



Genotyp-miljösamspel hos holstein och inhemska mjölkcoraser i Afrika

Elin Berg

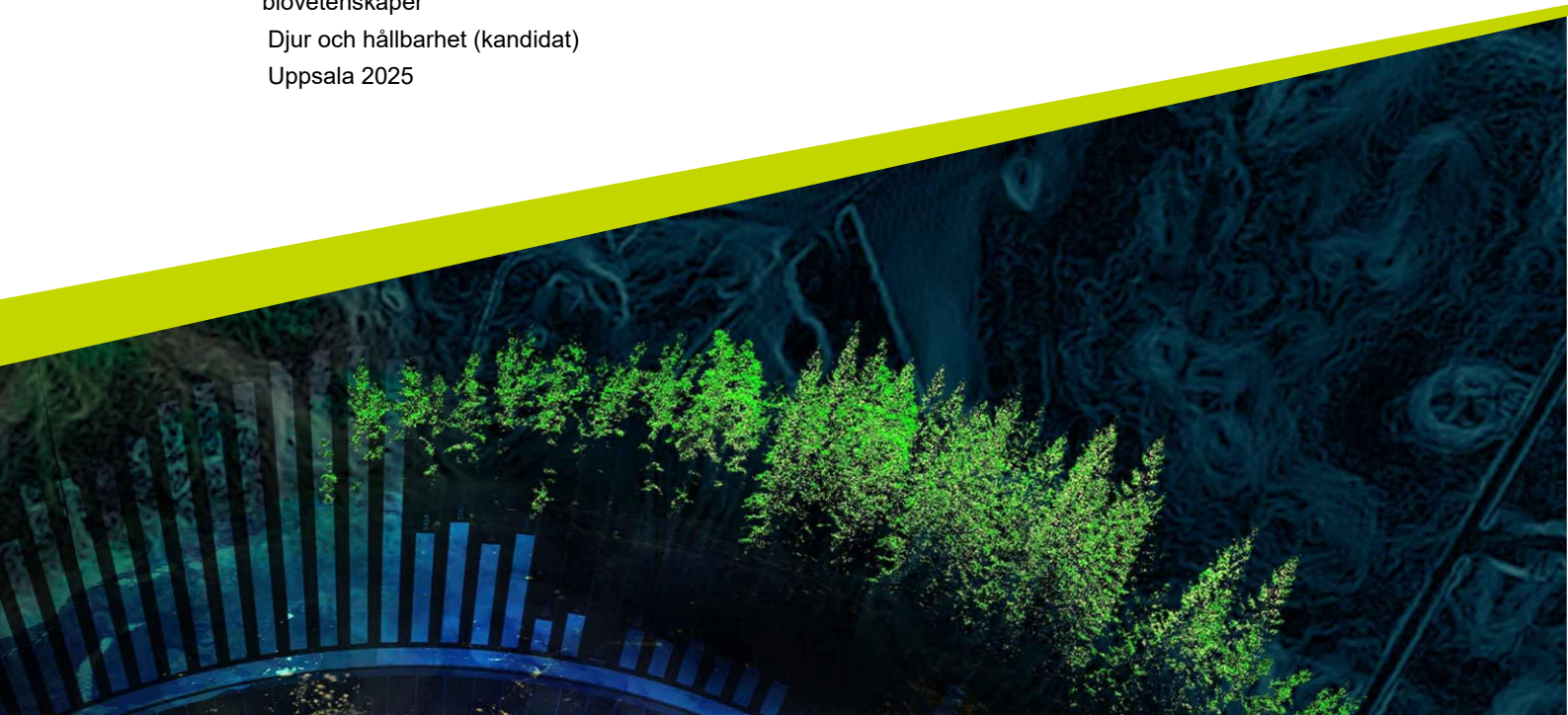
Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap/Institutionen för husdjurens
biovetenskaper

Djur och hållbarhet (kandidat)

Uppsala 2025



Genotyp-miljösamspel hos holstein och inhemska mjölkkoraser i Afrika

Genotype by environment interactions in Holstein and indigenous dairy cattle breeds in Africa

Elin Berg

Handledare:	Erling Strandberg, Sveriges lantbruksuniversitet, Husdjurens biovetenskaper (HBIO)
Examinator:	Lotta Rydhmer, Sveriges lantbruksuniversitet, Husdjurens biovetenskaper (HBIO)
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i husdjursvetenskap
Kurskod:	EX0865
Program/utbildning:	Djur och hållbarhet (kandidat)
Kursansvarig inst.:	Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	Genotyp-miljösamspel, holstein, mjölkkor, heteros, avel, produktionsegenskaper, fenotyp, tempererat klimat, subtropiskt klimat, tropiskt klimat, Afrika

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap (VH)

Institutionen för husdjurens biovetenskaper (HBIO)

Kvantitativ genetik och husdjursavel

Sammanfattning

Effektivisering av mjölkproduktionen i afrikanska länder är väsentlig för att minska hunger och fattigdom. Färre djur ska mätta fler människor vilket kräver en ökad mjölkproduktion. Afrikanska mjölkkor är robusta och motståndskraftiga mot lokala sjukdomar och har ett lågt underhållsbehov. Däremot har de sämre produktionsegenskaper, sen inkalvningsålder och långa kalvningsintervall. Holstein är en högproducerande och populär ras som används världen över. För att öka produktionen har det gjorts försök att introducera holstein i afrikanska länder samt korsa holstein med afrikanska koraser. Syftet med korsningsaveln är att utnyttja den additiva genetiska effekten och heteros. Genotyp-miljösamspel kan ställa till problem med introducering och korsningsavel med holstein i (sub)tropiskt klimat då produktions-, reproduktions- och hälsoegenskaper kan påverkas negativt av en ogynnsam miljö. Detta visar sig genom att det finns en skaleffekt för fenotypernas värde i olika miljöer. Ibland förekommer också en rangordningseffekt för individernas avelsvärde. Holstein har en hög fenotypisk plasticitet och är därför känslig för förändringar i miljön, vilket ger stora skal- och rangordningseffekter. Därför kan avelsmål för ökad mjölkproduktion inom afrikanska raser vara en enklare väg framåt, men det kräver optimering och utveckling av fungerande avelsprogram. Genom att ta fram avelsprogram för lokala raser som tar hänsyn till genotyp-miljösamspel kan genotyper matchas med rätt miljö och det genetiska framsteget för mjölkproduktion öka på ett hållbart sätt.

Nyckelord: genotyp-miljösamspel, holstein, mjölkkor, heteros, avel, produktionsegenskaper, fenotyp, tempererat klimat, subtropiskt klimat, tropiskt klimat, Afrika

Abstract

Improving milk production efficiency in Africa is essential for reducing hunger and poverty. Fewer animals must feed more people, which requires increased milk production. African dairy cows are robust and resistant to local diseases, with low maintenance needs. However, they have poorer production traits, a late age at first calving and long calving intervals. Holstein is a high producing and popular breed used worldwide. To increase production, attempts have been made to introduce Holstein in Africa and to crossbreed them with African cattle breeds. The purpose of crossbreeding is to utilize additive genetic effects and heterosis. Genotype-by-environment interaction can complicate the introduction and crossbreeding with Holstein in (sub)tropical climates, as production, reproduction, and health traits are affected. This is evident through a scale effect in the phenotypic values across different environments. Sometimes, a re-ranking effect of individuals' breeding values also occurs. Holstein has high phenotypic plasticity and is therefore sensitive to environmental changes, resulting in significant scale and re-ranking effects. Therefore, breeding goals aimed at increasing milk production within African breeds may offer a simpler path forward, but this requires the optimization and development of functional breeding programs. By designing breeding programs for local breeds that account for genotype-by-environment interactions, genotypes can be better matched with appropriate environments, thereby enhancing genetic progress in milk production.

Keywords: genotype-by-environment interaction, Holstein, dairy cows, heterosis, breeding, production traits, phenotype, temperate climate, subtropical climate, tropical climate, Africa

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	5
Figurförteckning	6
Förkortningar	7
1. Introduktion	8
1.1 Genotyp-miljösamspel	8
1.2 Heteros.....	11
2. Material och metod	12
3. Resultat	13
3.1 Utbredning och gruppering av afrikanska nötkreatursraser	13
3.2 Afrikanska mjölkcor	14
3.3 Holstein i Afrika	15
3.4 Korsningsavel.....	17
4. Diskussion	20
5. Slutsats	22
Referenser	23
Populärvetenskaplig sammanfattning	26
Bilaga 1	27

Tabellförteckning

Tabell 1. Mjölproduktion och reproduktionscykel för utvalda afrikanska inhemska raser (efter Ndiokubwayo & Koç 2023).....	14
Tabell 2. Daglig mjölmängd för holstein i tropiskt klimat (efter Ndiokubwayo & Koç 2023).....	15
Tabell 3. Kalvningsintervall för renrasiga barca och holstein samt barca/holstein- och boran/holstein-korsningar (efter Tadesse & Dessie 2003)	17

Figurförteckning

Figur 1. Skaleffekt för mjölmängd vid hög eller låg fodergera för individer med hög eller låg genetisk nivå för mjölmängd (efter Hammami et al. 2009)	9
Figur 2. Ett exempel på rangordningseffekt för mjölkavkastning (kg torrsbstans/dag) hos New Zealand Holstein och North American Holstein beroende på bete eller fullfodermix som utfodring i tidig laktation (efter Kolver et al. 2002).....	10
Figur 3. Generell reaktionsnorm för fenotypisk plasticitet och stabil genotyp (efter De Jong & Bijma 2002).....	11
Figur 4. Utbredning av olika nötkreatursraser söder om Sahara i Afrika. Nötkreatur i norra Afrika samt importerade djur ingår inte i figuren (efter Mwai et al. 2015).....	13
Figur 5. Skattat avelsvärde för mjölkproduktion per 305 dagar i första laktationen hos 15 holstein avelstjurar i två olika miljöer. EBV = Estimated Breeding Value, LUX = Luxemburg, TUN = Tunisien (efter Hammami et al. 2008).....	16
Figur 6. Daglig mjölmängd per kalvningsintervall för renrasig barca och holstein samt korsningar barca/holstein (efter Tadesse & Dessie 2003).....	18

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
GxE	Genotyp-miljösamspel
F1	Första filialgenerationen, första generationens avkomma när två olika raser eller linjer korsas för första gången
EBV	Estimated Breeding Value

1. Introduktion

Målet med korsningsavel är att dels dra nytta av den additiva effekten, dels av korsningseffekten. Den additiva effekten är framför allt intressant vad det gäller mjölkavkastning, medan korsningseffekten är viktig för hälsa och reproduktionsegenskaper. Raser selekterade i tempererade miljöer har ofta höga produktionsegenskaper medan raser selekterade i (sub)tropiska miljöer ofta är robusta och motståndskraftiga. Avelsmaterial säljs över hela världen vilket gör att genotyperna hamnar i andra miljöer än vad individerna är selekterade i (Hanotte et al. 2010).

En ökad produktion är nödvändig i utvecklingsländer för att tillgodose mat till en ökad befolkning samt för att öka lönsamheten för enskilda djurägare. En ökad produktion kräver mer högpresterande och effektiva djur. Selektion och korsningsavel för ökad produktion kan ge mindre metanutsläpp per kg mjölk, reducerad markanvändning och ökad inkomst för lantbrukaren (Bell et al. 2010). Selektion av avelsdjur sker i specifika miljöer och genotypernas fenotyper kan därför variera beroende på miljön. Främst är det hälso-, produktions-, och reproduktionsegenskaper som påverkas av miljön. Därför är kunskapen om genotyp-miljösamspel en viktig del i lyckat och lönsamt avelsarbete (Marshall et al. 2019).

Syftet med detta arbete är att förstå och öka kunskap om genotyp-miljösamspel och hur det påverkar avelsarbetet i afrikanska länder. Genom att veta vilka egenskaper som är mest påverkade av genotyp-miljösamspel går det att förutspå vilka risker det kan finnas vid korsning av mjölkkor selekterade i olika miljöer. Det är också viktigt att ta reda på om avelsframsteget för inhemska afrikanska mjölkkor kan öka om genotyp-miljösamspel tas i beaktning och därmed effektivisera produktionen. Det är även av intresse att veta hur raser selekterade i tempererade miljöer kan prestera i (sub)tropiska miljöer för att öka mjölkavkastningen i dessa områden. Därför är den huvudsakliga frågeställningen hur mjölkkor av holsteinras selekterade i tempererade miljöer, renrasiga eller korsningar, presterar i subtropiska och tropiska områden i Afrika med fokus på produktions, reproduktions och hälsoegenskaper.

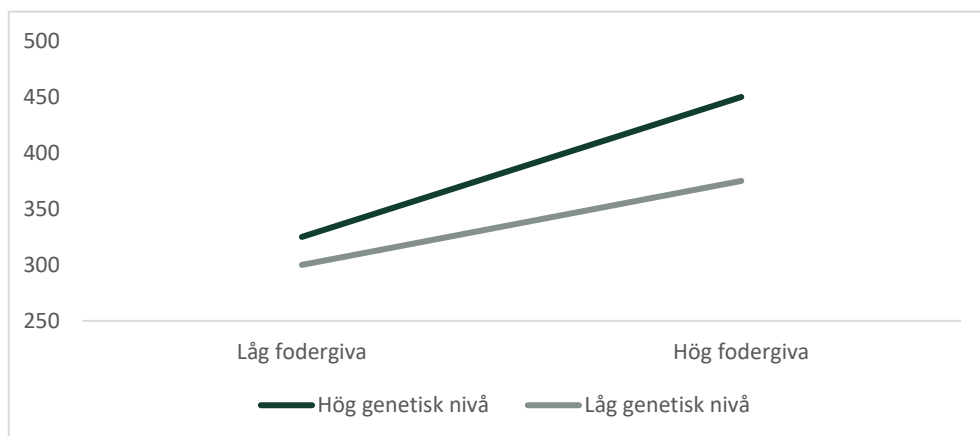
1.1 Genotyp-miljösamspel

Samspel mellan genotyp och miljö (GxE) innebär att fenotyper kan variera beroende på vilken miljö individen befinner sig i. Detta visar sig till exempel genom att genotyper får olika fenotypiska värden i olika miljöer. Egenskaper som ofta påverkas av miljön är reproduktion, vikt, livskraft, produktion och hälsa.

Egenskaper som påverkas väldigt lite eller inte alls av miljön är till exempel pälsfärg eller hornanlag (Dia et al. 2017).

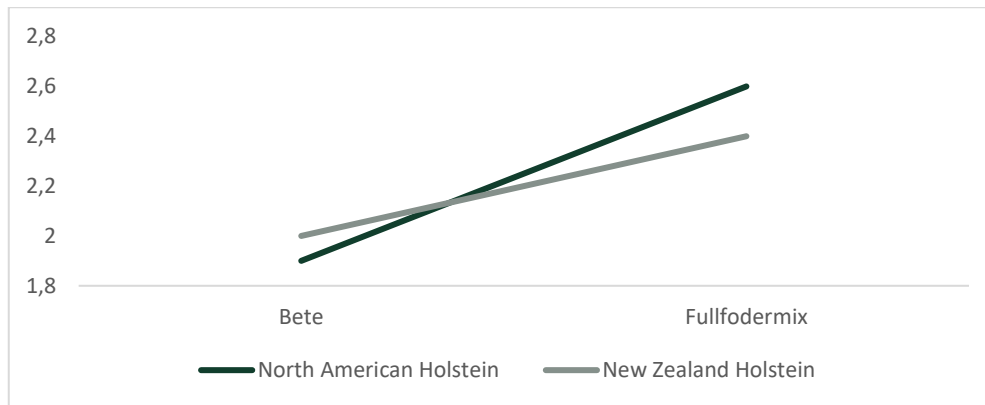
GxE kan beskrivas genom olika modeller som kräver möjlighet att studera samma genotyp i olika miljöer, antingen samma individ eller besläktade individer i olika miljöer. Artificiell insemination är ett bra verktyg för att kunna studera besläktade mjölkkor i geografiskt skilda miljöer (Strandberg 2012).

Det finns två typer av GxE som brukar skiljas åt: skaleffekter och rangordningseffekter. Om det finns en skillnad i prestation mellan två genotyper beroende på miljö kan det finnas en skaleffekt (figur 1). Skaleffekt ska skiljas från ren miljöpåverkan då ren miljöpåverkan är oberoende av genetik. Skaleffekt förekommer när genuppsättningen har en inverkan för hur mycket individen påverkas av miljön (Strandberg 2012).



Figur 1. Skaleffekt för mjölmängd vid hög eller låg fodergiva för individer med hög eller låg genetisk nivå för mjölmängd (efter Hammami et al. 2009)

Ibland kan även rangordningseffekt förekomma (figur 2). Rangordningseffekt existerar när individers prestanda korsar varandra beroende på miljön. Det innebär att ingen genotyp är konsekvent bäst i alla miljöer och rangordningen är inte konstant (Strandberg 2012).

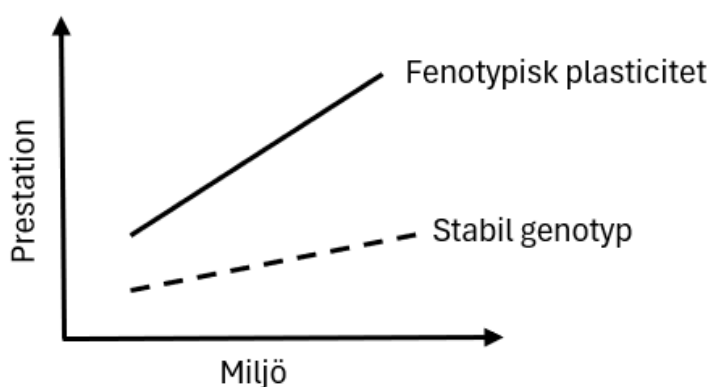


Figur 2. Ett exempel på rangordningseffekt för mjölkavkastning (kg torrs substans/dag) hos New Zealand Holstein och North American Holstein beroende på bete eller fullfodermix som utfodring i tidig laktation (efter Kolver et al. 2002)

Avelsvärde är ett mått på en individs genetiska potential att nedärva en viss egenskap. En individs avelsvärde kan förändras både vid skaleffekt och rangordningseffekt. Skattade avelsvärden i flera miljöer är ett bra verktyg för att kunna välja rätt genetiskt material (Strandberg 2012).

Förmågan att ändra fenotyp i förhållande till miljön kallas för fenotypisk plasticitet. Dessa förändringar kan vara permanenta eller temporära (Kelly et al. 2021). Genotyper som har en stor variation i fenotyp beroende på miljön har stor fenotypisk plasticitet, medan genotyper med liten variation i fenotyper beroende på miljön är stabila eller robusta. Detta samband presenteras ofta som en reaktionsnorm, där genotyp är en funktion av en miljöparameter (figur 3) (De Jong & Bijma 2002).

Plasticiteten kan bero på två olika genetiska mekanismer. Det kan grunda sig i att vissa alleler endast kommer till uttryck i särskilda miljöer, eller att regleringen ändras av gener beroende på miljön. Detta leder till att gener som är fördelaktiga i en miljö, kan vara ofördelaktiga i en annan. (Via et al. 1995). Kunskap om plasticitet är viktigt för att förstå hur miljön kan påverka till exempel produktionsegenskaper eller reproduktion. Inhyssningssystem och klimat kan till exempel ha stor påverkan på genotyper med fenotypisk plasticitet (Jr et al. 2012). Det finns dessutom en positiv korrelation mellan hög produktion och fenotypisk plasticitet, vilket betyder att selektion för hög produktion kommer ge mindre robusta djur (Lillehammer et al. 2009).



Figur 3. Generell reaktionsnorm för fenotypisk plasticitet och stabil genotyp (efter De Jong & Bijma 2002)

1.2 Heteros

Korsningseffekten, heteros, kan beskrivas som förändringen i medeltal för korsningsavkomman i förhållande till de renrasiga föräldrarna. Medeltalet kan öka eller minska, men ger ofta positiva effekter för avkomman. Heteros utnyttjas ofta för att förbättra produktions- och hälsoegenskaper.

Flera olika korsningsstrategier har prövats i tropiska områden med varierande resultat. I tempererade områden har heteros visat sig ha störst effekt på fertilitets-, mjölk- och tillväxtsegenskaper (Schiermister et al. 2015; Coffey et al. 2016; Lembeye et al. 2016). Kombination av raser, miljö och vilka egenskaper som betraktas har betydelse för effekten av heteros (Bunning et al. 2019).

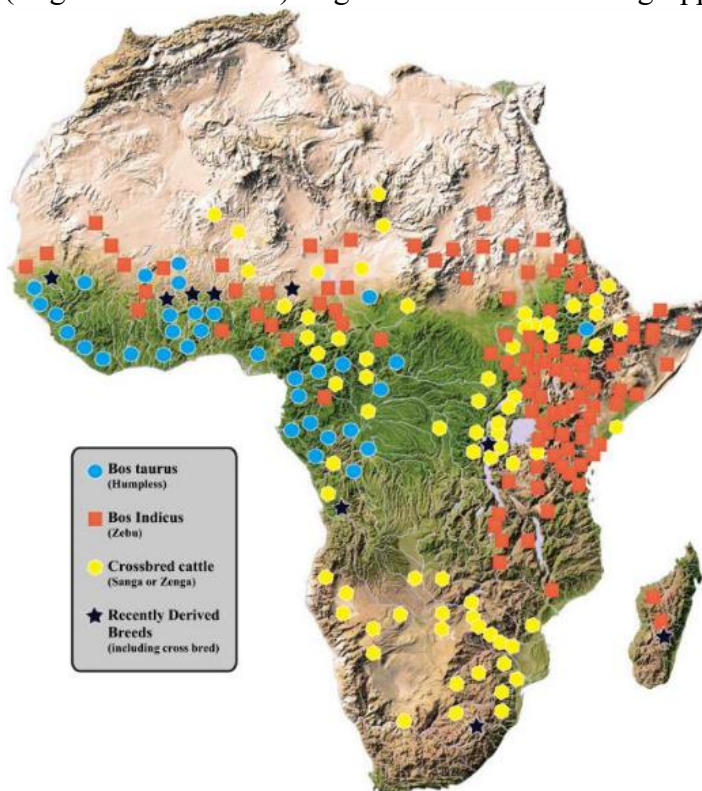
2. Material och metod

Arbetet har genomförts genom att söka efter och sammanställa litteratur. Sökningarna har gjorts på Google scholar och databaser via Primo på SLU biblioteket. Sökord som använts är; genotype-environment interaction, environmental factors, dairy cattle, Holstein, indigenous African cattle, production traits, crossbreed, heterosis, temperate climate, sub-tropical climate, tropical climate och Africa. Sökresultatet genomgick en urvalsprocess där relevans, kvalitet och utgivningsår togs i beaktning. Det första urvalet skedde genom att läsa rubrik, abstract och utgivningsår för att bedöma om artikeln var aktuell och av betydelse för ändamålet. Det andra urvalet skedde genom att läsa introduktion, diskussion och resultat. De artiklar som bedömdes fortsatt relevanta användes som underlag för arbetet. Genom att läsa introduktion och diskussion i redan utvalda artiklar har fler studier hittats och genomgått samma process som artiklarna som dök upp vid första sökningarna.

3. Resultat

3.1 Utbredning och gruppering av afrikanska nötkreatursraser

Afrikanska nötkreatursraser är generellt bra anpassade till (sub)tropisk miljö och kan hantera värme, bristande fodertillgång och tropiska sjukdomar. Däremot har de ofta sämre produktionsegenskaper, det vill säga låg mjölkavkastning och låg tillväxt. Det finns runt 180 nötkreatursraser i Afrika, varav cirka 150 är inhemska. Dessa raser är indelade i nio grupper baserade på möjligt genetiskt samband eller geografisk plats; Humpless Longhorn, Humpless Shorthorns, Small East African Zebu, West African Zebu, East African Sanga, South African Sanga, Zenga och nyligen introducerade raser och korsningar¹. Majoriteten av raserna finns söder om Sahara, varav de flesta är inhemska raser men det förekommer också nyligen introducerade exotiska raser och korsningar. De nio grupperna delas i sin tur in i 4 huvudgrupper; *Bos Taurus* (Humpless), *Bos Indicus* (Zebu), Korsningar (Sanga eller Zenga) och nyligen introducerade raser, inkluderat inkorsade exotiska raser (Rege & Tawah 1999). Figur 4 visar var de olika grupperna finns geografiskt.



Figur 4. Utbredning av olika nötkreatursraser söder om Sahara i Afrika. Nötkreatur i norra Afrika samt importerade djur ingår inte i figuren (efter Mwai et al. 2015)

¹ Bilaga 1

3.2 Afrikanska mjölkkor

Afrika är en stor kontinent och det förekommer stor variation mellan raser och miljöer. Inhemska raser har en del morfologiska egenskaper som gör att de går att urskilja från andra nötkreatur. Ankole har till exempel sin lilla storlek och stora karaktäristiska horn som utmärker rasen (Ndumu et al. 2008). Gemensamt för afrikanska raser är att de är anpassade till en svår miljö med bland annat subtropiskt eller tropiskt klimat, begränsad fodertillgång i perioder och hög prevalens av sjukdomar. Detta gör att den huvudsakliga selektionen har skett genom avsiktligt eller naturligt urval med hänsyn till dessa miljöer. Därför har de inhemska raserna en god motståndskraft mot värmestress, foderbrist och tropiska sjukdomar. Däremot har de sämre produktionsegenskaper då det inte i samma utsträckning har legat till grund för selektionen (Taye et al. 2018). I tabell 1 går det att se hur låg mjölkavkastning, långt kalvningsintervall och sen inkalvningsålder är vanligt förekommande hos en del afrikanska raser (Ndiokubwayo & Koç 2023).

Tabell 1. Mjölkproduktion och reproduktionscykel för utvalda afrikanska inhemska raser (efter Ndiokubwayo & Koç 2023)

Ras	Ålder vid inkalvning (månader)	Kalvningsintervall (dagar)	Daglig mjölmängd (kg)	Mjölmängd per laktation (kg)	Laktationslängd (dagar)
boran, Etiopien	42,8	447	1,7	507	240
horro	53	527	-	550	173
begait	60	458	-	645	184
fogera	53,4	525	2,32	270	698
boran, Kenya	36,4	421	4,2	849	203

Det finns en stor variation i klimat och produktionssystem mellan afrikanska länder. Det gör att avelsprogrammen blir mindre effektiva då genotyp-miljösamspelen påverkar resultatet. I en simuleringsstudie i Kenya undersöktes därför hur avelsprogrammen för mjölkkor skulle kunna optimeras och öka det genetiska framsteget (Wahinya et al. 2022). Det var tre miljöer som togs i beaktning: låg-, mellan-, och högproducerande produktionssystem. Därefter togs fyra avelsstrategier fram: ett enda avelsprogram anpassat till det högproducerade systemet, ett gemensamt program för alla tre miljöer, tre olika miljöanpassade program samt tre olika miljöanpassade program kombinerat med genomisk selektion. Programmet med endast avkommeprövning i högproducerande system var som väntat sämst för låg- och mellanproducerande system, till skillnad mot det gemensamma programmet som gav genetiskt framsteg i samtliga

produktionssystem. Det genetiska framsteget förbättrades ytterligare med tre olika miljöanpassade program, men var som bäst när det kombinerades med genomisk selektion då det gav ett kortare generationsintervall. Dock kräver genomisk selektion en stor referenspopulation, vilket innebär ett behov av teknisk och ekonomisk utveckling. Därför kan avelsprogram med endast avkommeprövning i samtliga produktionssystem vara en väg framåt, då det är genomförbart i nuläget (Wahinya et al. 2022).

3.3 Holstein i Afrika

Raser selekterade i ett tempererat klimat har dåliga förutsättningar att klara ett subtropiskt eller tropiskt klimat. Det gör att en introducering av icke inhemska raser kan bli svår i Afrika. Det är framför allt den höga prevalensen av tropiska sjukdomar, värmestress och brist på näringsrikt foder som ger störst problematik. Skötsel kan också ha en påverkan, då de flesta högpresterande raser är selekterade för till exempel maskinmjölkning, vilket är ovanligt på mindre gårdar i Afrika. Handmjölkning är inte lika effektiv och den mänskliga faktorn spelar en stor roll, vilket kan påverka mjölkavkastningen (Ndiokubwayo & Koç 2023).

Holstein är selekterade i ett tempererat klimat. Det har gjorts ett antal studier där holstein har introducerats i en subtropisk eller tropisk miljö med syfte att öka mjölkavkastningen. Det har dock visat sig ge bristfälliga resultat. I tabell 2 visas den dagliga mjölkproduktionen för holstein i ett tropiskt klimat, vilket tyder på kraftig minskning av mjölmängd jämfört med samma ras i ett tempererat klimat. Det går dock att se en ökning av mjölmängd vid kompletteringsutfodring av koncentrat (Ndiokubwayo & Koç 2023).

Tabell 2. Daglig mjölmängd för holstein i tropiskt klimat (efter Ndiokubwayo & Koç 2023)

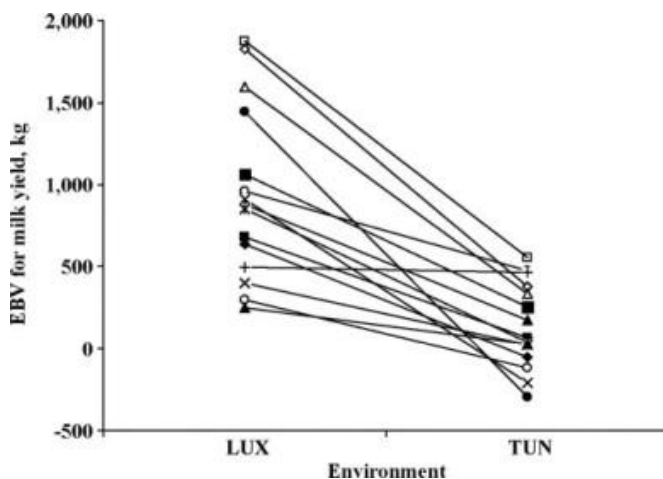
Gårdsnamn	Daglig mjölmängd per ko (kg)
Nyarunazi	3,5
Canzikiro	2,5
Gitega Private	5
Gitega Private*	10
Mubaya	4
ISABU Mahwa*	18

**utfodrade med koncentrat.*

I en studie från Sydafrika mättes mjölkproduktionen per 305 dagar samt inkalvningsålder hos sydafrikanska holstein vid utfodring av fullfoderblandning eller betesdrift (Neser et al. 2014). Under första laktationen mjölkade holstein i genomsnitt 1855 kg mer mjölk per 305 dagar vid utfodring av fullfoderblandning jämfört med samma ras på betesdrift. Djuren som utfodrades med fullfoderblandning var i genomsnitt 37,5 dagar yngre vid inkalvning jämfört med

djuren som hölls på betesdrift. Mjölproduktion och inkalvningsålder i de olika miljöerna (fullfoderblandning och betesdrift) betraktades som fyra olika egenskaper. Arvbarheten för mjölmängd vid utfodring av fullfoderblandning var 0,23 och 0,32 vid betesdrift, vilket tyder på att det finns en GxE skaleffekt för arvbarheten för mjölmängd hos holstein. Den genetiska korrelationen för mjölproduktion i de olika miljöerna var 0,90 medan den genetiska korrelationen för inkalvningsålder i de olika miljöerna var 0,28. Den låga genetiska korrelationen mellan miljöerna för inkalvningsålder är ytterligare ett argument för att GxE existerar och ska hållas i beaktning vid selektion av avelstjurar (Neser et al. 2014).

Användningen av artificiell insemination och internationellt utbyte av genetiskt material möjliggör jämförelse av besläktade djur mellan länder. Populationer av holstein i Luxemburg och Tunisien har trots olika produktionssystem och klimat mycket gemensamt genetiskt material som följd av import av livdjur och semindoser från EU och Nordamerika. Arvbarheten för mjölkavkastning per 305 dagar var 0,42 i Luxemburg och 0,19 i Tunisien. Det fanns också en ganska låg genetisk korrelation (0,60) mellan populationerna för mjölmängd per 305 dagar. Sammantaget antyder skillnaderna i arvbarhet och den relativt låga genetiska korrelationen mellan populationerna tillsammans med tjurarnas avelsvärden att det finns genotyp-miljösamspel. Det finns en skaleffekt och rangordningseffekt för några av tjurarna (figur 5) (Hammami et al. 2008).



Figur 5. Skattat avelsvärde för mjölproduktion per 305 dagar i första laktationen hos 15 holstein avelstjurar i två olika miljöer. EBV = Estimated Breeding Value, LUX = Luxemburg, TUN = Tunisien (efter Hammami et al. 2008)

3.4 Korsningsavel

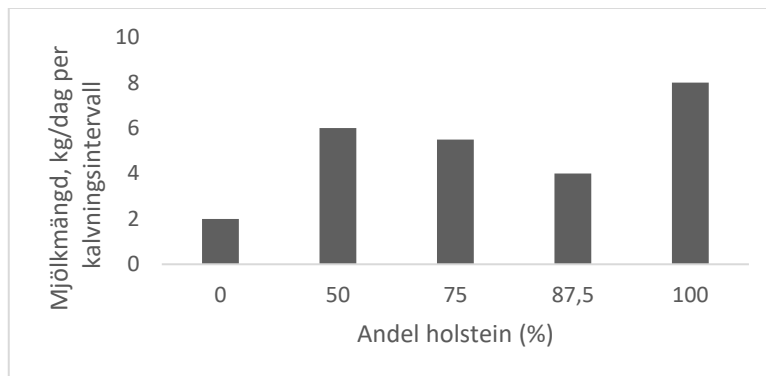
Syftet med att korsa holstein och afrikanska raser är att dra nytta av holsteins produktionsegenskaper och de afrikanska rasernas goda anpassning till miljön. Genom korsningsavel förbättras den genetiska nivån för mjölkavkastning för de afrikanska inhemska raserna genom den genetiska additiva effekten, men även heteros är en viktig del i korsningsaveln för att motverka inavelsdepression och förbättra hälsoegenskaper. I Etiopien och Kenya finns det väletablerade besättningar med boran/holstein-korsningar, vilka ger fyra gånger mer mjölmängd per laktation jämfört med renrasiga boran besättningar. I Etiopien har det dock visat sig att endast 2 % av den genetiska potentialen för mjölkproduktion hos korsningarna har uppnåtts. Undersökningar visar att de flesta lantbrukare i Etiopien är positivt inställda till att korsa in exotiska raser i stället för att använda selektion av de inhemska raserna för att öka den genetiska nivån (Tegegne et al. 2011).

I en studie från Etiopien mättes kalvningsintervall för barca, holstein, barca/holstein och boran/holstein (Tadesse & Dessie 2003). Tabell 3 visar att renrasig barca hade kortast kalvningsintervall på 397 dagar och barca/holstein korsningen med 87,5 % andel holstein hade längst kalvningsintervall på 512 dagar (Tadesse & Dessie 2003).

Tabell 3. Kalvningsintervall för renrasiga barca och holstein samt barca/holstein- och boran/holstein-korsningar (efter Tadesse & Dessie 2003)

Ras	Kalvningsintervall, dagar
100 % barca	397
50 % barca/ 50 % holstein	415
50 % boran/ 50 % holstein	440
25 % barca/ 75 % holstein	474
25 % boran/ 75 % holstein	471
12,5 % barca/ 87,5 % holstein	512
12,5 % boran/ 87,5 % holstein	493
100 % holstein	460

I samma studie jämfördes mjölmängden per kalvningsintervall för barca, holstein och barca/holstein-korsningar (Tadesse & Dessie 2003). Renrasig holstein gav störst mjölmängd och renrasig barca lägst. Korsningen med 50 % holstein mjölkar de bättre än korsningarna med 75 % och 87,5 % holstein (figur 6). F1-avkomman är därmed överlägsen gentemot djuren som är större andel holstein, men sämre än renrasig holstein. Om produktionsmiljön anpassades till en mer intensiv produktionstyp reducerades dock F1-avkommans överlägsenhet gentemot korsningarna med högre andel holstein (Tadesse & Dessie 2003).



Figur 6. Daglig mjölmängd per kalvningsintervall för renrasig barca och holstein samt korsningar barca/holstein (efter Tadesse & Dessie 2003)

Generellt finns det stöd för att en god skötsel kan ge goda förutsättningar för en bra mjölkproduktion snarare än endast ett högt avelsvärde. En bra skötsel kan höja mjölkavkastningen oavsett ras men framför allt där holstein ingår vilket tyder på att det genetiska materialet inte behöver vara den första begränsade faktorn. Arvbarheten för mjölkproduktionsegenskaper tyder dock på att det finns tillräcklig additiv genetisk varians för dessa egenskaper för att kunna selektera inom ras och i kombination med korsningsavel nå ett ökat genetiskt framsteg (Haile et al. 2009).

Vid jämförelse av korsningsraser och etiopisk boran gällande arvbarheten för mjölkproduktionsegenskaper finns det vissa skillnader. Arvbarheten för laktationslängd, daglig mjölmängd och mjölmängd över livslängd är högre hos korsningsdjuren, medan arvbarheten för mjölmängd per laktation och mjölmängd per 305 dagar är högre hos etiopisk boran. Det finns en stark korrelation mellan mjölkproduktionsegenskaper vilket gör det möjligt att selektera för endast en av egenskaperna och samtidigt genetiskt förbättra de korrelerade, vilket kan förenkla avelsarbetet (Haile et al. 2009).

Heteros ger störst effekt när miljö och produktionssystem är optimalt för genotyperna. Miljön går dock inte alltid att påverka, så som temperatur och nederbörd. Det kan även finnas begränsningar i förmågan att anpassa produktionssystem efter genotyp i många afrikanska länder, även om det hade

varit möjligt i teorin. Det går att studera heteros i ogynnsamma miljöer men effekten kommer att reduceras (Bunning et al. 2019).

Holstein är den mest förekommande rasen som används vid korsningsavel på grund av sin höga mjölkproduktion. Holstein är stora till storleken vilket kan vara en nackdel i miljöer med sämre tillgång på bra fodermedel. De presterar bäst i intensiv produktion med bra skötsel då de inte är särskilt robusta. Därför kan andra mer robusta raser vara av intresse då de är bättre anpassade till mer extensiva förhållanden. Jersey är till exempel mer robust, ger lägre mjölmängd samt är mindre till storleken, vilket kan vara en fördel i extensiv uppfödning. Då de är mindre till storleken har de också ett lägre underhållsbehov. De inhemska afrikanska raserna är dessutom oftast relativt små vilket gör att korsning med en större ras kan medföra kalvningssvårigheter (King et al. 2006).

4. Diskussion

Att man inte har tagit hänsyn till genotyp-miljösamspelet vid korsningsavel eller avelsarbete inom ras kan vara en viktig anledning till bristfälliga resultat gällande produktion och hälsa. Holstein är selekterade i intensiva produktionsmiljöer, vilket är ovanligt i Afrika där gårdarna ofta är extensiva och småskaliga. Heteroseffekten kommer inte helt till uttryck om fenotypens värde påverkas negativt av genotyp-miljösamspel och därmed uppnås inte de förväntade produktionsresultaten (Philipsson et al. 2006).

Den positiva korrelationen mellan hög produktion och ökad miljö känslighet innebär att högproducerande djur är mindre robusta (Lillehammer et al. 2009). Holstein är selekterad för hög mjölkproduktion, vilket gör att en stor del av kroppens resurser går åt till att producera mycket mjölk. Det gör att andra fysiologiska processer bortprioriteras och djuren blir mer känsliga för sjukdomar och stress, vilket ökar miljö känsligheten. Detta kan förklara varför barca/holstein-korsningar presterar bättre vid 50 % holstein än vid 75 % och 87,5 % holstein i en extensiv miljö (Tadesse & Dessie 2003). Barca är en robust ras och har därför en låg fenotypisk plasticitet, medan holstein påverkas mycket av miljön och har därmed en hög fenotypisk plasticitet (De Jong & Bijma 2002). Plasticiteten är då inte gynnsam, till skillnad från exemplet under 1.1, utan miljö påverkan leder i detta fall till sämre produktionsegenskaper. Detta styrks av att skillnaden i mjölmängd mellan korsningsdjuren minskade om produktionssystemet blev något mer intensiv, det vill säga en anpassning i miljön till vad holstein är selekterad i (Tadesse & Dessie 2003).

Skaleffekt och rangordningseffekt är bra verktyg för att kunna välja rätt individer till rätt produktionsform och klimat men det förutsätter att samma genetiska material har prövats i flera olika miljöer (Hammami et al. 2008). Avkommeprövning i olika produktionsformer i både subtropiska och tropiska klimat är ännu ovanligt i Afrika vilket gör det svårt för lantbrukare att välja ett genetiskt material som funkar bra under givna förhållanden. Risken finns då att djurägare importerar dyrt genetiskt material som inte är prövat i rätt miljö och produktions, reproduktions och hälsoegenskaper påverkas negativt. (Wahinya et al. 2022).

Lantbrukare är generellt positivt inställda till korsningsavel i Kenya, åtminstone historiskt sett (King et al. 2006). Ändå är det en återkommande slutsats i litteraturen att selektion inom inhemsk ras för en ökad mjölkproduktion är en mer fördelaktig avelsstrategi för att förbättra produktionsegenskaper (King et al. 2006; Tegegne et al. 2011; Galukande et al. 2013). Med optimering av avelsprogram inom ras och med hänsyn till genotyp-miljösamspel kan det genetiska framsteget öka och mjölkproduktionen i utvecklingsländer effektiviseras (Wahinya et al. 2022). En effektivare mjölkproduktion behöver inte

vara synonymt med en intensiv produktion. En intensiv produktion innebär en ökad investeringsgrad och högre kostnader vilket är en begränsning i många afrikanska länder. Det subtropiska och tropiska klimatet bidrar också till att en intensiv produktion kan bli svår att implementera. Torka och dålig odlingsmark hämmar den foderproduktion som intensiv produktion kräver. I afrikanska länder kan det därför vara mer hållbart att behålla den extensiva produktionen och anpassa selektionen därefter.

5. Slutsats

Korsningsavel och introducering av holstein i Afrika innefattar både möjligheter och utmaningar. Den genetiska potentialen finns för att förbättra produktionsegenskaper i afrikanska länder genom att kombinera holsteins höga avkastning och de afrikanska rasernas robusthet. Trots detta har förväntade resultat inte uppnåtts i praktiken på grund av genotyp-miljösamspel. Skaleffekten för det fenotypiska värdet kan leda till försämrat hälsoläge, låg reproduktion och lägre mjölkproduktion. Inhemska afrikanska raser har under lång tid selekterats för resistens och motståndskraft mot tropiska sjukdomar, vilket gör att de inte påverkas lika mycket av en miljö med hög sjukdomsprevalens. Korsningsdjur och renrasig holstein har en högre fenotypisk plasticitet vilket kräver en anpassning av miljön till en intensivare produktionsform. I många fall medför det ökade kostnader som motverkar den ekonomiska vinst som erhålls av den ökade mjölkavkastningen. Genotyp-miljösamspel försvårar också effektivt samarbete mellan avelsprogram i olika miljöer. Det är inte ovanligt med rangordningseffekt där individer får ett bättre skattat avelsvärde i en miljö än en annan. För att effektivisera mjölkproduktionen och öka livsmedelsförsörjningen i afrikanska länder behöver optimerade avelsprogram som tar hänsyn till genotyp-miljösamspel tas fram. Oavsett om syftet är att öka mjölkproduktion inom ras eller korsa holstein med afrikanska mjölkkoraser behöver det ske inom kontrollerade avelsprogram i miljöer anpassade efter produktionssystem och klimatmässiga begränsningar.

Referenser

- Bell, M.J., Wall, E., Russell, G., Morgan, C. & Simm, G. (2010). Effect of breeding for milk yield, diet and management on enteric methane emissions from dairy cows. *Animal Production Science*, 50 (8), 817. <https://doi.org/10.1071/AN10038>
- Bunning, H., Wall, E., Chagunda, M.G.G., Banos, G. & Simm, G. (2019). Heterosis in cattle crossbreeding schemes in tropical regions: meta-analysis of effects of breed combination, trait type, and climate on level of heterosis1. *Journal of Animal Science*, 97 (1), 29–34. <https://doi.org/10.1093/jas/sky406>
- Coffey, E.L., Horan, B., Evans, R.D. & Berry, D.P. (2016). Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *Journal of Dairy Science*, 99 (7), 5681–5689. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10530>
- De Jong, G. & Bijma, P. (2002). Selection and phenotypic plasticity in evolutionary biology and animal breeding. *Livestock Production Science*, 78 (3), 195–214. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00096-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00096-9)
- Dia, M., Wehner, T.C. & Arellano, C. (2017). RGxE: An R Program for Genotype x Environment Interaction Analysis. *American Journal of Plant Sciences*, 8 (7), 1672–1698. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.87116>
- Galukande, E., Mulindwa, H., Wurzinger, M., Roschinsky, R., Mwai, A.O. & Sölkner, J. (2013). Cross-breeding cattle for milk production in the tropics: achievements, challenges and opportunities. *Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales*, 52, 111–125. <https://doi.org/10.1017/S2078633612000471>
- Haile, A., Joshi, B.K., Ayalew, W., Tegegne, A. & Singh, A. (2009). Genetic evaluation of Ethiopian Boran cattle and their crosses with Holstein Friesian in central Ethiopia: milk production traits. *animal*, 3 (4), 486–493. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003868>
- Hammami, H., Rekik, B. & Gengler, N. (2009). Genotype by environment interaction in dairy cattle. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13 (1)
- Hammami, H., Rekik, B., Soyeurt, H., Bastin, C., Stoll, J. & Gengler, N. (2008). Genotype × Environment Interaction for Milk Yield in Holsteins Using Luxembourg and Tunisian Populations. *Journal of Dairy Science*, 91 (9), 3661–3671. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1147>
- Hanotte, O., Dessie, T. & Kemp, S. (2010). Time to Tap Africa's Livestock Genomes. *Science*, 328 (5986), 1640–1641. <https://doi.org/10.1126/science.1186254>
- Jr, M.L.S., Eler, J.P., Ferraz, J.B.S. & Mattos, E.C. (2012). Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nellore cattle. *animal*, 6 (4), 565–570. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001856>
- Kelly, D.N., Sleator, R.D., Murphy, C.P., Conroy, S.B. & Berry, D.P. (2021). Genetic variability in the feeding behavior of crossbred growing cattle and associations with performance and feed efficiency. *Journal of Animal Science*, 99 (11). <https://doi.org/10.1093/jas/skab303>
- King, J.M., Parsons, D.J., Turnpenny, J.R., Nyangaga, J., Bakari, P. & Wathes, C.M. (2006). Modelling energy metabolism of Friesians in Kenya smallholdings shows how heat stress and energy deficit constrain milk yield and cow replacement rate. *Animal Science*, 82 (5), 705–716. <https://doi.org/10.1079/ASC200689>
- Kolver, E.S., Roche, J.R., Veth, M.J.D., Thorne, P.L. & Napper, A.R. (2002). Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 62
- Lembeye, F., López-Villalobos, N., Burke, J.L. & Davis, S.R. (2016). Breed and heterosis effects for milk yield traits at different production levels, lactation number and

- milking frequencies. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 59 (2), 156–164. <https://doi.org/10.1080/00288233.2016.1156551>
- Lillehammer, M., Hayes, B.J., Meuwissen, T.H.E. & Goddard, M.E. (2009). Gene by environment interactions for production traits in Australian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92 (8), 4008–4017. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1484>
- Marshall, K., Gibson, J.P., Mwai, O., Mwacharo, J.M., Haile, A., Getachew, T., Mrode, R. & Kemp, S.J. (2019). Livestock Genomics for Developing Countries – African Examples in Practice. *Frontiers in Genetics*, 10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00297>
- Mwai, O., Hanotte, O., Kwon, Y.-J. & Cho, S. (2015). African Indigenous Cattle: Unique Genetic Resources in a Rapidly Changing World. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28 (7), 911–921. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0002R>
- Ndihokubwayo, F. & Koç, A. (2023). Breeding pure and crossbreeds of European cattle breeds for milk production improvement under tropical climate conditions—a review. *Tropical Animal Health and Production*, 56 (1), 23. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03868-x>
- Ndumu, D.B., Baumung, R., Hanotte, O., Wurzinger, M., Okeyo, M.A., Jianlin, H., Kibogo, H. & Sölkner, J. (2008). Genetic and morphological characterisation of the Ankole Longhorn cattle in the African Great Lakes region. *Genetics Selection Evolution*, 40 (5), 467–490. <https://doi.org/10.1051/gse:2008014>
- Neser, F.W.C., Wyk, J. van & Ducrocq, V. (2014). A preliminary investigation into genotype x environment interaction in South African Holstein cattle for reproduction and production traits. *South African Journal of Animal Science*, 44 (5), 75–79. <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i5.15>
- Philipsson, J., Rege, J.E.O. & Okeyo, A.M. (2006). Sustainable breeding programmes for tropical farming systems. *Animal Genetics Training Resource*, 2
- Rege, J.E.O. & Tawah, C.L. (1999). The state of African cattle genetic resources II. Geographical distribution, characteristics and uses of present-day breeds and strains. *Animal Genetic Resources*, 26, 1–25. <https://doi.org/10.1017/S1014233900001152>
- Schiermister, L.N., Thallman, R.M., Kuehn, L.A., Kachman, S.D. & Spangler, M.L. (2015). Estimation of breed-specific heterosis effects for birth, weaning, and yearling weight in cattle1. *Journal of Animal Science*, 93 (1), 46–52. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8493>
- Strandberg, E. (2012). Animal Genetic in Environment Interaction. I: Meyers, R.A. (red.) *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Springer. 463–472. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_343
- Tadesse, M. & Dessie, T. (2003). Milk production performance of Zebu, Holstein Friesian and their crosses in Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 15 (3)
- Taye, M., Lee, W., Caetano-Anolles, K., Dessie, T., Cho, S., Jong Oh, S., Lee, H.-K. & Kim, H. (2018). Exploring the genomes of East African Indicine cattle breeds reveals signature of selection for tropical environmental adaptation traits. *Cogent Food & Agriculture*, 4 (1), 1552552. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1552552>
- Tegegne, A., Haile, A., Ayalew, W., Dessie, T. & Kebede, N. (2011). *Breeding Strategy to Improve Ethiopian Boran Cattle for Meat and Milk Production*. International Livestock Research Institute (ILRI). (Improving Productivity and Market Success of Ethiopian Farmers project (IPMS))
- Via, S., Gomulkiewicz, R., Jong, G.D., Scheiner, S.M., Schlichting, C.D. & Tienderen, P.H.V. (1995). Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology & Evolution*, 10 (5), 212–217. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89061-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89061-8)
- Wahinya, P.K., Jeyaruban, G.M., Swan, A.A. & Van Der Werf, J.H.J. (2022). Optimization of Dairy Cattle Breeding Programs with Genotype by Environment

Interaction in Kenya. *Agriculture*, 12 (8), 1274.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12081274>

Populärvetenskaplig sammanfattning

För att minska hunger och fattigdom i afrikanska länder krävs det en ökad matproduktion utan att öka klimatavtrycket. Därför behöver varje ko ge mer mjölk än tidigare då det bland annat minskar metanutsläppet per kilo mjölk. Afrikanska mjölkkor är väl anpassade till det lokala klimatet och tål sjukdomar bra, men producerar tyvärr ganska lite mjölk och har lång tid mellan kalvningarna. Ett sätt att öka mjölkproduktionen är att använda holstein, en mjölkras som är vanlig i många delar av världen och känd för att producera mycket mjölk. Man har försökt att både införa holstein i afrikanska länder och att korsa dem med lokala kor för att kombinera det bästa från båda raserna – god mjölkproduktion och motståndskraft mot sjukdomar och värme. Tyvärr är det inte alltid så enkelt. Kor fungerar olika i olika miljöer, vilket gör att genetiska anlag som fungerar bra i ett land kanske inte fungerar lika bra i ett annat. Holstein är känsliga för förändringar i klimat och omgivning, vilket kan påverka både deras hälsa och mjölkproduktion negativt i varma och utmanande miljöer. Därför kan det ibland vara bättre att satsa på de lokala raserna och förbättra deras mjölkproduktion genom ett smart och långsiktigt avelsarbete. Genom att utveckla särskilda avelsprogram som tar hänsyn till både djurens gener och miljön de lever i, kan man hitta rätt djur för rätt miljö och på så vis nå en ökad mjölkproduktion på ett hållbart sätt.

Bilaga 1

Karakteristiska egenskaper för Afrikanska koraser (efter Mwai et al. 2015).

Grupp	Ras	Karakteristiska egenskaper
Humpless Longhorns	Kuri	Bra simmare, känsliga för värme och solljus
	N'Dama	Toleranta mot trypanosomer och fästingar
Humpless Shorthorns	Savanna Muturu	Storlekskillnad mellan könen, god köttillväxt
Large East African Zebu	Sheko	Toleranta mot trypanosomer
	Barka	Aktivt temperament
	Karamajong zebu	Anpassade till väldigt torrt klimat
	Kenyan Boran	Bra gångförmåga, anpassade till hårt klimat, bra flockinstinkter och modersinstinkter, lång livslängd, storlekskillnad mellan könen
	Orma Boran	Toleranta mot trypanosomer
Small East African Zebu	Turkana	Klarar sig på väldigt dåligt bete och lite vatten, bra gångförmåga
	Angoni	Anpassad till att beta under torrperioden, varierande pälsfärg och storlek på horn
	Arsi	Mjölkar dåligt, extremt aktiva och ofta aggressiva
	Jem-Jem	Väl anpassade till blött och kallt klimat
	Mongolla	Förväntad tolerans mot trypanosomer, god köttillväxt
	Nuba Mountain Zebu	Liten storlek, toleranta mot trypanosomer
	Ogaden	Goda mjölk- och köttegenskaper
West African Zebu	Ugogo Grey	Väl anpassade till att beta under torrperiod
	Azaouak	Väl anpassade till torka
	Red Fulani	Nervöst och oberäkneligt temperament, mjölkar dåligt
	Sudanese Fulani	God gångförmåga

	White Fulani	
	Yola	Goda mjölk- och köttegenskaper Förväntad tolerans mot trypanosomer, varierande kroppsbyggnad
East African Sanga	Bahima	Mottaglig för rinderpest och trypanosomer
South African Sanga	Raya-Azebo	Bra dragegenskaper
	Afrikaner	Förmåga att beta stora områden, goda modersegenskaper, lång livslängd
	Barotse	Lugnt temperament, bra dragkraft
	Landim	Väl anpassade till varmt och fuktigt klimat men också torrperioder, väldigt resistent mot mul- och klövsjukan
	Mashona	God fertilitet, starka modersinstinkter, fogligt temperament
	Nguni	God fertilitet, tidig könsmognad, bra födosöks- och gångegenskaper, bra modersegenskaper
	Tswana	Toleranta mot fästingar, resistent för endemisk heartwater
	Tuli	God fertilitet, bra modersegenskaper, låg kalvdödlighet
	Alur	Förväntad trypanotolerans
Zenga	Arado	Lugnt och bra temperament, passar som dragkraft, låg mjölmängd
	Bovines of Tete	Förväntad trypanotolerans
	Fogera	Lugnt och bra temperament
	Horro	Lugnt temperament, varierande mjölkproduktion
Nyligen introducerade raser	Borgou	Storlekskillnad mellan könen

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Elin Berg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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