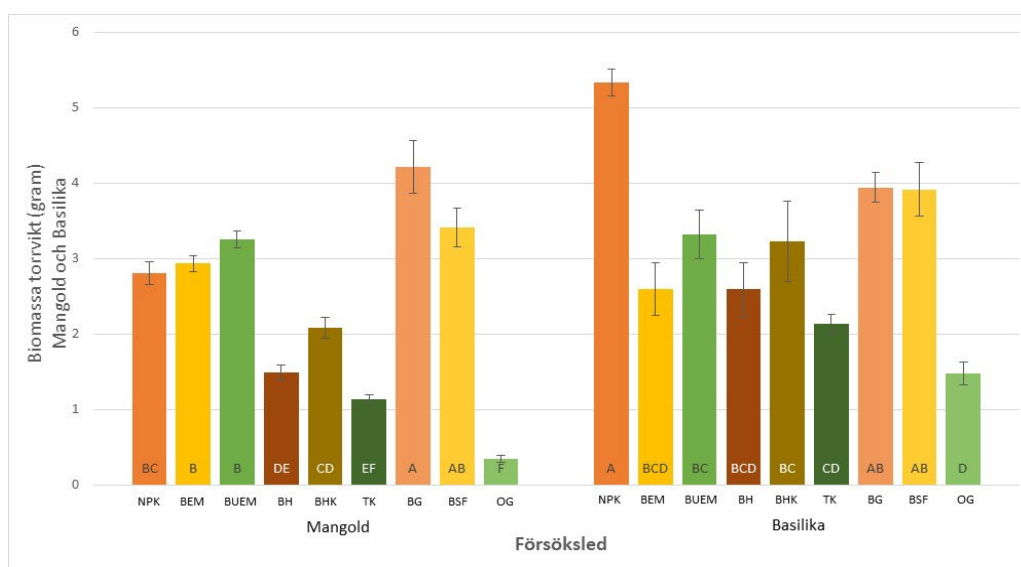


Figur 9. Skillnader i SPAD-värden för Mangold respektive Basilika som behandlats med olika gödselpreparat. Bokstäverna i staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödslet

4.4. Biomassa

De statistiska analyserna av mängden biomassa vid skörd, knappt tio veckor efter sådd, visade generellt en större spridning inom försöksleden för basilikaplantorna jämfört med mangoldplantorna. Sammanfattningsvis sågs en trend där behandling med BG och BSF gav högre biomassa, signifikant högre jämfört med TK och OG som gav lägst biomassa. För de led som gödslats med de olika bokashimaterialen och med NPK, den positiva kontrollen, var resultaten olika för mangold respektive basilika. En tendens där bokashileden hade högre biomassa jämfört med TK och OG samt lägre jämfört med BG och BSF kunde anas men skillnaderna var endast signifikanta i några av jämförelserna (figur 10).

Basilikaplantor som behandlats med NPK BUEM BG och BSF hade vid skörden hunnit gå i blom vilket innebär att de kommit in i en fas där tillväxten av bladbiomassa avstannar. Dessa fyra försöksled hade också högre (men, förutom NPK, inte signifikant högre) biomassa jämfört med övriga.



Figur 10. Biomassa vid skörd av mangold respektive basilika (torrvikt). Bokstäverna i staplarna anger signifikanta skillnader mellan försöksled inom respektive växtslag (mangold respektive basilika), där staplar med olika bokstäver har signifikant olika värden. Linjerna i staplarna visar standardavvikelser. NPK=Mineralgödsel, BEM=Bokashi med EM, BUEM= Bokashi Utan EM, BH= Bokashi från Hushåll inblandad och med EM, BHK=Bokashi från Hushåll tillsatt i klump och med EM, TK=Traditionell Kompost, BG=Biogödsel, BSF=Black Soldier Fly-kompost, OG=Ogödsad

5. Diskussion

5.1. Försökets tillförlitlighet

En faktor som kan ha haft betydelse för resultaten är att bokashimaterialen både hade olika ursprungsmaterial och var bearbetade på olika sätt (fint och grovt fördelat). Detta gör att det inte helt går att utesluta det ena eller andra orsakssambandet för skillnaderna mellan dessa gödselbehandlingar.

En annan faktor var att planen för växtplatsen ändrades från professionellt växthus till ett mer amatörmässigt upplägg med vanlig lysrörsbelysning. För att undersöka om belysningen av plantorna varit tillräcklig kontrollerades ljusstyrkan i slutet av försöket med en ljusmätare och ett värde på $225 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, motsvarande $13 \text{ mol}/\text{dygn}$ uppmättes. Mätningarna visade också på en kanteffekt med lägre värde; $180 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, motsvarande $10,4 \text{ mol}/\text{dygn}$. Enligt Karl-Johan Bergstrand, docent vid institutionen för biosystem och ekologi, SLU i Alnarp, behöver växter en ljussumma på 12–25 mol per dag (Bergstrand et al., 2015). Belysningen var alltså enligt dessa mätningar något undermålig med avseende på kanteffekten och den veckovisa omflyttningen var alltså motiverad.

Ungefär fyra veckor efter försöksstart hade tillväxten i de negativa kontrollen (ogödslade) med mangoldplantor avstannat vilket indikerade att näringstillskottet från jorden därefter var försumbar. De negativa kontrollen för basilika uppvisade tydlig näringsbrist först efter sex veckor. De positiva kontrollerna (NPK) såg välväxta, gröna och frodiga ut under hela försöksperioden fram till nio veckor efter sådd. Dessa iakttagelser visar att försöket varit tillförlitligt och inte påverkats av oförutsedda faktorer så som frökvalitet eller andra förutsättningar i odlingsmiljön. Det gav således goda förutsättningar att utvärdera de olika gödselmedlens näringslevererande förmåga.

5.2. Ursprungsmaterialets betydelse för kvaliteten på bokashin.

Alla plantor som gödslades med bokashimaterialen förväntades få sitt N-behov tillgodosett i ungefär samma grad. Bokashimaterialen från hushåll hade dock inledningsvis något högre mängd tillgängligt kväve jämfört med bokashi med ursprungsmaterial av kattmat och potatis. C/N-kvoten skiljde sig åt mellan materialen men alla låg under 25 vilket är önskvärt för att undvika nettoimmobilisering av kväve. Dock sågs i försöket en trend med en något bättre gödslingseffekt av bokashimaterialen med ursprungsmaterial av kattmat och potatis jämfört med matavfall från hushåll.

Bokashimaterialen skiljde sig åt på två sätt (förutom de fyra olika behandlingsmetoderna som testades). Dels var de tillverkade av olika ursprungsmaterial, dels var de bearbetade på olika sätt. BEM och BUEM var tillverkade av kattmat och potatis som finfördelats till mycket små bitar. BH och BHK hade sitt ursprung i matavfall från hushåll och innehöll i stället mycket grovt fördelade bitar av grönsaksrens, matrester och äggkartong. Hushållsbokashins grova bitar gav betydligt mindre yta för nedbrytningsprocesser jämfört med den finfördelade bokashin som tillverkats av kattmat och potatis. Detta orsakade sannolikt en långsammare nedbrytningshastighet och otillräcklig mineralisering av näringsämnen i hushållsbokashin vilket är den mest troliga förklaringen till trenden med sämre växtkraft för bokashimaterialen från hushåll. Eftersom materialen hade olika ursprung går det dock inte att utesluta andra orsaker som kan härledas till ursprungsmaterialens karaktär.

Att signifikant högre andel mangoldplantor som gödslats med bokashi gjord av kattmat och potatis hade dött tre veckor efter sådd kan ha orsakats av svampangrepp. En tydlig svampliknande (vit och trådig) påväxt upptäcktes på jorden i dessa krukor. Varför just dessa försöksled drabbades analyserades inte eftersom tiden inom ramen för detta arbete inte räckte till och tillräckligt många plantor överlevde och hade återhämtat sig fint efter ett par veckor.

Bokashimetoden kan alltså vara ett sätt att producera ett effektivt gödselmedel men det verkar ha betydelse för kvaliteten att matavfallet är kväverikt (C/N-kvot under 25) och att det finfördelas. Då pH-värdet direkt efter fermentering är lågt i bokashin behöver känsliga plantor skyddas genom att låta ett par veckor förflyta mellan gödsling och plantering. Alternativt kan bokashimaterialet placeras med säkerhetsavstånd till unga plantor. I försöket lades ett skyddande lager med såjord överst i krukans för att skydda de unga plantorna från den alltför sura miljön i början av försöket.

5.3. Ger bokashi mer växtkraft i trädgårdslandet jämfört med kompost?

När bokashimaterialen i denna studie jämfördes med traditionell kompost sågs en trend med mer växtkraft för de bladgrönsaker som gödslats med bokashi, framför allt bokashi tillverkad av kattmat och potatis (BEM och BUEM). Resultaten stämde väl överens med den förväntade mineraliseringsgraden på endast 2% för komposten (Hartz et al. 2000) jämfört med 30% för bokashin som liknades vid ett ungt och lätt omsättbart växtmaterial såsom klöver (som enligt Gunnarsson & Marstorp (2002) kan ha en omsättningsgrad på 30%).

Att jämföra bokashi med traditionell kompost är egentligen missvisande då de är så olika, både med avseende på nedbrytningshastighet och metod. I marknadsföringssammanhang ställs dessa metoder dock ofta mot varandra. Ett alternativ är att i stället se dem som kompletterande metoder för att ta vara på matavfall. Som gödselmedel fungerar enligt den här studien bokashi som gödselmedel och ger god växtkraft om ursprungsmaterialet är finfördelat och kväverikt. Mängden tillgänglig näring i kompostmaterialet räckte däremot inte till för att få bra växtkraft i det här försöket. Kompostmaterialet som tillverkats av matavfall från hushåll kan här ses mer som ett jordförbättringsmedel som tack vare sitt innehåll av stabila organiska föreningar kan förbättra jordens egenskaper som exempelvis vattenhållande förmåga och aggregatstabilitet. Kompost beskrivs i litteratur både som näringsrik (Ermolaev, 2013; Zibilske, 1999) och ibland som otillräcklig för att tillgodose växternas behov av näring (Zibilske, 1999). Hur slutprodukten av kompostering blir beror på näringsinnehållet i ursprungsmaterialen och hur skötseln av komposten anpassas efter de processer som sker i komposten. För att ge tillräcklig mängd tillgänglig näring kan kompostmaterialet vid lågt näringsinnehåll behöva tillsättas i större mängd eller kompletteras med gödselmedel med högre näringstillgänglighet. En vanlig rekommendation är att använda 1 del kompost till 3–5 delar jord (Eriksson, G., 2011) men mängden näring behöver också anpassas till vilken gröda som odlas. I det här försöket anpassades näringsinnehållet i gödselmedlen till plantornas behov av kväve och att alla plantor inom samma växtslag skulle få samma mängd total-N. I praktiken innebär det att komposten endast förväntades tillgodose 12 procent av N-behovet för plantorna då en stor mängd av kvävet antogs vara bundet i relativt stabila former. Sett till volym tillsattes komposten ungefär i proportionerna 1:6 för

basilikan och 1:3 för mangolden, men andelen kompost hade behövt vara betydligt högre för att ge tillräckligt med kväve till plantorna.

5.4. Bokashi i jämförelse med biogödsel och BSF-kompost.

Att biogödseln skulle ge bra resultat var väntat då andra analyser och växtodlingsförsök visat på god gödslingseffekt av biogödsel med avseende på kväve (Avfall Sverige, 2015). Dessutom förväntades N-behovet i detta försök tillgodoses med 78% för plantor som behandlades med biogödsel. I likhet med andra organiska gödselmedel som exempelvis kompost eller bokashi kan näringsinnehållet i praktiken dock variera beroende av hur gödseln hanteras vid olika skeden av processen. Exempelvis finns det risk för kväveförluster både vid lagring och spridning vilket kan minska kväveinnehållet (Avfall Sverige, 2015).

Den förväntade effekten mellan BSF-komposten och de olika bokashimaterialen skiljde sig inte nämnvärt åt. Plantornas N-behov förväntades tillgodoses med ungefär 50% från dessa material, sett över hela odlingsperioden. Bortsett från att gödsling med bokashi från hushåll generellt sett inte uppvisade lika positiva resultat som övriga vilket beskrivs i kapitel 5.2., stämde förväntningarna, och både BSF-kompost och bokashi gav god gödslingseffekt i försöket.

Behandling av matavfall med hjälp av fluglarver (vilken ger BSF-kompost) har som tidigare nämnts stor framtidspotential, men för att skala upp metoden krävs förändringar i EU:s lagstiftning kring uppfödningen av fluglarver och produktion av djurfoder.

5.5. Vilken betydelse har EM för bokashins kvalitet?

Odlingsförsöket visade tydligt att växtkraften inte blev bättre vid odling av bladgrönsaker i krukor inomhus då EM hade tillförts till bokashin jämfört med då EM inte tillförts till samma ursprungsmaterial. Att EM skulle ha betydelse för växtkraft, motverka växtsjukdomar, ge bättre hårdighet och gynna fruktsättning som ex. Bokashiworld in Sweden AB (2021b) och Olle (2020) hävdar är det svårt att hitta vetenskapligt stöd för (Mayer et al. 2010, Condor et al. 2007, Boechat, 2020, Chin et al. 2017). Dock finns försök som visat att tillförsel av EM kan påverka nedbrytningen av organiskt material och exempelvis öka och snabba på hastigheten på N-mineralisering (Boechat, 2013).

Higa, upphovsperson till EM, menar att markekosystem går att påverka genom att tillföra EM (Higa & Parr, 1994). Markekosystem är dock mycket komplexa och det är svårt att avgöra i vilken utsträckning *tillförda mikroorganismer påverkar miljön* i förhållande till hur *miljön påverkar vilka mikroorganismer som etablerar sig*. Exempelvis menar Amézeka (1999) att aggregatstabilitet i marken påverkar den biologiska aktiviteten, men skriver samtidigt att markorganismer har inverkan på aggregatbildningen. Även tillskott av organiskt material har betydelse för markens aggregatstabilitet vilken har stor betydelse för en odlingsjords kvalitet och produktivitet (Amézeka, 1999). Då EM tillförs jorden i kombination med organiskt material kan det vara det *organiska materialets sammansättning och förutsättning för mikroliv* snarare än ”dominanseffekten” och EM (vilket exempelvis Agriton, Sverige AB (2022) menar) som avgör hur jordens egenskaper påverkas.

Enligt Higas teorier (Higa & Parr, 1994) är det väsentligt att EM kommer i kontakt med och kan stödja det naturliga markekosystemet. Att som i denna studie odla i krukor under kort tid skulle därför kunna vara missvisande. Även återförsäljare av EM och bokashiprodukter som Bokashiworld in Sweden AB (2019) samt andra bokashiförespråkare som Sundström (2019) föreslår att bokashin ska grävas ner regelbundet i marken, att marken bör störas så lite som möjligt genom grävning och att gärna använda sig av täckodling för att skydda markekosystemen. Åter igen är frågan om det verkligen är de tillsatta mikroorganismerna som påverkar markens odlingsegenskaper. Minskad jordbearbetning och tillförsel av organiskt material har visat sig öka mängden markorganismer (D’Hose et. al, 2018) och även täckodling, särskilt gräsklipp, kan påverka livsmiljöerna för de naturligt förekommande mikroorganismerna och i alla fall på lång sikt och vid upprepad tillförsel förändra populationen av mikroorganismer (Yang et. al, 2003).

Att bokashimetoden fungerar så bra enligt Higa (2012) till skillnad från vad många försök visar skulle kunna förklaras med att han bland annat hänvisar till projekt med ”Nature farming” (Higa, 2012). Dessa projekt beskriver ofta tidigare utarmade, näringsfattiga jordar med ekosystem skadade av bekämpningsmedel. Genom tillförsel av EM i kombination med organiska gödselmedel har de blivit mer fungerande med bättre skördar. Alltså ett helt annat syfte och en helt annan miljö jämfört med vad exempelvis Bokashiworld in Sweden AB marknadsför då de förespråkar metoden för svenska trädgårdar där jorden är mer bördig.

Det skulle vara intressant att i framtida studier göra fältförsök för att ta reda på i vilken utsträckning tillsatta mikroorganismer kan etablera sig i olika typer av naturliga markekosystem. Att exempelvis undersöka vilken konkurrenskraft EM har i förhållande till mikroorganismer som finns naturligt förekommande och som därför redan kan vara anpassade efter den aktuella miljön, och vilken betydelse kvaliteten på det organiska materialet har i förhållande till att tillsätta EM skulle

delvis kunna ge svar på frågor om relevanta användningsområden för EM. Som tidigare nämnts finns studier som både bekräftar (Boechat, 2013) och inte bekräftar (Mayer et al. 2010) att tillförsel av EM har effekt på de mikrobiologiska processerna i mark och organiskt material.

5.6. Blanda med jord eller bara gräva ner?

När bokashin grävs ner i en klump i marken i stället för att blandas och myllas ned i marken förblir markekosystemet mer orört och de aggregat som är så viktiga för markens mikroliv skadas inte i samma utsträckning. I försöket sågs ingen signifikant skillnad mellan behandlingar där bokashin blandades med jorden (BH) jämfört med där den tillsattes i en klump i mitten av krukan (BHK). Det är dock mycket tveksamt om detta krukförsök kan översättas till vad som sker i ett större markekosystem där det kan vara betydligt längre mellan växtrötter och gödslingsgrop men där det också kan finnas stabila aggregatstrukturer och fungerande mykhorrisa som kan påverka näringsöverföring till växternas rötter. För att få upplysningar kring denna fråga behövs nya studier i fält.

5.7. Bokashi – En hållbar metod för svenska hushåll?

5.7.1. Är bokashi mer klimatsmart och miljövänlig jämfört med kompost?

I marknadsföringen av bokashi beskrivs metoden ofta som klimatsmart och miljövänlig i förhållande till kompost. Syftet med det här försöket var inte att undersöka sanningshalten i de påståendena. Då det är en fråga som diskuteras i sociala, och andra, medier och som därmed kan ha betydelse för hur hushållen väljer att behandla sitt matavfall har ämnet har ändå berörts ytligt. Den forskningslitteratur som använts i arbetet ger inte stöd till påståendena om bokashi som ett mer miljövänligt alternativ till kompostering. Att kompostering kan ge upphov till utsläpp av växthusgaser är väl dokumenterat (Ermolaev et al. 2013, Szanto et al. 2007, Cao et al. 2019). Liknande processer (redoxprocesser vid nedbrytning av organiskt material) är verksamma vid både kompostering och bokashimetoden även om de sker vid olika faser i respektive metod. De två systerstudierna till denna (Hillberg, 2021, Thorslund 2020) bekräftar också att båda metoderna ger upphov till utsläpp av växthusgaser under tillverkningsfasen och att mängden koldioxid som avges från de båda metoderna inte skiljer sig nämnvärt sett till hela processen från tillverkningsfas till utblandning i jorden.

Det är viktigt för miljö och klimat vad hushållen väljer att göra med sitt matavfall, och det allra bästa är att minska matsvinnet (Livsmedelsverket, 2020), men har det någon betydelse om hushållen väljer bokashimetoden eller kompostering för att behandla sitt matavfall? Med avseende på utsläpp av växthusgaser finns det som nämnts inte stöd för att det har betydelse. Dessutom hemkomposteras endast mindre än 4% av den totala mängden matavfall som uppstår (Avfall Sverige, 2020). Statistik om bokashimetoden saknas i avfall Sveriges och Naturvårdsverkets rapporter. Om bokashimetoden ingår i statistiken för hemkompostering innebär det att en del av det matavfall som tidigare komposterades nu behandlas med bokashimetoden. Möjligtvis skulle det, jämfört med komposten, lite mer kraftfulla bokashigödslet då kunna ersätta några resor och inköp av annan gödsel för hobbyodlaren. Med antagandet om att det rör sig om små mängder får det nog anses ha en mycket marginell betydelse för klimatet. Om bokashimetoden däremot skulle ersätta kommunal insamling till rötning, vilket en del marknadsföring uppmuntrar, får det negativa konsekvenser för miljö och klimat eftersom rötning är en dokumenterat effektiv metod för att återvinna näring och energi. Ett alternativ för hobbyodlaren som både vill skapa sitt eget gödsel- och jordförbättringsmedel och göra en insats för miljön kan vara att använda flera metoder. Bokashi eller kompost under de delar av året som materialet kan användas i trädgårdslanden, och kommunal insamling då marken vilar och när det är krångligt och tungt att arbeta med egen återvinning. Fördelen med både kompostering och bokashi är att det tillför organiskt material och mikroliv till marken vilket kan främja den biologiska mångfalden.

5.7.2. Bokashimetoden jämfört med kompostering i praktiken

För att bedöma bokashimetodens potential som gödsel- och jordförbättringsmedel i förhållande till kompostering för användning i hushåll behöver metoderna utvärderas i sin helhet. Processen från tillverkningsfas till lagring och användning behöver helt enkelt fungera för hushållen i praktiken och förutsättningarna kan variera. Även om den här studien inte undersökt vad dessa skillnader innebär för hushållens val av metod är det viktigt att nämna då det i framtida studier kan vara intressant att undersöka. Hemkompostering verkar minska, men det är oklart hur stort intresset för bokashimetoden är och hur många hushåll som använder sig av den.

En praktisk fördel med bokashi som lyfts upp i marknadsföring av bokashi är att bokashikärlet kan förvaras i köket och att fermenteringsprocessen som uppstår är näst intill luktfri (Sundström, 2019, Streijfert, 2019 och Bokashiworld in Sweden

AB, 2018). Vid bokashitillverkningen i detta försök upplevdes en doft som var av varierande karaktär och skiljde sig lite åt mellan bokashi där EM tillsatts (BEM) jämfört med bokashi utan EM (BUEM). Detta stöds av Hillbergs studie (2021) som visade att nedbrytningsprocessen vid tillverkningsfasen påverkas vid tillsats av EM. Att tillsätta EM är visserligen enkelt och kan påverka doften, men produkten behöver köpas in och transporteras.

En annan praktisk fördel sägs var den enkla hanteringen jämfört med kompostering, exempelvis att slippa det tunga arbete det kan innebära med omrörning och utgrävning av komposten. Bokashimaterialet ska i stället grävas ner i marken och behöver därefter täckas med tunga galler eller liknande för att hindra djur från att gräva upp materialet. Vintertid, då det inte är lämpligt att tillföra näring till jorden, behöver bokashimaterialet förvaras i täta behållare. Båda metoderna kräver alltså utrymme och arbete, men på olika sätt.

6. Slutsatser

Studien visade att bokashi som tillverkats av kväverikt, finfördelat material gav mer växtkraft jämfört med kompostmaterialet som användes i försöket. Varken tillsats av EM eller tillförselmetoden (homogent blandad eller i klump) påverkade växtkraften. Att jämföra och ställa dessa två metoder mot varandra, som ofta görs i marknadsföring av bokashi, kan dock vara missvisande eftersom nedbrytningsprocesserna är olika. Bokashi ger mer tillgängligt kväve och kan användas som gödsel- och jordförbättringsmedel medan kompost fungerar mer som ett jordförbättringsmedel som ökar mängden organiskt material och berikar marken med mikroliv vilket ökar näringshalten i marken på lång sikt.

Mellan bladgrönsaker som gödslats med biogödsel, BSF-kompost och bokashi som tillverkats av kväverikt, finfördelat material sågs ingen tydlig skillnad, alla tre behandlingarna gav god växtkraft.

Att använda bokashimetoden för att få god växtkraft i trädgårdslanden kan fungera om materialet eller matavfallet är kväverikt och finfördelat oavsett om EM tillförs eller inte. Även om det enligt de nya avfallsdirektiven från EU är tillåtet att återvinna matavfall vid källan rekommenderas inte hemkompostering av Naturvårdsverket då dess miljöeffekter varierar. Bokashimetoden nämns inte som alternativ, men då forskningen ännu inte kan bekräfta att den är mer miljövänlig jämfört med kompost kan man anta att rekommendationen för kompostering även gäller bokashimetoden.

Referenser

- Agriton Sverige AB (2022). Agritonsverige.se/om-em/ [220425]
- Alm, G., Eriksson, G., Ljunggren, H., Olsson, I., Palmstierna, I., Tiberg, N., Veltman, H. (1997). *Kompostboken* 4 uppl., Falköping: LT:s förlag Elanders Gummerssons
- Amézketa, E. (1999). Soil Aggregate Stability: A review. *Journal of sustainable Agriculture*, 14:2-3, 83-151, DOI:10.1300/J064v14n02_08
- Andersson, T. & Stålhandske, S. (2020). *Matavfall i Sverige*. (ISBN: 978-91-620-8857-6). Svenska MiljöEmissionsData (SMED).
- Avfall Sverige (2015) Rapport 2015:29. *Sammanställning av resultat från försök med biogödsel i norra Europa*.
- Avfall Sverige (2021) *Svensk Avfallshantering 2020*. Tillgänglig: <https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/4_kunskapsbank/Svensk_Avfallshantering_2020_publicerat_2021_01.pdf> [210325]
- Avfall Sverige (2019). *Svensk Avfallshantering 2018*. [avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/SAH_2019.pdf](https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/SAH_2019.pdf) [210325]
- Bergstrand, K-J. (2021) *Enkelt att välja växtljus*. Tillgänglig: <[gronarader.se/tradgard/vaxtljus/](https://www.gronarader.se/tradgard/vaxtljus/)> [210325]
- Bergstrand, K-J., Asp, H. Schüssler, H.K. (2015) *Utnyttja belysningen effektivt*. LVT-fakultetens faktablad 2015:3 SLU, Alnarp
- Biogasutredningen (2019). *Mer biogas! För ett hållbart Sverige* (SOU 2019:63). Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
- Boechat, C.L., Santos, J.A.G., Accioly, A.M.A., (2013) Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with "Fermented Bokashi Compost". *Acta Scientiarum Agronomy* 35(2), 257-264. Doi:10.4025/actasciagron.v35i2.15133
- Boechat, C.L., Damasceno, A.S.S., Rocha, C.B., Arauco, A.M.S., Silva, H.F. (2020) Organic residues in the composition of substrates enriched with bokashi biofertilizer for the sustainable production of *Copaifera langsdorffii* seedlings. *CERNE*, vol. 26 (1) ss. 18-25
- Bokashiworld in Sweden AB (2021a) *Om bokashi köskompostering*. Tillgänglig: <bokashi.se/sv/info/om-bokashi.html>[210319]
- Bokashiworld in Sweden AB (2021b) *Svenskt Bokashitrö, 1 kg, I jorden ger bokashi*: Tillgänglig: <bokashi.se/sv/artiklar/bokashi-refill-1-kg.html>[210319]
- Bokashiworld in Sweden AB (2019) "Att gräva ner eller inte gräva ner?" Publicerat 2019-09-26 Jenny Harlen. Tillgänglig: <<https://blogg.bokashi.se/att-grava-ner-eller-inte-grava-ner/>>

- Bokashiworld in Sweden AB (2018) *Kökskompostering med bokashi*. Tillgänglig: < bokashi.se/dokument/bibliotek/File/Bokashi-broschyr-2018.pdf>[210319]
- Bokashiworld in Sweden AB (2015) *”Vanlig” kompostering vs bokashi*. Tillgängligt: < blogg.bokashi.se/vanlig-kompostering-vs-bokashi/>[210319]
- Bosch, M., Hitman, A., Hoekstra, J. F., (ej publicerad) Fermentation (Bokashi) versus Composting of Organic Waste Materials:Consequences for Nutrient Losses and CO₂-footprint. Tillgänglig:< https://www.agritonsverige.se/wp-content/uploads/2020/03/8.-Fermentation-versus-Composting_-Nagoya-2016.pdf>[220406]
- Bäckmo, S. (2019) *Fakta om bokashi*. Tillgängligt: < <https://www.sarabackmo.se/fakta-om-bokashi/>>[210319]
- Cao, Y., Wang X., Bai, Z., Chadwick, D., Misselbrook, T., Sommer, S.G., Qin, W., Ma, L., (2019) Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions during solid waste composting with different additives: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production* vol.235 ss.626-635 DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.288
- Condor Golec, A.F., Perez, P.G., Lokare, C. (2007). Effective Microorganisms: Myth or reality? *Rev. peru. Biol.* Vol.14(2) ss. 315-319
- Cordell, D. (2013) Peak phosphorus and the role of P recovery in achieving food security. Larsen, T.A., Udert, K.M., Lienert, J. (2013) *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*. <http://iwaponline.com/ebooks/book-pdf/613432/wio9781780401072.pdf> [210224]
- D’Hose, T., Molendijk, L., Van Vooren, L., van den Berg, W., Hoek, H., Runia, W., van Evert, F., ten Berge, H., Spiegel, H., Sandèn, T., Grignani, C., Ruyschaert, G., (2018). Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. *Pedobiologis – Journal of Soil Ecology* 66 (18-28)
- Dortmans, B.M.A., Diener, S., Verstappen, B.M., Zurbrugg, C. (2017) *Black Soldier Fly Biowaste Processing – A Step-by-Step Guide*. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland
- EMRO (EM Research Organization) (2021a) *Agriculture*. Tillgängligt: < emrojapan.com/agriculture/>[210319]
- EMRO (EM Research Organization) (2021b) *Waste treatment*. Tillgängligt: < emrojapan.com/waste-treatment/>[210319]
- EMRO (EM Research Organization) (2021c) *What we do*. Tillgängligt: < emrojapan.com/what-we-do/>[210319]
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., Simonsson, M. (2011). *Marklära*. Lund: Studentlitteratur
- Eriksson, G. (2011) *Kompost från hushåll, trädgård och latrin*. Stockholm: NoK

- Ermolaev, E., Sundberg C., Pell M., Jönsson H. (2013), Greenhouse gas emissions from home composting in practice. *Bioresource Technology* 151 (2013) S.174-182
- EU (2018) Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/851 av deb 30 maj 2018 om ändring av direktiv 2008/98/EG om avfall. *Europeiska unionens officiella tidning* L 150/109. Tillgängligt:< eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L051&from=SV>[210325]
- European Commission (2015) Closing the loop – An EU action plan for Circular Economy. COM (2015) 614 final
- Europeiska rådet (2018) *Avfallshantering och återvinning: rådet antar nya bestämmelser*. tillgängligt: <consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2018/05/22/waste-management-and-recycling-council-adopts-new-rules/>[210325]
- FAO (2002) Food energy – methods of analysis and conversion factors. *Food and nutrition paper* vol.77 (chapter 2.1.1.)
- Fogelfors, H. (red) (2015) *Vår mat. Odling av åker- och trädgårdsgrödor. Biologi, förutsättningar och historia*. Lund: Studentlitteratur
- Galloway, J.N., Cowling, E.B. (2021) Reflections on 200 years of Nitrogen, 20 years later. *Ambio*, 50:745-749.
Tillgängligt:<<https://doi.org/10.1007/s13280-020-01464-z>>
- Greenfoot (2021) *Klimatsmart Bokashikompost*. Tillgängligt: <greenfoot.se/anvanda/greenfoot-bokashi-kompost-for-en-levande-jord-21752551>[210319]
- Graham, J.H., Mitchell, D.J. (1999) Biological Control of Soilborn Plant Pathogens and Nematodes. I: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc. 427-446.
- Gunnarsson, S., Marstorp, H (2002) Carbohydrate composition of plant materials determines N mineralization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 175–183, 2002
- Gärtling, D., Kirchner S.M., Schulz H. (2020) ”Assessment of the N and P-Fertilization Effect of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) By-Products on Maize” *Journal of Insect Science* 20(5): 8; 1-11 doi: 10.1093/jisesa/iea a089
- Hartz, T.K., Mitchell J.P., Gianini, C. (2000) Nitrogen and Carbon Mineralization Dynamics of Manures and Compost. *Hort Science* 35(2):209-212.2000
- Harrison, R.B. (2008) Composting and formation of Humic Substances. *Encyclopedia of Ecology* s.713-719 <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00262-7>
- Higa, T (2012) *Kyusei Nature Farming and Environmental Management Through Effective Microorganisms – The Past, Present and future* https://www.infric.or.jp/knf/7th_Conf_KP_2.ht [210225]

- Higa, T., Parr, J.F., (1994) *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. International Farming Centre Atami, Japan
- Hillberg, K., (2021) *Bokashi – kitchen composting without greenhouse gas emissions?* Master thesis, Uppsala: Swedish Univ. of Agricultural Sciences
- Hu, C., Qi, Y. (2012). Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *European Journal of Agronomy*. Vol.46 ss. 63-67.
- IFPRI (2002). *Green revolution: Curse or Blessing?* Washington DC, USA: International Food Policy Research Institute,
- Jordbruksverket (2019) *Kompostering – En handledning om kompostering på gårdsnivå*. Jordbruksinformation 13-2019
- Lalander, C., Fidjeland J., Diener J., Eriksson S., Vinnerås B., (2015) High Waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. Reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agron. Sustain. Dev.* Vol.35 ss. 261-271. DOI 10.1007/s13593-014-0235-4
- Lalander, C., Nordberg, Å., Vinnerås, B. (2018) A comparison in product-value potential in four treatment strategies for food waste and faeces – assessing composting, fly larvae composting and anaerobic digestion. *Global Change Biology Bioenergy* vol.10 (2) doi: 10.1111/gcbb.12470, s.84-91
- Livsmedelsverket (2020) Handbok för verksamheter inom vård, skola och omsorg. Tillgänglig: <<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/handbocker-verktyg/handbok-for-minska-matsvinn.pdf>>
- Livsmedelsverket (2021) Livsmedelsverkets livsmedelsdatabas version 2021-05-30. Tillgängligt <www7.slv.se/SokNaringsinnehall>[220329]
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., Oberholtzer, H-R. (2010) How effective are “Effective mikroorganisms® (EM)”?. Result from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology* vol.46 ss. (230-239).
- Naturvårdsverket (2021) Uppdrag att föreslå genomförande av artikel 22 om bioavfall Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG i den svenska lagstiftningen. Skrivelse 2021-09-02
- Naturvårdsverket (2021) *Parisavtalet*. Tillgängligt: <naturvardsverket.se/parisavtalet> [210225]
- Naturvårdsverket (2012) Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter – Goda svenska exempel. Rapport 6518 (September 2012)
- Naturvårdsverket i samarbete med Boverket, Havs- och vattenmyndigheten, Jordbruksverket, Kemikalieinspektionen, Skogsstyrelsen, Sveriges geologiska undersökning, Strålsäkerhetsmyndigheten samt länsstyrelserna; Sveriges Miljömål (2019) *Fluglarver i matavfall blir djurfoder och kompost till odling*. Tillgängligt: <<https://www.sverigesmiljomal.se/larande-exempel/fluglarver-i-matavfall-blir-djurfoder-och-kompost-till-odling/>>[210319]
- Nordic Committee on Food Analyses (1976)

- Olle, M., Williams, I.H. (2013). Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *Journal of Horticulture Science & Biotechnology*. vol. 88 (4) ss. 380-386
- Olle, M. (2020). Review: Bokashi technology as promising technology for crop production in Europe. *Journal of Horticulture Science & Biotechnology*. vol. 96 (2) ss.154-152
- Parodi A., De Boer I.J.M., Gerrits W.J.J., Van Loon J.J.A., Heetkamp M.J.W., Van Schelt J., Bolhuis J.E., Van Zanten H.H.E. (2020) Bioconversion efficiencies, greenhouse gas and ammonia emissions during black soldier fly rearing – A mass balance approach *Journal of Cleaner Production* vol. 271 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122488>)
- Quiroz, M., Flores, F. (2019) Nitrogen availability, maturity and stability of bokashi-type fertilizers elaborated with different feedstock of animal origin. *Archives of Agronomy and soil science*, 65:6, 867-875. DOI:10.1080/03650340.2018.1524138
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U...(2009). A safe operating space for humanity. *Nature* vol.461 ss. 472-475
- Schnürer, A. och Jarvis, Å. (2017) *Biogasprocessens mikrobiologi*. Avfall Sverige.
- Shin, K., Diepen, G., Blok, W., Bruggen, A.H.C. (2017) Variability of Effective Micro-organisms in bokashi and soil-borne plant pathogenes. *Crop protection* vol.99 p.168-176.
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., Moates, G. (2016) Estimates of European food waste levels. FUSIONS EU project
- Streijfert, P. (2019) *Bokashi för en bättre jord*. Stockholm: Blue Publishing
- Sundstöm, S. (2019) *Stefans lilla svarta*. Stockholm: Leopard förlag.
- Szanto G.L., Hamelers H.V.M., Rulkens W.H., Veeken A.H.M. (2007) NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. *Biosresource Technology* vol. 98. ss.2659-2670
- Thorslund, R. (2020) *Bokashis respiration I Jorden – Betydelse för dess klimatpåverkan*. Examensarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet
- UNDP. (2021a) *Globala målen, mål 12. Hållbar konsumtion och produktion*. Tillgängligt: < globalamalen.se/om-globala-malen/mal-12-hallbar-konsumtion-och-produktion/>[210225]
- UNDP. (2021b) *Om Globala målen*. Tillgängligt: < globalamalen.se/om-globala-malen/>[210225]
- Uppsala Vatten och Avfall AB (2018) *Miljörapport 2018 Biogasanläggningen vid Kungsängens gård* Tillgängligt: < uppsalavatten.se/globalassets/dokument/om-oss/rapporter-och-exjobb/miljorapporter/miljorapport-biogas-2018.pdf>[210325]
- Uppsala Vatten (2020) *Biogödseldeklaration*

- Wali, E.M., Golroudbary, R.S., Kraslawski, A. (2021) Circular economy for phosphorus supply chain and its impact on sustainable development goals. *Science of the total Environment* Volume:777, 146060
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146060>
- Wollum, A.G., II (1999) Introduction and Historical Perspective. I: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc. 3-20.
- Yang, Y-J., Dungan, R.S., Ibekwe, A.M., Velenzuela-Solano, C., Crohn, D.M., Crowley, D.E. (2003) Effect of organic mulches on soil bacterial communities one year after application. *Biol Fertil Soils* 38:273-281. DOI 10.1007/s00374-003-0639-9
- Zibilske, L.M. (1999) Composting of Organic Waste. I: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc. 482-497.