



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjursgenetik

Genotyp – miljösamspel inom konventionell och ekologisk slaktsgrisproduktion

Emelie Sivertsson



Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjursgenetik
466
Uppsala 2015

Examensarbete, 15 hp
– Kandidatarbete
(Litteraturstudie)
Agronomprogrammet–Husdjur



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjursgenetik

Genotyp – miljösamspel inom konventionell och ekologisk slaktsgrisproduktion

Genotype - environment interaction in conventional and organic pig production

Emelie Sivertsson

Handledare:

Nils Lundeheim, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator:

Erling Strandberg, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet–Husdjur

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Nils Lundeheim

Serienamn, delnr: Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjursgenetik, 466

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Genotyp-miljösamspel, genetiska korrelationer, ekologisk produktion, konventionell produktionsegenskaper, hälsa, gris

Abstract

Pigs in Sweden are produced in either conventional or organic production, which represents one percent of the total production. The breeds used in the two systems are the same, but design of housing, feeding strategy and environmental temperature are different between the systems, which place different demands on the animals. Health problems in the different systems also differs. When genotype- environment interaction occurs and is strong, animals are ranked different with regard to breeding value, depending on whether they are kept in a conventional or organic environment. When the interaction do not occur or is weak, the animals get equal ranking in both environments.

The aim of this literature study is to describe the genotype by environment interaction for pig production characteristics between conventional and organic production environment. Further, the aim is to evaluate the need to design a specific breeding program for organic pig production.

The studies made on genotype environmental interactions are not consistent. Some studies show a low genotype by environment interactions while others shows stronger interactions. The number of studies are few and it takes more to draw a clear conclusion about the need for a special breeding program for organic production. If the conventional breeding program could be adapted for organic pig production, selecting breeding animals with good leg health should be a good idea since it is the most common health disorder in that production environment.

Sammanfattning

I Sverige föds grisar upp i antingen konventionell eller ekologisk produktion, vilken utgör en procent av den totala produktionen. De raser som används inom de båda systemen är desamma, dock skiljer sig utformningen av inhysning, utfodringsstrategi och omgivningstemperatur mellan systemen, vilket ställer olika krav på djuren. Hälsoproblemen i de olika systemen skiljer sig även åt. Där genotyp-miljösamspel förekommer och är starkt, rangordnas djuren olika med avseende på avelsvärde beroende på om de befinner sig i en konventionell eller ekologisk miljö. Där samspelet inte förekommer eller är svagt, rangeras djuren lika i bägge miljöerna.

Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva genotyp-miljösamspel för grisars produktionsegenskaper mellan konventionell och ekologisk produktionsmiljö och om det behöver utformas ett enskilt avelsprogram för ekologisk grisproduktion.

De studier som gjorts på genotyp-miljösamspel är inte samstämmiga. Vissa studier visar på ett svagt genotyp-miljösamspel medan andra visar på starkare samspel. Antalet utförda studier är få, det krävs fler för att kunna dra en entydig slutsats kring behovet av ett speciellt avelsarbete för ekologisk produktion. Om nu det konventionella avelsprogrammet skulle anpassas för ekologisk grisproduktion skulle man kunna selektera avelsdjur med bra benhälsa, då det är de vanligast förekommande hälsoproblem i den produktionsmiljön.

Introduktion

Vildsvinen (*Sus scrofa*) lever i flockar om tre till fyra, ofta besläktade, familjer. Vildsvinen är aktiva sex till åtta timmar om dagen med att söka föda och rör sig då över mycket stora områden. Grisar är renliga och väldigt noga med att skilja på vilo- och matplats, vilket innebär att de alltid gödslar på samma plats och vilar på en annan. Domesticerade grisar härstammar från vildsvinen och skiljer sig mycket åt i utseende. Trots domesticering och avel så kvarstår mycket av vildsvinens beteende hos tamgrisen (Jensen, 2006).

I konventionell produktion föds slaktgrisar antingen upp i integrerad uppfödning; från smågris till slaktsvin eller i specialiserad uppfödning; från tre månader ålder till slaktsvin. De utfodras med blöt- eller torrfoder och utfodringen sker tre till fyra gånger per dag. Flyttningmomenten i specialiserad uppfödning kan orsaka stress hos grisarna vilket kan vara en bidragande faktor till sämre tillväxt från födelse till slakt (Lärn-Nilsson *et al.*, 1998).

Ekologiska grisar ska ha fri tillgång till foder och föds upp antingen KRAV-ekologisk eller EU-ekologisk. Vid KRAV-certifierad produktion går grisarna på bete under sommarhalvåret och med möjlighet till utevistelse även vintertid. Under EU-ekologisk grisproduktion har grisarna tillgång till utevistelse hela året, men oftast på betongplatta i anslutning till stallet (KRAV, 2015).

De raser som används inom ekologisk grisproduktion i Sverige är samma som för konventionell produktion. Inhysningssystem, hälsoproblem, utfodringsstrategier och omgivningstemperaturer skiljer sig åt mellan de olika systemen och dessa skillnader ställer olika krav på djuren. Det har diskuterats om grisar som föds upp för en hög produktion i konventionellt uppfödningssystem verkligen passar och presterar lika bra i en ekologisk. Det har även diskuterats om man bör ha en annan utformning av avelsmålen och därmed ett eget avelsarbete för ekologiska grisar.

För att komma fram till det är det nödvändigt att undersöka om det förekommer Genotyp-miljösamspel mellan dessa två produktionsmiljöer. Genotyp – miljösamspel innebär att en viss egenskap styrs av olika gener beroende på miljön, och detta samspel kan ha större effekt på vissa mått av egenskapen än andra. Där genotyp-miljösamspel förekommer rangordnas djuren olika med avseende på avelsvärde beroende på om de befinner sig i en konventionell eller ekologisk miljö. Där samspelet inte förekommer, rangeras djuren lika i bägge miljöerna. Om selektionen har skett i en annan miljö än där djuret ska prestera och ingen hänsyn har tagits till genotyp-miljösamspelet i avelsprogrammet kan det förväntade resultatet bli lägre än väntat. Det blir även svårare att förutspå genetiska framsteg vilket kan leda till sämre ekonomiskt resultat.

Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva genotyp-miljösamspel för grisars produktionsegenskaper mellan konventionell och ekologisk produktionsmiljö och om det behöver utformas ett enskilt avelsprogram för ekologisk grisproduktion. Tillväxtgrisar och slaktgrisar kommer att vara i fokus medan reproduktion och ekonomiska aspekter utelämnas.

Konventionell och ekologisk grisproduktionen i Sverige

Produktionsnivå

Produktionsegenskaper för slaktsvin har ofta hög arvbarhet och exempel på sådana egenskaper är foderomvandlingsförmåga, slaktkroppens sammansättning och köttets kvalitet (Rydhmer *et al.*, 2009). Om arvbarheten mäts till ett så styrs egenskapen bara av gener och beräknas den till noll styrs egenskapen bara av miljön. Arvbarheten för tillväxt respektive foderomvandlingsförmåga ligger mellan 0,3-0,4 och det har visat sig att det finns en gynnsam korrelation mellan dem (Falconer & Mackay, 1996). Arvbarheten för späcktjocklek mätt på det levande djuret är 0,4 och efter slakt 0,6-0,7 (Rydhmer *et al.*, 2009). Ett antal studier har utförts för att undersöka om det finns någon skillnad i tillväxt, foderomvandlingförmåga och slaktkroppss-

kvalité mellan konventionell grisuppfödning inomhus och utomhus samt ekologisk uppfödning.

Stern *et al.* (2003) jämförde grisar som inhystes inomhus med en restriktiv fodergiva med grisar som föddes upp utomhus med fri tillgång till foder. Det visade sig att de grisar som inhystes utomhus hade en högre daglig tillväxt än de som inhystes inomhus. Grisarna hade högre tillväxt men det visade sig att de behövde tio procent mer foder än grisarna inomhus för att klara av samma tillväxt. Slaktkropparna studerades och det fanns inga skillnader på slaktkroppsegenskaper mellan grupperna, förutom att slaktkropparna från de grisar som gått ute var köttigare.

I en liknande studie fann Juska *et al.* (2013) att grisar som inhystes utomhus hade högre daglig tillväxt under tillväxtfasen, dvs. från tio dagar efter avvänjning upp till 30 kg, jämfört med grisar som inhystes inomhus. Inga skillnader upptäcktes dock i slaktkroppskvaliteten mellan grisarna och efter tillväxtfasen hade grupperna likvärdig daglig tillväxt. Båda grupperna fick identiska fodergivor så i motsats till Stern *et al.* (2003) såg Juska *et al.* (2013) att det inte krävdes mer foder för att ge högre tillväxt hos utegrisarna.

I ytterligare en studie utförd av Enfält *et al.* (1997) undersöktes om det var någon skillnad i slaktkroppskvalité mellan konventionella grisar uppfödda inomhus och konventionella grisar uppfödda utomhus. Det studerades även om det blev skillnad i resultatet beroende på om Duroc eller Yorkshire användes som faderras. Sammanlagt användes 102 slaktgrisar som fördelades i två grupper. Den ena gruppen inhystes inomhus i boxar om fyra grisar och den andra utomhus i en stor grupp med 52 grisar. Vid slakt fann Enfält *et al.* (1997) att grisar som fötts upp inomhus hade en högre daglig tillväxt jämfört med utomhusgrisarna.

Hälsa

Luftvägsinfektioner är vanligt förekommande i konventionell grisproduktion, främst hos slaktsvin, vilket kan orsakas av både virus och bakterier (SVA, 2015). De vanligaste bakterierna som orsakar luftvägsinfektioner är *Actinobacillus pleuropneumoniae* och *Mycoplasma hyopneumoniae* och kan ge symtom som trötthet, hosta, minskad aptit och kan i värsta fall även leda till döden. Det är dock vanligt att grisarna inte visar några symtom förrän vid slakt då man ser förändringar i lungorna. Sjukdomen yttrar sig olika från besättning till besättning beroende på bland annat ventilationssystem, dammhalt och halten av gödselgaser (Heldmer *et al.*, 2006).

En studie utförd av Donham (1991) visade att höga dammhalter i luften orsakade luftvägsinfektioner hos slaktgrisar vilket resulterade i en sämre tillväxt.

För utegrisproduktion är ledinflammationer och parasitangrepp de vanligast förekommande hälsostörningarna (Heldmer *et al.*, 2006). Den vanligaste inälvparasiten är spolmask och denna parasit medför inget större lidande för grisen men kan påverka tillväxten negativt och ge avdrag vid slakt (SVA, 2015).

De bakterier som orsakar ledinfektioner hos slaktsvin är främst *Mycoplasma hyosynoviae* och *Erysipelothrix rhusiopathiae* där den sistnämnda orsakar rödsjuka (SVA, 2015). Bakterierna kan orsaka förändringar i lederna vilket leder till hälta (Heldmer *et al.*, 2006). En annan orsak till ledproblematik är ledskadan osteokondros som är vanlig hos djur med hög tillväxt och köttighet (Etterlin *et al.*, 2014).

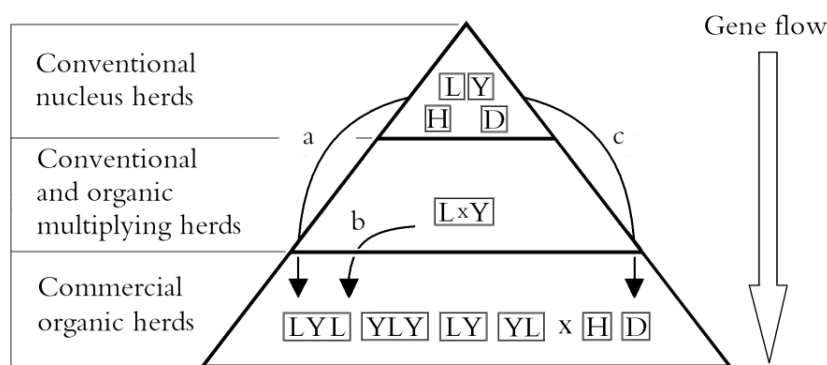
För att se hur olika inhysningssystem påverkar förekomsten av osteokondros hos slaktgrisar utförde Etterlin *et al.* (2014) en studie på slaktgrisar inhysta inomhus enligt minimimått för konventionell uppfödning med grisar inhysta utomhus under KRAVs regelmått. Totalt var 150 grisar med i studien. Av dessa placerades 50 grisar inomhus och 100 grisar utomhus, där alla, oavsett inhysning, fick samma typ och mängd foder. Förekomsten av osteokondros samt

skador i hasleder och armbågsleder observerades vid slakt. Resultaten visade att fler grisar inhysta utomhus hade osteokondros i armbågsleder och hasleder och skadorna var betydligt större jämfört med grisarna inhysta inomhus. Slutsatsen blev därmed att grisarna inhysta utomhus hade större risk att få leddskador och att avel för leder som är mera anpassade till utomhusuppfödning kan behövas.

Avel

De raser som används inom Svensk ekologisk produktion är samma som för konventionell produktion, men de två uppfödningssystemen ställer olika krav på djuren. Wallenbeck *et al.* (2008) diskuterade om grisar som föds upp för en hög produktion i konventionellt uppfödningssystem verkligen passar och presterar lika bra i en ekologisk uppfödning. Diskussionen berörde även frågan hurvida ekologiska grisar bör ha en annan typ av avelsstrategi och därmed ett eget avelsarbete.

Nästan alla slaktsvin i Sverige är idag treraskorsningar där korsningseffekten utnyttjas för att få friskare djur som växer snabbare. Mödrarna till slaktgrisarna är så kallade hybrider; en korsning mellan Lantras och Yorkshire, vilka sedan korsas med renrasiga Duroc- eller Hampshiregaltar. En förutsättning för att få fram bra korsningsdjur är att avelsarbetet utförs med de rena raserna. Flödet av gener kan beskrivas som en avelspyramid (Figur 1). I avelsbesättningarna, längst upp i pyramiden, föds de rena raserna upp och de renrasiga galtarna säljs till seminestationer och till olika sorters besättningar. I nästa nivå i uppförkningsbesättningarna används renrasiga djur för att producera korsningsgyltor vilka sedan blir mödrar i bruksbesättningar, längst ner i pyramiden, som producerar slaktsvin (Nordic Genetics, 2015). På vänster sida i pyramiden visas ett exempel på hur en ekologisk besättning kan producera sin egen rekrytering med hjälp av alternerande återkorsning med Lantras och Yorkshire galtar (Wallenbeck 2009).



Figur 1. Exempel på genflödet i en avelspyramid (Wallenbeck 2009).

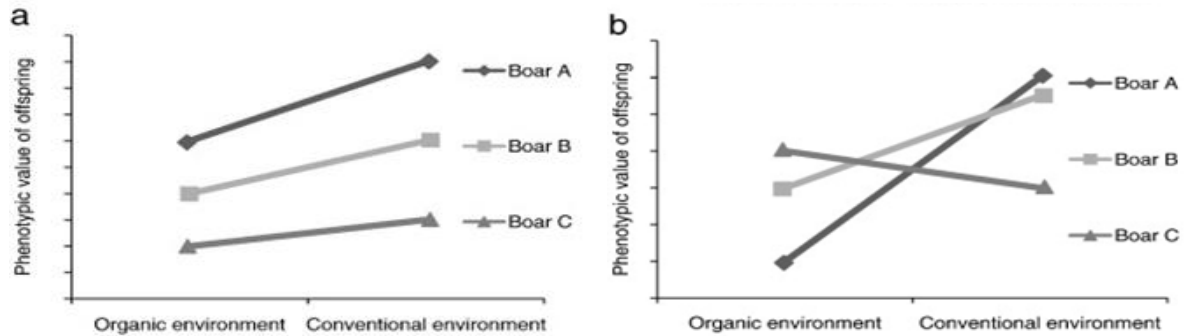
Avelsmålen för respektive ras skiljer sig åt. I avelsmålen för faderrasen Hampshire är produktionsegenskaperna i fokus. För moderraserna Yorkshire och Lantras är reproduktionsegenskaper som kullstorlek, modersegenskaper och fertilitet viktiga i avelsmålen, men produktionssegenskaper ingår även. Dessa reproduktionsegenskaper har ofta en låg arvbarhet (Rydhmer *et al.*, 2009).

Genotyp-miljösamspel

Ett djurs fenotyp beskrivas som en kombination av effekten av miljön djuret lever i och djurets genetiska kapacitet. När miljö och gener samspelar med varandra kallas det genotyp – miljösamspel vilket innebär att egenskapen delvis styrs av olika gener beroende på miljö

(Falconer & Mackay, 1996).

Nedan följer ett exempel där tre galtars avkommor föds upp under både konventionell och ekologisk miljö. Där det inte förekommer genotyp-miljösamspel och då samspelet endast är svagt, rangordnas djuren lika i de olika miljöerna (Figur 2a). Där starkt genotyp-miljösamspel förekommer (Figur 2b) blir det viss omrangering av galtarna med avseende på deras avelsvärden (Wallenbeck, *et al.*, 2008).



Figur 2a. Svagt genotyp-miljösamspel. Figur 2b. Genotyp-miljösamspel med ändrad rangordning (Wallenbeck, *et al.*, 2008).

Hur bra olika genotyper presterar kan variera mellan olika miljöer och miljöskillnaderna kan ha en större effekt för vissa mått av egenskapen än andra. Ett sätt att studera om det förekommer genotyp-miljösamspel är att se om det finns en genetisk korrelation för en egenskap mellan olika miljöer. Om korrelationen är hög rangordnas djuren lika i båda miljöerna. Om korrelationen är låg, indikeras att olika gener styr egenskapen i de olika miljöerna (Falconer & Mackay, 1996).

Det är viktigt att inte negligera genotyp-miljösamspel i ett avelsprogram då det förväntade resultatet kan bli lägre än väntat om selektionen har skett i en annan miljö än där djuret ska prestera (Cameron, 1992). Även Dominik & Kinghorn (2009) poängterar vikten av att inte nonchalera genotyp-miljösamspel då det blir svårare att förutspå genetiska framsteg vilket kan leda till ekonomiska förluster. De studerade vilka effekterna blev av att negligera samspelet och såg att ju större genotyp-miljösamspel, desto svårare att förutse genetiska framsteg.

Genotyp-miljösamspel mellan ekologisk och konventionell uppfödning

Studier har utförts för att påvisa om det finns genotyp-miljösamspel för produktionsegenskaper mellan ekologisk och konventionell uppfödning.

Wallenbeck *et al.* (2008) studerade genotyp-miljösamspel för slaktkroppsmått och tillväxthastighet i konventionell och ekologisk produktionsmiljö. I försöket korsades 37 Hampshiregaltar med 174 renrasiga Lantras- eller Yorkshiresuggor och även med korsningssuggor Lantras och Yorkshire. Avkommorna från dessa föddes upp i ekologisk produktion och slaktades. Tillväxthastigheten och slaktkroppssammansättningen registrerades och med denna information avelsvärderades galtarna. Konventionella avelsvärden för samma galtar samlades in från avelsorganisationen Quality Genetics. Korrelationen mellan avelsvärdena från de två produktionssystemen var positiv. Korrelation för tillväxthastighet och späcktjocklek var i genomsnitt 0,4-0,5 mellan de två miljöerna, vilket visar att det fanns ett visst genotyp-miljösamspel (Tabell 1).

Tabell 1: Korrelationer (95 % konfidensintervall) mellan ekologisk- och konventionella avelsvärden från 29 galtar. Spearman rank correlation används då data inte är normalfördelade. Pearson correlation används då normalfördelade värden finns (Wallenbeck *et al.* 2008)

	Korrelation (Konfidensintervall)
Spearman rank correlation	
Tillväxthastighet	0,48 (0,13-0,72)
Späcktjocklek	0,42 (0,06-0,68)
Pearson correlation	
Tillväxthastighet	0,45 (0,09-0,70)
Späcktjocklek	0,37 (0,002-0,65)

Merks & Kemenade (1989) utförde avkommeprövning av 107 Yorkshire galtar i 27 olika suggbesättningar. Data samlades in för sammanlagt 8 148 slaktgrisar efter dessa, uppfödda i 37 olika konventionella slaktgrisbesättningar. Vissa av grisproducenterna hade egen uppfödning av slaktgrisar, andra hade samarbete med andra slaktsvinsuppfödare. Avkommor från 65 av galtar genomgick stationsprövning och 42 av dem gårdsprövning. De fann att det fanns genotyp-miljösamspel för slaktkroppsegenskaper men inte för tillväxthastighet.

Miljön som grisarna lever i på teststation är en helt annan än den i bruksbesättningar och avelsbesättningar. På teststation registreras hur mycket en gris äter med en foderautomat, där endast en gris kan äta åt gången och de har fri tillgång till foder. I konventionella slaktsvinsbesättningar äter grisarna vanligtvis samtidigt i fodertråg. Galtarna selekteras alltså i en miljö som inte helt överensstämmer med den miljö eventuella avkommor kommer att leva i, vissa galtar kommer alltså inte att vara lämpade i bruksbesättningar (de Haer *et al.*, 1992).

Merks (1989) studerade späcktjocklek och daglig tillväxt mellan de olika nivåerna i avelsprogrammet för att påvisa genotyp-miljösamspel. De avelsvärden som användes hämtades från tidigare studier (Merks, 1988; Merks & Kemenade, 1989). Studien utfördes i tre olika kombinationer: Stationsprövning och gårdsprövning, stationsprövning och konventionell uppfödning samt gårdsprövning och konventionell uppfödning. Studien visade att korrelationen var högst mellan gårdsprövning och konventionell uppfödning där det fanns ett högt genetiskt samband för daglig tillväxt men ett lågt samband för slaktkroppsegenskaper. Korrelationen var lägre mellan stationsprövning och gårdsprövning samt stationsprövning och konventionell uppfödning (Tabell 2).

Tabell 2: Genetiska korrelationer mellan Yorkshiregaltars produktionsegenskaper vid stationsprövning eller gårdsprövning och deras avkommors prestation i konventionell uppfödning (Merks, 1989)

	Gårdsprövning	Konventionell uppfödning
Stationsprövning		
<i>Späcktjocklek</i>	0,3 – 0,7	0,57 – 0,64
<i>Daglig tillväxt</i>	0,3- 0,65	-0,48 – 0,17
Gårdsprövning		
<i>Späcktjocklek</i>		~ 0
<i>Daglig tillväxt</i>		~ 1

Andra studier har utförts för att studera om ekologiska grisar kräver en annan utformning av avelsprogram då de ska klara att födas upp under andra förutsättningar än konventionella grisar.

Brandt *et al.* (2010) studerade en grupp grisar med sju olika genotyper och jämförde slaktkroppssammansättning och tillväxt i konventionell och ekologisk miljö för att påvisa genotyp-miljösamspel. De fann att alla genotyper presterade bättre under konventionella förhållanden och att det fanns genotyp-miljösamspel för produktionsegenskaperna tillväxt och slaktkroppssammansättning.

Diskussion

Då samma raser används inom svensk ekologisk produktion som för konventionell produktion har studier utförts för att se om ekologiska grisar bör ha en annan avelsstrategi och därmed ett eget avelsarbete då de två uppfödningssystemen ställer olika krav på djuren. Wallenbeck *et al.* (2008) visade att grisar som presterar bra i en konventionell miljö även gör det i en ekologisk miljö och fann därmed att det fanns genotyp-miljösamspel för slaktkroppsmått och tillväxthastighet. Deras slutsats var dock att det inte behöver utformas ett enskilt avelsprogram för ekologisk grisproduktion, däremot anser de att det konventionella avelsprogrammet bör anpassas så ekologiska grisproducenter kan välja.

Brandt *et al.* (2010) fann att alla genotyper som presterade bra under konventionella förhållanden även gjorde det i ekologiska och fann genotyp-miljösamspel för produktionsegenskaperna men det blev ingen större omrangering. Därmed blev slutsatsen att inget speciellt avelsprogram behöver utformas för ekologisk grisproduktion, trots resultaten. Det är dock viktigt att inte negligera genotyp-miljösamspel i ett avelsprogram då det förväntade resultatet kan bli lägre än väntat om selektionen har skett i en annan miljö än där djuret ska prestera (Cameron, 1992).

Även miljön som grisar lever i mellan de olika nivåerna i avelsprogrammet skiljer sig åt. Miljön som grisarna lever i på teststation är bland annat en helt annan än den i bruksbesättningar och avelsbesättningar. Galtarna selekteras alltså i en miljö som inte helt överensstämmer med den miljö eventuella avkommor kommer att leva i.

Merks (1989) studerade skillnaden mellan de olika nivåerna i avelsprogrammet. Resultaten visade att det fanns genotyp-miljösamspel för späcktjocklek men inte för daglig tillväxt mellan stationsprovning och de andra två nivåerna i avelspyramiden. Det blev därmed en viss omrangering av djuren med avseende på avelsvärdena på grund av miljöskillnaderna i de olika nivåerna.

Slutsats

Om nu det konventionella avelsprogrammet skulle anpassas för ekologisk grisproduktion skulle man kunna selektera avelsdjur med bra benhälsa, då det är de vanligast förekommande hälsostörningarna i den produktionsmiljön.

De studier som gjorts på genotyp-miljösamspel är inte samstämmiga.

Vissa studier visar på ett svagt genotyp-miljösamspel medan andra visar på starkare samspel. Antalet utförda studier inom området är få, vilket medför att det krävs fler för att kunna dra en

slutsats huruvida ett enskilt avelsprogram för ekologisk grisproduktion behöver utformas eller inte.

Referenser

- Brandt, H., Werner, D. N., Baulain, U., Brade, W & Weissmann, F. (2010). Genotype–environment interactions for growth and carcass traits in different pig breeds kept under conventional and organic production systems. *Animal*, vol. 4, ss. 535-544
- Cameron, N.D. (1993). Methodologies for estimation of genotype with environment interaction. *Livestock Production Science*, vol. 35, ss. 237-24
- de Haer, L.C.M., Merks, J.W.M., Kooper, H.G., Buiting, G.A.J & van Hattum, J.A. (1992)
A note on the IVOG-station: a feeding station to record the individual food intake of group-housed growing pigs. *Animal Production*, Vol. 54, ss. 160-162
- Dominik, S & Kinghorn, B.P. (2008). Neglecting genotype×environment interaction results in biased predictions from selection index calculations. *Livestock Science*, Vol. 114, ss.233–240
- Donham, K. J. (1991). Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 52 (10), ss. 1723-1730
- Enfält, A.-C., Lundström, K., Hansson, I., Lundeheim, N & Nyström, P.-E. (1997). Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Science*, Vol. 45, ss. 1-15
- Etterlin, P., Ytrehus, B., Lundeheim, N., Heldmer, E., Österberg, J & Ekman, S (2014). Effects of free-range and confined housing on joint health in a herd of fattening pigs. *BMC Veterinary Research*, vol. 10, ss. 208
- Falconer, D.S. & Mackay, T.F. (1996). Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman Group. Essex, UK
- Heldmer, E., Lundeheim, N & Robertsson, J-Å. (2006). Sjukdomsfynd hos ekologiskt uppfödda grisar. *Svensk veterinärtidning*. Vol. 13, ss. 13-19
- Jensen, P. (2006). Djurens Beteende. 3 uppl. Stockholm. Natur & Kultur
- Juska, R., Juskiene, V & Leikus, R. (2013). The influence of a free-range housing system on pig growth, carcass composition and meat quality. *Journal of Applied Animal Research*, vol. 41, ss. 39-47
- KRAV (2015). Regler för KRAV-certifierad produktion 2015. Tillgänglig:
<http://www.krav.se/sites/www.krav.se/files/kravs-regler2015-webb.pdf> [2015-03-22]
- Lärn-Nilsson, J., Christensen, S., Danielsson, D-A., Eriksson, J-Å., Ewing, K., Furugren, B., Larsson, N-E., Olsson, S-O., Rydhmer, L & Widebeck, L (1998). Naturbrukets husdjur del 2. Borås. Natur och kultur
- Merks, J.W.M. (1988). Genotype X environment interactions in pig breeding programmes. III. Environmental effects and genetic parameters in on-farm test, *Livestock Production Science*, vol. 18, ss. 129-140
- Merks, J.W.M. & van Kemenade, P.G.M., (1989). Genotype X environment interactions in pig breeding programs. V. Genetic parameters and sire X herd interaction in commercial fattening. *Livestock Production Science*, vol. 22, ss. 99-109
- Merks, J.W.M. (1989). Genotype x environment interactions in pig breeding programmes. VI. Genetic relations between performances in central test, on-farm test and commercial fattening. *Livestock Production Science*, vol. 22, ss. 325-339
- Nordic genetics, (2015) <http://nordicgenetics.se/>
- Rydhmer, L., Näsholm, A., Strömne, T., Alarik, M., Åkerfeldt, Y., Wallenbeck, A., Sundberg, T & Hansson, M. (2009). Avel i ekologiska besättningar. [Elektronisk]. 2 Uppl. Uppsala. Tillgänglig:

<http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjursgenetik/Avel%20i%20ekologiska%20bes%C3%A4ttningar%20web.pdf> [2015-03-15]

SJV. Jordbruksverket, (2014). Jordbruksinformation 3. Djurskyddsbestämmelser – gris. [2015-03-31]

Stern, S., Heyer, A., Andersson, H. K., Rydhmer, L & Lundström, K. (2003). Production results and technological meat quality for pigs in indoor and outdoor rearing systems. *Acta Agriculturae Scandinavica*, vol. 53, ss. 166-174

SVA. Statens veterinärmedicinska anstalt. (2015). Sjukdomar hos gris. Tillgänglig: <http://www.sva.se/djurhalsa/gris1> [2015-03-31]

Wallenbeck, A., Rydhmer, L & Lundeheim, N. (2008). GxE interactions for growth and carcass leanness: Re-ranking of boars in organic and conventional pig production, *Livestock Science*, vol. 123, ss. 154–160

Wallenbeck, A. (2009). *Pigs for organic production*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet