

Odlingsbetingelsernas inverkan på grönsakers kvalitet avseende halten av hälsofrämjande och toxiska sekundära metaboliter.

Lundegårdh, B.¹, Strömberg, A.² and Andersson, H.C.²

¹Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Box 7043, 75007, Uppsala

²Livsmedelsverket, Box 622, 751 26, Uppsala

Bakgrund

Våra livsmedels innehåll av metaboliter av sekundär härkomst har blivit alltmer uppmärksammat. Dessa sekundära metaboliter uppvisar biologiska aktiviteter som sträcker sig från antimikrobiella, antibiotiska, insektsbekämpande och hormonella egenskaper till mycket viktiga farmakologiska och farmaceutiska aktiviteter. Flertalet av de sekundära metaboliterna är involverade i växtens samspel med omgivande miljön. Därmed kommer produktionen av ämnena att påverkas av både biotiska och abiotiska faktorer, vilket visar sig som en ökad produktion och ackumulering av sekundära metaboliter i växten.

Frukt och grönsaker är rika på mikronäringsämnen och kostfibrer, men de innehåller även en stor variation av biologiskt aktiva sekundära metaboliter, vilka förser växten med sensoriska och hälsomässiga egenskaper, liksom antinutritionella och toxiska egenskaper. Karotenoider, flavonoler inklusive mer komplexa fenoler, saponiner, fytosteroler, glykoalkaloider och glukosinolater är bland de viktigaste grupperna av sådana metaboliter. Utöver dessa grupper är bl.a. vitamin C och glutation viktiga för organismers skydd mot oxidativ stress.

I kålväxter och lökväxter finns svavelrika sekundära ämnen som har visat sig ha främst positiva hälsoeffekter. Vissa av de i kålväxten förekommande glukosinolaterna har dock även i vissa studier uppvisat toxiska effekter. Tillsammans med askorbinsyra kan dessa ämnen i lök och kål ge avgörande hälsoeffekter. Ett annat ämne som ingår i bl.a. glykoalkaloider i växter är kväve. Glykoalkaloider är oftast toxiska och höga intag av dessa bör undvikas. I tomat finns glykoalkaloiderna tomatin och dehydrotomat. Furokumarin är en grupp ämnen som enbart innehåller kol, väte och syre och som kan ge allergiska reaktioner vid kontakt med huden. Palsternacka kan vara rik på dessa ämnen.

Biotiska faktorer, som patogener och symbiotiska bakterier, ger signifikanta förändringar i växtens kemiska sammansättning. Andra faktorer, som gödselns sammansättning och innehåll av organiska ämnen samt mark och klimatfaktorer (s.k. abiotiska faktorer), har i en rad studier visat sig ha avgörande betydelse för växtproduktens kvalitet. Makronäringsämnena kväve och svavel är två av de viktigaste faktorerna för växtens tillväxt och kvalitet. Med dessa kan odlaren styra växten skördeutbyte och dess kvalitet. En ökad kunskap om de växtprocesser som styrs av kväve i form av nitrat, ammonium eller organiskt kväve och svavel ger odlaren en ökad möjlighet att ska produkter med högre hälsomässig kvalitet.

Material och metoder,

Vitkål erhöles från 8 odlingar i Mellansverige som ingick i FORMAS-projektet ”Odlingssystemets ekologi - grüngödsling som mångfunktionellt redskap i grönsaksodlingen”. Odlingarna utfördes hos fem ekologiska grönsaksodlare från Ås i Jämtland till Broby i Västergötland. På den egna gården testade odlarna de grüngödslingssystem som de ansåg intressantast utifrån gårdens förutsättningar och odlingssystem. Enbart nedbrukning av vall, skördad eller icke skördad fanns med som kontroll hos alla odlare. Därutöver valde odlaren själv att göra olika tilläggs gödslingar med marktäckning med växtklipp, kompost, rötat material, ensilage eller stallgödsel samt pelleterad eller färsk hönsgödsel. Grüngödslingssystemen jämfördes med gårdens egna gödslingsstrategi. I studien ingick sorterna Castello och Lennox på 5 ekologiska gårdar samt sorterna Lennox, Chambelan och Impala på 3

konventionella gårdar. Castello odlades hos odlarna i Östersund (LE), Gävle (OF) och Fjugesta-Svartå (LM) och Lennox hos odlarna i Sala-Hedby (HK) och Broby (FA).

Purjolök erhöles från ett försök som ingick samma FORMAS-projekt som vitkål. Försöket utfördes på Krusenberg, Uppsala, under 2004. Fyra olika former för grüngödsling med rödklöver studerades i sammanlagt 14 led i fyra block. Behandlingarna var *färsk grönmassa*

1. Direktnedbrukning av grüngödslingsgrödan på våren före plantering.
2. Marktäckning med grönmassa

Omsatt (processad) grönmassa

3. Tillförsel av komposterad grönmassa
4. Tillförsel av rötad grönmassa

I försöket ingick även en ogödslad kontroll och ett led med mineralgödsel. Behandlingarna 2-4 tillsattes i 3 givor, där en giva gav samma tillförsel av total-N som direktnedbrukning och mineralgödsel. En andra giva gav samma tillförsel av C och en tredje giva samma mängd växttillgängligt N som direktnedbrukning. Året innan själva försöksåret såddes rödklöver in i korn i de rutor som ingick i behandling direktnedbrukning. Klöver brukades ned kommande år, två veckor innan purjolöken planterades ut. Övriga rutor hade korn som förfrukt och dessa rutor höstplöjdes efter det att kornet hade skördats.

Palsternacka erhöles från 7 odlare i Syd- och Mellansverige – 2 konventionella odlare och 5 ekologiska. Sorterna var Javelin, Gladiator, New White Skin och White Gem. Odlarna själva skördade palsternackan och skickade in prover för analys.

Tomater plockades från ett odlingssystemsförsök i växthus på SLU (Heeb et al. 2006. J Plant Nutr Soil Sci 169, 535-541). I försöket jämfördes effekten av färskt växtklipp (gräs/klöver) med och utan tillförsel av kaliumsulfat med effekten av mineralnäringslösningar med skilda halter av ammonium och nitrat.

Analys och datainsamling

Utav de gödslingsstrategier som prövades på gårdarna under 2004 togs 3 prover på 3 vitkålshuvuden per prov till kvalitetsanalys från fyra gödslingsstrategierna per gård. Valet av dessa strategier gjordes utifrån att liknande strategier skulle finnas på alla fem gårdar. Proverna, som endast bestod av själva huvudet (övriga blad var bortrensade), transporterades omedelbart, senast dagen efter, med kylfrakt till Svalöf Weibull AB, där analys av innehåll av vitamin C och glukosinolater (10 st) utfördes. Från analyser av andra prover tagna från samma odlingar och som ingick i FORMAS-projektet erhöles värden på vitkålels innehåll av mineralämnen. Purjolök, palsternacka, och tomat lades efter skörd i kylrum på SLU, för att därefter paketeras i gastäta påsar för kylfrakt till Institute of Chemical Technology, Prag, Tjeckien. I Prag analyserades innehållet av askorbinsyra i purjolök och tomat, S-alk(en)y-cysteinsulfoxider (2 st) i purjolök, furokumariner i palsternacka samt tomatin, dehydrotomatin, lykopen och β -karotene i tomat. Purjolökens innehåll av mineralämnen erhöles från parallella provtagningar i samma försök.

Statistik

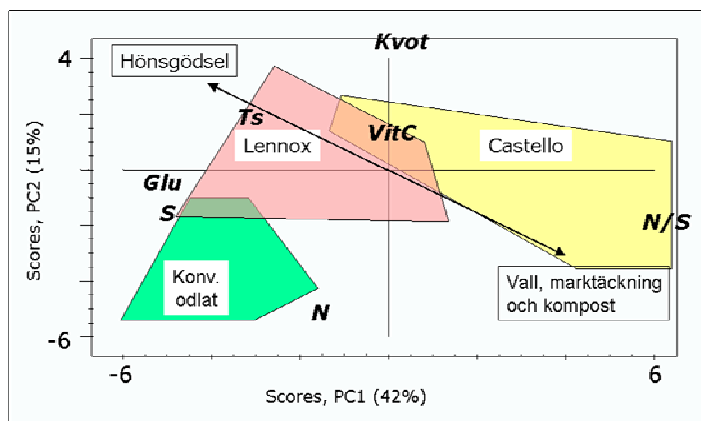
På datamaterialet från samtliga grödor utfördes variansanalys och principalkomponentanalys (PCA). Vitkål jämfördes avseende hur sort, odlare och behandling inverkade på analyserade kvalitetsparametrar. De tre sorter som odlades konventionellt slogs samman till en grupp som behandlades som en enhet i variansanalysen. Gödselstrategier i vilka likartade icke processade eller processade organiska gödselmedel ingick räknades till samma behandling. De olika behandlingar som ingick i analysen av vitkål visas i tabell 1. På purjolök testades gödslingsstrategins inverkan på analyserade kvalitetsparametrar. Mognadsstadiets och gödslingens inverkan på olika kvalitetsparametrar testades på tomat.

Resultat

VITKÅL

Sortskillnader

Även om sorterna inte har odlats hos samma odlare finns det markanta olikheter mellan sorterna som torde bero på en sortskillnad (Figur 1). Lennox hade en lägre N/S-kvot och en högre halt S än Castello. Lennox hade även en högre torrsbstanshalt än Castello. Någon skillnad mellan sorterna förelåg inte avseende halten askorbinsyra per 100g färsk vitkål. Däremot hade Castello en lägre halt glukosinolater än Lennox. Jämfört med Castello uppvisade Lennox i studien en högre andel av glukosinolaterna glukoiiberin, glukorafanin och glukoiervirin, samt en lägre andel av sinigrin och 4- metoxyglukobrassicin. Därtill innehöll Castello 4- hydroxyglukobrassicin, vilket inte Lennox gjorde. Förhållandet mellan de två huvudgrupperna av glukosinolater, alifatiska glukosinolater (innehåller 2 svavel och en kväve, 2S:1N) och indolyl-glukosinolater (2 svavel och 2 kväve, 2S:2N), var högre i Castello än i Lennox. Även om sorterna betedde sig generellt lika så fanns det lokala skillnader. Castello odlad hos odlare LM hade en betydligt högre andel indolyl-glukosinolater än Castello odlad hos odlarna OF och LE. Även Lennox uppvisade skillnader i förhållandet mellan de två glukosinolatgrupperna beroende på odlingsplats. Vitkål från odlare LE hade högre halt svavel och därmed en högre produktion av glukosinolater än vitkål från de två övriga odlarna som använde Castello. För Lennox var det däremot halten N som skiljde sig. Den höga halten N i vitkål från FA stimulerade främst produktionen av indolyl-glukosinolater, vilket påvisades av ett lägre värde för kvoten mellan grupperna samt ett något högre totalinnehåll av glukosinolater.



Figur 1. PCA för vitkål som visar hur sort och form av grön gödsling inverkar på kemisk sammansättning i vitkål. Angiven plats för mätt parameter visar var de objekt (gödselstrategi + sort) med högst värde för parametern befinner sig. Objekt i motsatt riktning (ruta) har låga värden för parametern.

Odlingseffekter av kväve och svavel

Innehåll av kväve och svavel

Den mineralgödslade vitkål uppvisade högst halt av både N och S av samtliga behandlingar. Kvoten N/S var också låg vid denna behandling jämfört med de led som enbart var gödslade med olika typer av grön gödsling. I direktnedbrukad vall som tilläggsgödslades med pelleterad höns gödsel sänktes halten kväve och höjdes halten svavel, vilket gav en låg N/S-kvot i vitkål från dessa led jämfört med vitkål från enbart vall. Användes nöt gödsel eller färsk kycklingsgödsel som tilläggsgödsel eller kombinerades pelleterad höns gödsel med rötrest ökade även halten N i vitkål, vilket ledde enbart till en något lägre N/S-kvot i dessa led än in de rena valleden. I vissa led, där ren grön massa tillfördes som antingen kompost eller marktäckning med ensilage, försämrades upptagning av svavel, vilket gav en högre N/S-kvot än i de led som enbart använde skördad vall som grön gödsling. Kompost gjord på grön massa blandad med annat organiskt material eller enbart helsäd förbättrade upptagningen av S och sänkte N/S-kvoten jämfört med vallen. Effekten varierade dock mellan åren.

Halten N i skördad vitkål från odlare som använde sorten Castello skiljde sig inte. Behandlingarna gav inte heller någon skillnad i halt N i vitkålen. Även halten S var relativt lika mellan de rent gröngödslade leden hos odlarna. Däremot ökade halten S i de led där gröngödsling kompletterades med nöt/kycklingsgödsel. Hos de två odlare som hade sorten Lennox skilde sig halten N i vitkål mellan dessa två odlare, medan halten S var lika.

Tabell 1. Kemisk sammansättning i medeltal i vitkål gödslade med olika former av gröngödsling, andra organiska gödslingsmedel samt mineralgödsel

Behandling	Ts %	Glukos- inolater umol/g tv	Vitamin C mg/100g fv	2S:1N	2S:2N	2S:1N/ 2S:2N
Oskördad vall	9,01 de	6,32 cd	44,98 bc	4,19 cd	2,13 e	1,88 bc
Skördad vall	9,38 bc	9,49 b	48,03 a	5,85 ab	3,64 b	1,78 cd
Marktäckning	9,40 bc	7,08 c	44,93 bc	4,67 bc	2,42 de	1,94 bc
Kompost	8,86 e	5,28 d	46,97 ab	3,35 d	1,94 e	1,80 cd
Rötrest	9,86 a	9,40 b	49,01 a	6,29 a	3,10 bc	2,06 abc
Svämgödsel	9,23 bcd	9,10 b	46,67 abc	6,18 a	2,91 bcd	2,33 ab
Binadan	9,16 cd	8,96 b	44,68 bc	6,21 a	2,75 cd	2,40 a
Mineralgödsel	9,51 b	12,00 a	43,88 c	6,96 a	5,05 a	1,47 d

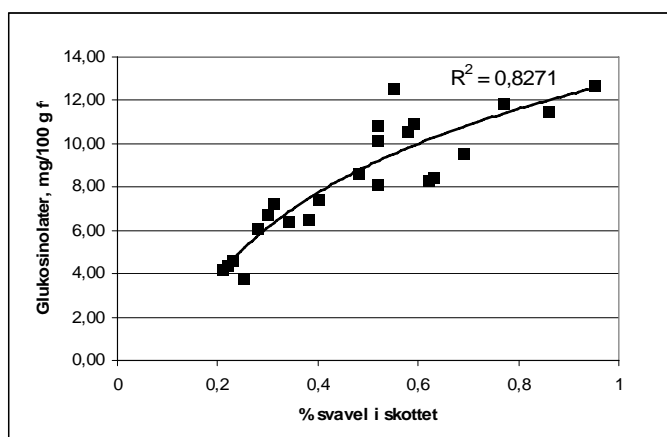
Innehåll av vitamin C och glukosinolater

Halten askorbinsyra i vitkål påverkades av både odlingsplats (odlare) och gödslingsstrategi. Vitkål från odlare FA uppvisade högst halt av askorbinsyra och från odlare LM lägst halt. Mineralgödsling sänkte halten askorbinsyra från 48,3 mg/100 fv till 43,9 mg/100 fv. Avseende glukosinolinnehållet torde den ha varit mer sortberoende än platsberoende, eftersom de som odlade Lennox har högre halt glukosinolater i sin vitkål än de som har odlade Castello.

Mineralgödsling gav högst halt av glukosinolater (Tabell 1). En sammanslagning av samma eller liknande gödslingsstrategier oberoende av odlingsplats visar på en god effekt av rötrest, svämgödsel, pelleterad hönsgödsel och skördad vall på produktionen av glukosinolater jämfört med oskördad vall, kompost och marktäckning. Mineralgödsling ändrade förhållandet till fördel för de indolyl-glukosinolaterna (låg 2S:1N/2S:2N kvot) jämfört med övriga gödslingsstrategier (Tabell 6). Bland de organiska gödselmedlen gav de djurbaserade gödslingsstrategierna vitkål med högst andel 2S:1N i förhållande till 2S:2N.

Pelleterad hönsgödsel, marktäckning och oskördad vall innehöll lägst halt askorbinsyra av prövade gödslingsstrategier, medan rötrest och skördad vall gav högst halt.

Halten glukosinolater var starkt korrelerad med en hög halt svavel och en låg N/S-kvot (Figur 1 och 2). Förhållandet mellan de två huvudgrupperna av glukosinolater, 2S:1N och 2S:2N, skilde sig mellan odlingsplats oberoende av sort. Vitkål från Västergötland (FA) och



Figur 2. Förhållandet mellan halt S i vitkål och produktionen av glukosinolater

Närke/Värmland (LM) hade en låg kvot, vilket medförde en högre andel av indolyl-glukosinolater än vitkål från odlare nord och nordost om dessa två odlare.

Progoitrin, glukonapin, 4- hydroxyglukobrassicin och glukobrassicin varierade mest mellan odlingsplatser, medan övriga glukosinolater tycktes påverkas både av sort och av odlingsplats. Andelen av de 10 olika glukosinolaterna varierade mellan behandlingarna. Behandlingarna kunde delas upp i tre grupper beroende på hur fördelningen mellan de olika glukosinolaterna uppförde sig; a) rötrest, svämgödsel, pelleterad hönsgödsel och mineralgödsel, b) kompost och c) oskördad vall, skördad vall och marktäckning.

I grupp a utmärkte sig mineralgödslad vitkål från organiskt gödslad vitkål genom låg andel sinigrin och hög andel glukobrassicin. För övriga glukosinolater, förutom glukorafanin och glukobervirin, var deras andel av totala halten glukosinolater i vitkål lika mellan behandlingarna med rötrest, svämgödsel, pelleterad hönsgödsel och mineralgödsel. Andelen glukorafanin var låg i svämgödselade led, medan glukobervirin var högst i rötrestgödselade led. Fördelningen av de olika glukosinolaterna uppförde sig väldigt lika mellan oskördad vall, skördad vall och marktäckning, förutom att andelen av 4- metoxyglukobrassicin var högre i vitkål från oskördad vall än från de övriga två behandlingarna. Vitkålen från kompostleden skilde sig avsevärt från vitkål från de övriga två behandlingsgrupperna a och c. Denna vitkål karaktäriserades av låga andelar av progoitrin, glukorafanin och glukobervirin, samt hög andel 4- metoxyglukobrassicin.

PURJOLÖK

Mineralgödsling hade ingen effekt på skörden av purjolök (Tabell 2). Av de grüngödslingstrategier som undersöktes var det endast de högsta doserna av kompost och marktäckning som påverkade skörden av purjolök. Båda höjde skörden jämfört med ogödslad purjolök. Å andra sidan så sjönk ts-halten i purjolök med ökad giva av grüngödsel.

Innehåll av S-alk(en)y-cysteinsulfoxider i purjolök (ACSO)

Ogödslad lök innehöll 20.4 ± 5.8 g ACSO (alliin, isoalliin, methiin, and propiin) per kg torrsvikt. Mineralgödsling resulterade i en signifikant 37% ökning av innehållet av ACSO i purjolök, medan en direkt nedbrukning av rödklöver inte hade någon effekt på innehållet (Tabell 2). Av de tre andra grüngödselstrategierna så påverkade varken marktäckning av rödklöver eller rötad rödklöver purjolökens innehåll av ACSO. Däremot ökade innehållet med ökad giva av kompost, varvid den högsta kompostgivan gav purjolök med den högsta halt av ACSO. Ökningen jämfört med ogödslad purjolök var 55 %.

Purjolökens innehåll av ACSO bestod främst av cysteinsulfoxiden isoalliin (92-96%). Resterande del bestod nästan uteslutande av methiin (4-8% av totala ACSO-innehållet). Spår av alliin och propiin hittades i vissa prover.

Innehåll av L-askorbinsyra i purjolök

Ogödslad lök innehöll 1.57 ± 0.01 g askorbinsyra per kg torrsvikt. En gödsling med mineralgödsel gav ingen effekt på halten askorbinsyra, medan de två högsta givorna av kompost höjde halten av askorbinsyra i purjolök (Tabell 2). Jämfört med purjolök från leden med direktnedbrukad rödklöver så höjdes halten askorbinsyra av de processade grüngödselmedlen (rötad och kompost).

Samband mellan mineralämnesstatus i purjolök och dess innehåll av ACSO och askorbinsyra

Mineralgödsling gav bäst effekt på purjolökens innehåll av N och S. Jämfört med ogödslad purjolök ökade innehållet med 47 % och 43 % för N respektive S. En ökad giva av grüngödsel höjde halten N i purjolök för samtliga behandlingar, medan S-halten endas steg signifikant

Tabell 2. Skörd, ts-halt och innehåll av S-alk(en)yl-cysteinsulfoxider (ACSO) and L-askorbinsyra i purjolök

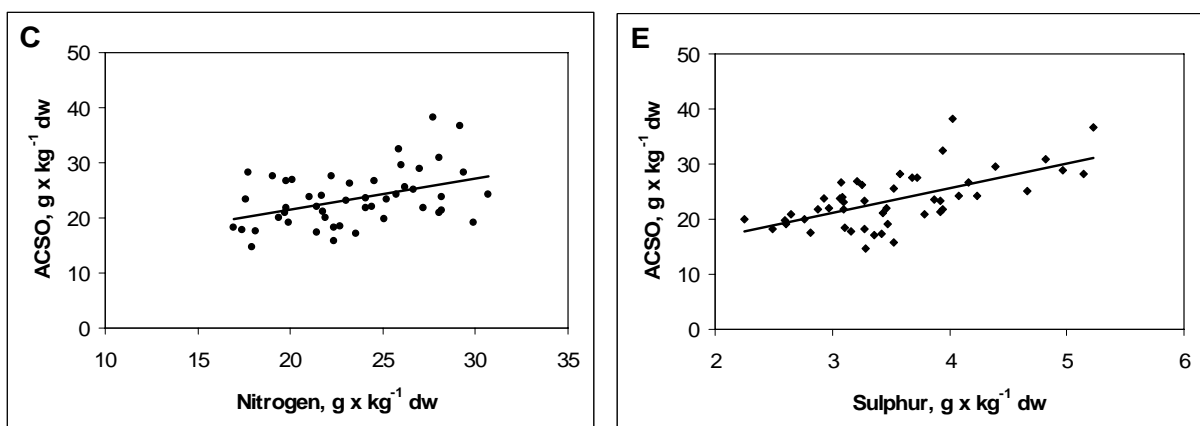
Behandling	Skörd ton/ha	Ts-halt %	ACSO g/kg tv	L-askorbinsyra g/kg tv	N g/kg tv	S g/kg tv
Ogödslad	44,1 c	10,69 a	20,4 cd	1,57 cd	18,7 f	3,36 ^{de} de
Mineral	45,8 c	9,89 abc	28,0 ab	1,74 abcd	27,5 a	4,79 ^a a
Nedbrukning	47,5 c	10,40 a	19,2 d	1,46 d	20,9 def	3,09 ^e e
Rötat I	42,6 c	10,30 ab	23,2 bcd	1,89 abcd	21,9 cde	3,21 ^{de} de
Rötat II	47,3 c	10,03 ab	22,1 cd	2,03 abc	22,5 cd	3,22 ^{de} de
Rötat III	45,5 c	9,50 bcd	24,9 bc	2,12 abc	27,2 a	3,70 ^{cd} cd
Kompost I	48,1 bc	10,61 a	21,9 cd	1,64 bcd	19,8 ef	3,28 ^{de} de
Kompost II	44,9 c	9,94 ab	25,2 bc	2,23 a	23,6 bc	4,05 ^{bc} bc
Kompost III	56,7 ab	9,12 cd	31,7 a	2,28 a	25,9 ab	4,28 ^b b
Marktäck I	48,3 bc	9,55 bcd	22,0 cd	1,86 abcd	20,6 def	3,01 ^e e
Marktäck II	50,1 ^c abc	8,87 d	22,0 cd	2,15 ab	24,4 bc	3,39 ^{de} de
Marktäck III	58,7 a	9,00 d	20,9 cd	2,00 abcd	27,8 a	2,91 ^e e

med en ökad kompostgiva. Rötad rödklöver höjde S-halten svagt vid en ökad giva. De olika givorna av rödklöver som marktäckning samt direktnedbrukning av rödklöver hade ingen effekt på purjolökens innehåll av S jämfört med ogödslad purjolök.

De grüngödslingsbehandlingar (direkt nedbrukning, rötat II, kompost I och marktäckning I), som resulterade i en liknade giva av total-N som i de mineralgödslade leden, hade ingen inverkan på varken halten N eller S i purjolök jämfört med ogödslad purjolök, förutom rötat II som höjde N-halten.

Det fanns en stark korrelation mellan halten S och halten ACSO i purjolök (Figur 3), medan korrelationen var svagare för sambandet mellan halten N och innehållet av ACSO respektive askorbinsyra.

Alla behandlingar förbättrade upptagningen av N per hektar, men effekten var endast signifikant för mineralgödsling och de högsta givorna av grüngödsel (rötat III, kompost III och marktäckning III). Grüngödsel hade en svagare effekt på upptagningen av S per hektar. Det var enbart mineralgödsling och den högsta givan av kompost som signifikant höjde S-upptagningen per hektar jämfört med de gödslade leden



Figur 3. Relationen mellan innehållet av S-alk(en)yl-cysteinsulfoxider i purjolök (ACSO) i purjolök och purjolökens halt av kväve (C) och svavel (E).

TOMAT

Glykoalkaloider

Omogna, gröna tomater i mognadsstadium 1 innehöll mellan 30,1 och 129,7 mg/kg fv tomatin. Medelinhållet var $69,6 \pm 17,3$ mg/kg fv. En kraftig minskning av halten tomatin skedde när tomaten började mogna. Mogna tomater innehöll en försumbar mängd tomatin, 1,8 och 0,8 mg/kg fv vid mognadsstadium 5 respektive 6. En liknade trend observerades för dehydrotomatin. Dock var halterna betydligt lägre, max 4,1 mg/kg fv vid mognadsstadium 1. Detta förhållande var detsamma oberoende av gödslingsregim. I två av de fyra leden med färsk gröngödsel (gräs/klöver) innehöll omogna tomater i stadium 1 högre halt tomatin och dehydrotomatin än de mineralgödslade leden. Lågst halter av dessa ämnen återfanns i de höggödslade nitrat leden.

Karotenoider

Halten karotenoider ökade under tomatens mognad och uppnådde högst halt vid mognadsstadium 5. Ingen ytterligare höjning skedde fram till mognadsstadium 6. Vid dessa stadier nådde halten lykopen nivåer på ca 190 mg/kg fv. Halten β -karotene var betydligt lägre och nådde endast nivåer på ca 10 mg/kg fv. En ökad N-giva gav en högre halt av karotenoider.

Askorbinsyra

Till skillnad från innehållet av glykoalkaloider och karotenoider, som varierade kraftigt mellan tomatens mognadsstadier, var innehållet av askorbinsyra relativt stabilt. Halten askorbinsyra steg från 137 mg/kg fv i omogna tomater till 171 mg/kg i halvmogna tomater för att därefter sjunka till 159 mg/kg fv i mogna tomater. De mineralgödslade tomaterna tycktes ha något högre halt av askorbinsyra än de gröngödslade tomaterna.

Tabell 3. Trefaktoriell variansanalys av tomater vid tre olika mognadsstadier och odlade med 4 olika gödselmedel samt vid två kvävenivåer

	Lykopen	β -karoten	Tomatin	Dehydrotomatin	Askorbinsyra	Fruktvikt
Behandling			*	**	*	***
Kväve	*	*				
Stadium	***	***	***	***	***	***
Beh.*N	*					*
Beh.*Stadium			**	**		
Beh.*N*Stadium	*		*	*		**
Stadium 1						
Behandling			**	**		***
Kväve	*					
Beh.*N			*	*		
Stadium 2-3						
Behandling				*		***
Kväve						
Beh.*N						*
Stadium 5-6						
Behandling						**
Kväve		*				
Beh.*N	*					

PALSTERNACKA

Åtta stycken olika furokumarin kunde identifieras i palsternacka – angelicin, psoralen, spondin, xanthotoxin, isobergaptin, bergaptin, pimpinellin och isopimpinellin. De fyra olika

sorterna som analyserades hade skiftande innehåll av dessa 8 furokumariner. Dock var det svårt att skilja effekten av sort med effekten av odlingsplats. Dock tycktes Gladiator innehålla procentuellt lägre halter av spondin och isobergaptin än övriga sorter. Den ekologiskt odlade palsternackan innehöll procentuellt lägre halter av angelicin och psoralen och procentuellt högre halter av pimpinellin och isopimpinellin än den konventionellt odlade palsternackan.

Odlingsformen, ekologiskt eller konventionellt, inverkar ej på halten av furokumariner i palsternacka, utan främst palsternackans hälsostatus, men även sort och odlingsplats, hade ett betydligt större inflytande på halten. Skadade, ruttna eller skrumpna palsternackor hade högre halter av furokumariner, främst de från Österleen. Undantag är sorten Juvelin odlad i Vadstena. Dessa palsternackor var brutna och hade mekaniska skador, ändock var halten furokumariner låg.

Tabell 3. Totala innehållet av furokumariner i olika sorter från olika odlare.

Prov	Sort	Kommentar	Furokumariner, mg/kg fv
<i>Konventionella odlare</i>			
Vadstena	Javelin	Brutna/mechaniskt skadade	9,7
Österleen	Gladiator	Brutna, vissa delvis ruttna	109,95
<i>Ekologiska odlare</i>			
Sala-Heby	Gladiator		13,25
Fjugesta-Svartå	New White Skin	Tvättade innan leverans	10,45
Varberg	White Gem	Bladrest, delvis ruttna	19,39
Borås	White Gem	Skrumpna (vattenförlust)	33,36
Östersund	White Gem		3,84

Diskussion

Grundsyftet med studien var att undersöka hur olika gödslingsstrategier baserade på olika former av grön gödsel påverkade tillväxt och kvalitet på olika grönsaker. Detta bland annat för att minska den ekologiska grönsaksodlingens beroende av pelleterad höns gödsel och öka utnyttjandet av tillgången på lokala resurser. Vallen är bra i en växtföljd tack vare dess positiva effekt på markens struktur och mullhalt samt dess gödseffekt som förfrukt.

Studiens resultat visade på att sortvalet hade en viss betydelse avseende produktionen av glukosinolater. Castello producerade låga mängder av glukosinolater, och innehöll främst sinigrin och glukobrassicin i förhållandet 2:1. Lennox var mer högproduktiv och producerade främst sinigrin, glukoberin och glukobrassicin i förhållandet 4:3,6:3.

Odlingsplatsen hade även den en betydelse för vitkålens kvalitet. En 10-procentig skillnad i halt askorbinsyra fanns mellan den plats som hade högst halt askorbinsyra och den plats som hade lägst halt. Andelen av glukosinolaterna progoitrin, glukonapin, 4-hydroxyglukobrassicin och glukobrassicin påverkades också kraftigt av odlingsplats. Orsaken till denna variation går inte att förklara utifrån tillgänglig data. Resultatet överensstämmer dock med det allmänna vedertagna faktumet att odlingsplatsen är den odlingsfaktorn, vid normal gödsling, som har den största inverkan på grödors kemiska sammansättning.

Jämfört med mineralgödsel gav alla former av grön gödsling produkter med lägre halt av kväve och svavel, vilket även medförde lägre halt av glukosinolater i vitkål och ACSO i purjolök. Däremot påverkades ej produktion av tomatin och lykopen i tomat av färsk grön gödsel. I tomat syntes underskottet av svavel som en ökning av halten stärkelse i bladen och som en sötare smak hos tomaten (Heeb et al. 2005. J Sci Food Agric 85, 1405-1414). Dock var det bara vitkålen som uppvisade en tydlig skördesänkning när enbart grön gödsel användes, främst vid direktnedbrukning av vall. Resultaten visade på att vitkålen och purjolök led av svavelbrist vid enbart utnyttjande av grön gödsling, främst färsk grön gödsel, som näringskälla.

Denna brist kunde delvis upphävas av gödning med svavelrikt organiskt gödselmedel, som pelleterad hönsködsel, svämgödsel eller rötrest. Nedbrukning av skördad vall gav en bättre tillgänglighet på svavel än nedbrukning av oskördad vall och marktäckning med färskt växtklipp. Detta berodde sannolikt på att den skördade vallen hade en större andel rötter i förhållande till skott i det tillförda organiska materialet än oskördad vall och marktäckning. Rötter jämfört med skott innehåller en högre halt svavel i förhållande till kol och kväve (Lundegårdh et al. 2008. J Agric food Chem 56:6, 2102-2111). Därmed gav den högre andelen rötter i det organiska materialet från den skördade vallen en högre andel tillförd svavel. Därtill kom den lägre C/S-kvoten i rötterna att medföra att svavlet ej immobiliserades lika kraftigt i marken, vilket den skulle ha gjort vid en högre C/S-kvot, likt den i skottet.

Komposterad grönmassa gav god svaveffekt i purjolöken, medan effekten var sämre i vitkålen. Exakt vad som gav upphov till dessa skillnader går ej säga. Dock torde skillnaderna kunnat ha berott på att utgångsmaterialet skilde sig åt, men även olikheter under komposteringen skulle kunna ha påverkat gödseffekten. Varje odlare, som använde kompost, utförde sin egen kompostering på gården och den kompost som användes till purjolöken gjordes på SLU. I jämförelsen med mineralgödslad vitkål, purjolök och tomat, visade studien på att de undersökta organiska gödningstrategierna inte var optimerade för odling av vitkål och purjolök avseende produktionen av glukosinolater respektive ACSO. I vissa fall kunde svavelbristen bli så allvarlig att större skördesänkningar uppkom. Färskt växtmaterial med stor andel skott borde undvikas som grönködsling till vitkål och purjolök. Om grönmassa med enbart skott är tänkt att användas, som gödselmedel till kål- och lökväxter, borde den fört processas, antingen genom kompostering eller rötning. Rötrest skall användas varsamt i små mängder och brukas ned väl i marken för att förhindra ammoniakavdunstning och tillväxthämning på grödan. Det senare är troligen orsakat av att tillväxthämmande nedbrytningsprodukter bildas under rötningen. Bäste torde komposterad grönmassa vara som grönködsel och då eventuellt kombinerad med nedbrukning av skördad vall och/eller tillförsel av djugödsel.

Tomatens innehåll av tomatin sjönk snabbt från det att tomaten började mogna. Vill man ha gröna tomater med låg halt tomatin bör tomaterna tas precis innan eller när de börjar få röd färg. Vi detta stadium är både halten tomatin och lykopen låg, medan halten askorbinsyra troligen når sin högsta nivå. Lämplig skördetid för röda tomater är stadium 5, precis innan fullmognad. Då torde tomaten ha uppnått sin maximala halt av lykopen och halten askorbinsyra inte sjunkit alltför mycket från sin högsta nivå.

Kvaliteten på palsternackan var varierande, vissa var mycket rena och hela medan andra kunde vara både skadade och ruttna. Detta var troligen den största anledningen till de stora skillnaderna i innehållet av furokumariner mellan odlingsplatser, men även sorten kan ha haft en avgörande betydelse för halten. Behandlingen av palsternackan vid upptagning, transport och lagring, avseende dess inverkan på halten furokumariner, borde undersökas mer utförligt. För sorten Gladiator torde en varsam behandling av palsternackan kunna sänka halten furokumariner med ca 88 % och för sorten White Gem med ca 90 %. Lägst halt furokumariner verkade sorterna White Gem och Juvenil ha.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen.

Under projektiden

Regelbundna diskussionsträffar med de odlare som ingick i projektet

Odlarresa

Odlingssystemets ekologi - grönködslingsgrödor som ett mångfunktionellt redskap i grönsaksodlingen – Dokumentation från sommarensan till Krusenberg, Sala och Gävle 21-22 augusti 2004. <http://www.cul.slu.se/>

Föredrag under följande konferenser

Organic farming for a new millennium-status and future challenges, NJF-Seminar 369, 15-17 juni 2005, Alnarp.

Ekologisk lantbruk konferens, 22-23 november 2005, Ultuna, Uppsala.

Mat för livet, 16 februari, 2006, Stockholm

Ekokonferens, 19-21 november 2007, Norrköping.

Abstrakt (föredrag)

Lundegårdh, B. 2005. The ecology of the cultivation system – Green manure as a multifunctional tool in vegetable production. Organic cultivation systems and food quality. NJF Report, 1 (1), 61- 64.

Lundegårdh, B. 2005. Odlingssystemets ekologi – grüngödsling som funktionellt” redskap” i grönsaksodling. Produktkvalitet. *Att navigera i en ny tid. Ekologisk lantbruk konferens, 22-23 november 2005, Ultuna, Uppsala, 307-308.*

Båth, B., Rämert, B., Lundegårdh, B., Elfstrand, S., & Mårtensson, A. 2005. Odlingssystemets ekologi – grüngödsling som funktionellt” redskap” i grönsaksodling. Mobil grüngödsling. *Att navigera i en ny tid. Ekologisk lantbruk konferens, 22-23 november 2005, Ultuna, Uppsala, 132-135.*

Lundegårdh, B. 2007. Odlingssystem och produktkvalitet – hur ser sambanden ut? Mat i nytt klimat - Ekokonferensen 2007, Norrköping, 70-72.

Abstrakt (Poster)

Lundegårdh, B., Båth, B., Elfstrand, S. & Mårtensson, A.. 2005. Impact on the content of alkyl cysteine sulphoxides in leek and glucosinolates in cabbage. *NJF-Seminar 369. Organic farming for a new millennium-status and future challenges.* NJF Report, 1 (1), 254.

Artiklar mm (nationella)

Båth, B., Elfstrand, S., Lundegårdh, B. Rämert, B. & Ögren, E. (2006). Grüngödsling i köksväxter – inte lätt att välja metod. *Ekologiskt lantbruk* 9, 18-21.

Formas diarienummer 22.9/2001-1835. Odlingssystemets Ekologi: Grüngödsling som mångfunktionellt ”redskap” i grönsaksodlingen. Slutrapportering

Faktablad: Odlingssystemets ekologi - grüngödslingsgrödor som ett mångfunktionellt redskap i grönsaksodlingen. Sammanställt av Björkman, M., 2005.

Broschyr: Odlingssystemets ekologi - grüngödslingsgrödor som ett mångfunktionellt redskap i grönsaksodlingen- Resultat. Björkman, M & Elfstrand, S.

Faktablad: The ecology of the cultivation system – Green manure as a multifunctional tool in vegetable production. Sammanställt av Björkman, M., 2005.

Artiklar (internationella)

Heeb A, Lundegårdh B., Ericsson T. & Savage P. G. 2006. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 535-541.

Lundegårdh, B., Botek, P., Schulzová, V., Hajšlová, J., Strömberg, A., & Andersson, H.C. 2008. Impact of different green manures on alk(en)yl-L-cysteine sulphoxide and L-ascorbic acid in leek . *Journal of Food Chemistry and Agriculture* 56:6, 2102-2111.

Lundegårdh, B., Strömberg, A., Andersson, H.C., Botek, P., Schulzová, V., & Hajšlová, J. Compositional changes during the season in leek fertilized with different forms of green manure. Submitted to *Journal of the Science of Food and Agriculture*