



Altitudens samt klimatets påverkan på effektiviteten hos Push-pull i subsahariska Afrika

Max Abrahamsson

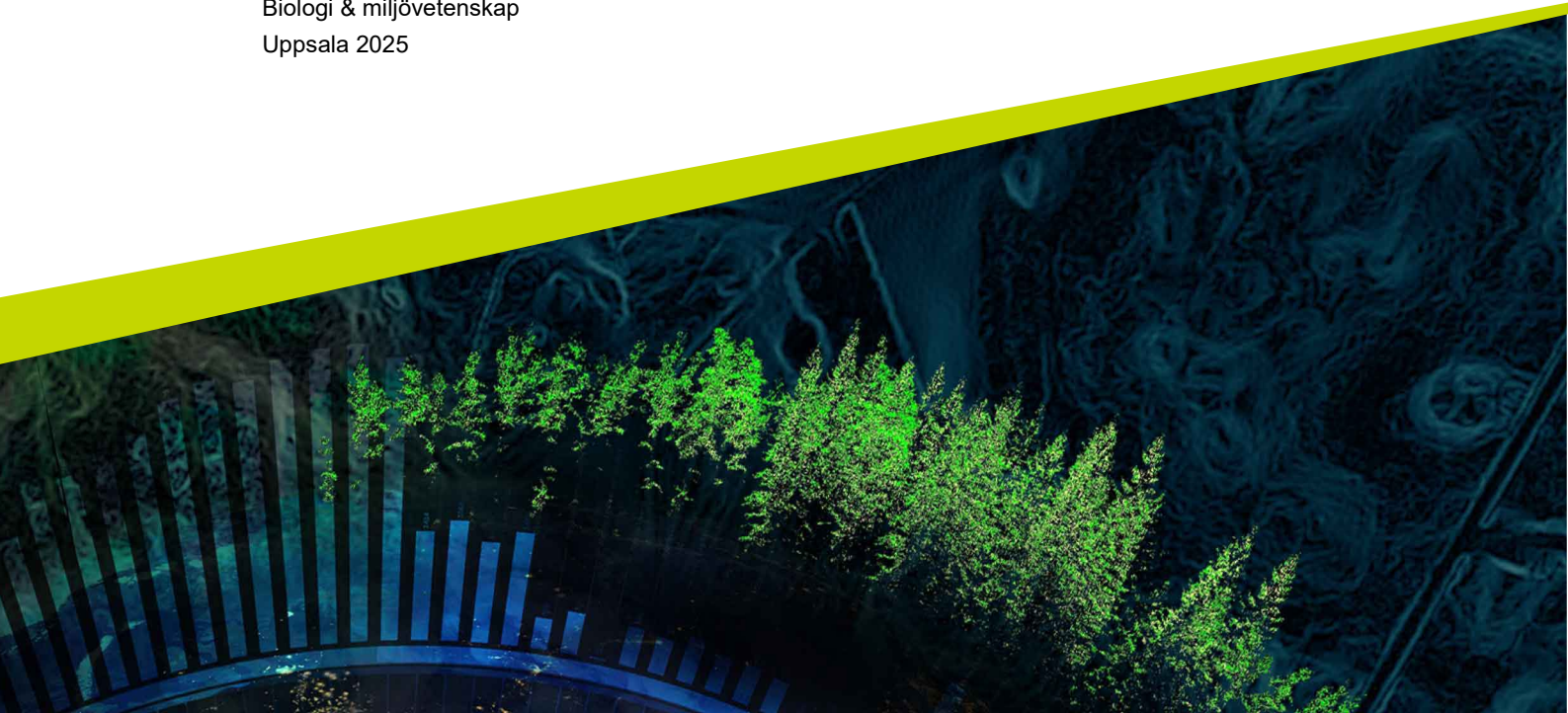
Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap • Institutionen för ekologi

Biologi & miljövetenskap

Uppsala 2025



Altitudens samt klimatets påverkan på effektiviteten hos Push-pull i subsahariska Afrika.

Effects of Altitude and Climate on the Efficiency of Push-Pull in Sub-Saharan Africa

Max Abrahamsson

Handledare:	Mattias Jonsson, SLU, institutionen för ekologi
Bitr. handledare:	Grace Amboka, SLU, institutionen för ekologi
Examinator:	Sigrun Dahlin, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Biologi & miljövetenskap
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025

Nyckelord:	Altitud, Fjärilslarver, Nederbörd, Push-pull, Striga, Subsahariska Afrika, Temperatur
-------------------	---

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Småskaligt jordbruk utgör en livsnödvändig försörjningskälla för en stor del av befolkningen i subsahariska Afrika. Dock hotas skördarna kontinuerligt av skadedjur som *Spodoptera frugiperda* (majsfly) och ogräs som *Striga spp.* Push-pull-metoden (PP) har visat sig vara en effektiv strategi för att minska dessa angrepp och samtidigt förbättra markhälsa och skördar. Syftet med denna studie var att undersöka hur geografiska och klimatrelaterade faktorer – särskilt altitud, temperatur och nederbörd – påverkar effektiviteten av push-pull-odling jämfört med traditionell odling (NPP) i Rwanda, Uganda och Kenya. Genom fältdata och statistisk analys undersöktes mängden *Striga*-frön i jorden, bladskador från fjärilslarver samt grödans avkastning i relation till höjd över havet. Resultaten visar att push-pull i vissa fall gav färre *Striga*-frön och högre avkastning, särskilt i Kenya. Samtidigt visade sig effekterna vara mycket varierande mellan de olika länderna. Studien visar att push-pull kan vara ett effektivt men kontextberoende verktyg i kampen mot skadedjur och ogräs, där lokala miljöförhållanden och jordbrukspraxis har stor betydelse för resultatet.

Nyckelord: Altitud, Fjärilslarver, Nederbörd, Push-pull, Striga, Subsahariska Afrika, Temperatur

Abstract

Small-scale farming is a vital livelihood for much of the population in sub-Saharan Africa. However, crop yields are frequently threatened by pests such as *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) and parasitic weeds like *Striga spp.* The push-pull cropping system (PP) has been shown to effectively reduce pest infestations while improving soil health and crop productivity. This study aimed to examine how geographic and climatic factors—particularly altitude, temperature, and precipitation—influence the effectiveness of push-pull farming compared to conventional non-push-pull (NPP) systems in Rwanda, Uganda, and Kenya. Field data and statistical analyses were used to assess the relationship between altitude and the presence of *Striga* seeds in soil, leaf damage from lepidopteran pests, and overall crop yield. Results showed that push-pull fields generally had fewer *Striga* seeds and, in some cases, higher yields—especially in Kenya. However, the outcomes varied significantly between the different countries. The findings suggest that while push-pull farming can be effective, its success is highly context dependent and influenced by local environmental conditions and farming practices.

Keywords: Altitude, Precipitation, Push-pull, Stemborers, Striga, Sub Saharan Africa, Temperature

Innehållsförteckning

Figurförteckning	7
Förkortningar	9
1. Inledning	10
2. Bakgrund	12
2.1 <i>Striga spp</i>	12
2.2 <i>Spodoptera frugiperda</i> (majsfly), <i>Busseola fusca</i> och <i>Chilo partellus</i>	12
2.3 Push-pull	13
2.4 Effekter av klimatförändring	14
3. Material & Metod	15
3.1 Insamling av data	15
3.1.1 <i>Striga</i>	15
3.1.2 Skada från fjärilslarver	15
3.1.3 Bestämning av avkastning	16
3.2 Mätning av nederbörd	16
3.3 Mätning av temperatur	16
3.4 Framtagning av altitud	17
3.5 Analys av data	17
4. Resultat	18
4.1 <i>Rwanda</i>	18
4.1.1 <i>Striga</i>	18
4.1.2 Bladskada från fjärilslarver	18
4.1.3 Avkastning	19
4.2 <i>Uganda</i>	20
4.2.1 <i>Striga</i>	20
4.2.2 Bladskada från fjärilslarver	21
4.2.3 Avkastning	22
4.3 <i>Kenya</i>	22
4.3.1 <i>Striga</i>	22
4.3.2 Bladskada från fjärilslarver	23
4.3.3 Avkastning	24
4.4 Förhållandet mellan altitud och nederbörd respektive temperatur	24
5. Diskussion	27
5.1 Slutsats	28
6. Tack	30
Referenser	31

Figurförteckning

Figur 1. Relationen mellan altitud och antal Striga-frön i jorden i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	18
Figur 2. Relationen mellan bladskada från fjärilslarver och altitud i Rwanda. Ingen signifikant skillnad fanns mellan PP respektive NPP-odlingarna. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.	19
Figur 3. Ingen signifikant skillnad fanns mellan avkastning, altitud och odlingsmetod i Rwanda. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.	19
Figur 4. Relationen mellan altitud och antalet Striga-frön per 50g jord i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	20
Figur 5. Medelvärde av antalet Striga-frön per 50g jord i PP respektive NPP-odlingarna i Uganda med felstaplar som visar standardavvikelsen. Blå stapel representerar PP-odlingar och grön stapel representerar NPP-odlingar.	21
Figur 6. Relationen mellan altitud och bladskada från fjärilslarver. I Uganda syns inte någon signifikant skillnad mellan de olika odlingsystemen. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.	21
Figur 7. Skillnaden i avkastning i relation till skillnad i altitud i Uganda. Mellan PP och NPP-odlingarna fanns inget signifikant samband. De runda markörerna visar PP-odlingarna och de triangulära markörerna visar NPP-odlingarna.	22
Figur 8. Antalet Striga-frön per 50g jord i relation till skillnad i altitud i Kenya. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika odlingsystemen. De runda markörerna visar PP-odlingarna och de triangulära markörerna visar NPP-odlingarna.	23
Figur 9. Bladskada från fjärilslarver i relation till skillnad i altitud i Kenya för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	23
Figur 10. Relationen mellan avkastning och skillnad i altitud i Kenya för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	24
Figur 11. Dagsmedelnederbörd per säsong och fält uttryckt i mm i relation till altitud i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	25
Figur 12. Uppmätt temperatur i relation till altitud i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	25

Figur 13. Dagsmedelnederbörd per säsong och fält uttryckt i mm i relation till altitud i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	26
Figur 14. Relationen mellan temperatur och altitud i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.	26

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
NPP	Non-push-pull
PP	Push-pull
SSA	Subsahariska Afrika

1. Inledning

Växtodling är den viktigaste inkomstkällan i Afrika där ca 60% av befolkningen förlitar sig på detta för sin överlevnad (Midega et al. 2015). Några av de vanligaste grödorna som odlas är majs (*Zea mays L*) och durra (*Sorghum bicolor (L) Moench*) (Abate et al. 2017; Benjamin et al. 2024). De flesta jordbrukarna driver småskaliga jordbruk för självförsörjning där fälten varierar i storlek från allt mellan 5x5 meter till 40x40 meter (Midega et al. 2015). Något som ständigt drabbar jordbrukarna är ogräs och olika skadedjur. Skador från fjärilslarver kan orsaka förluster på mellan 10–88% (Khan et al. 2008; Midega et al. 2015). Det är ungefär 200 miljoner människor i Afrika som är helt beroende av majsodling, och i östra- och södra Afrika står majs för nästan 50% av de kalorier och proteiner som konsumeras (Day et al. 2017). Utöver skadedjuren drabbas även skördar av ogräs, t.ex. *Striga spp*. *Striga spp* är ett parasitiskt ogräs som i värsta fall kan orsaka skördeförluster på 100% (Midega et al. 2015). Ett aktivt arbete för att minska risken för förlorade skördar är därför essentiellt för många människors livskvalitet och överlevnad.

För att minska skador från skadedjur och ogräs och öka skörden används därför odlingsmetoden push-pull på flera håll i subsahariska Afrika (SSA). Push-pull är ett innovativt system som utnyttjar beteendemodifierande signaler från växterna för att manipulera fördelningen och tätheten av skadeinsekter (Khan et al. 2008). Odlingsmetoden innebär att huvudgrödan samplanteras med en repellerande mellangröda ("push"-komponenten, traditionellt *Desmodium spp.*) och en attraktiv kantgröda ("pull"-komponenten, Napiergräs, *Pennisetum purpureum* eller *Brachiaria spp*) (Midega et al. 2014, 2015). Enligt den ursprungliga beskrivningen utsöndrar mellangrödan flyktiga kemiska ämnen som repellerar skadedjuren bort från huvudgrödan, medan kantgrödan attraherar skadedjuren för äggläggning, samtidigt som den drar till sig naturliga fiender till skadedjuren (Khan et al. 2008). Nyare forskning tyder dock på att *Desmodium spp* främst agerar genom att mekaniskt fanga och döda larver med hjälp av täta, kiselförstärkta trikomer, snarare än att enbart avskräcka vuxna insekter via doftämnen (Erdei et al. 2024).

Det som gör att PP-systemen ger ett effektivt skydd mot *Striga spp* är samodlingsgrödan *Desmodium spp* som genom framför allt allelopati via rotsystemet hämmar tillväxten av *Striga spp* efter groning vilket minskar den totala fröbanken (Khan et al. 2008; David et al. 2022). Systemet bidrar också till förbättrad markhälsa, inklusive bibehållen markfuktighet, samt förbättrad markbördighet. Detta beror på att *Desmodium spp* är en kvävefixerande växt och kan därmed öka nivåerna av markkväve och kol (Erdei et al. 2024). Den marktäckande förmåga som *Desmodium spp* har bibehåller markfuktighet genom att minska mängden vatten som dunstar från jorden (Midega et al. 2015). Push-pull har visat varierande effekt men att det i flertalet fall är effektivt för att minska angrepp av fjärilslarver och *Striga spp*, samt för att öka skörden i fältförsök och på småskaliga gårdar (Midega et al 2015; Luttermoser et al 2023). Den här studien går ut på att undersöka om skillnader i altitud, temperatur och nederbörd har en påverkan på hur väl odling med push-pull fungerar. Målet med

rapporten är att undersöka om någon av dessa faktorer har en signifikant påverkan på effektiviteten av push-pull i Rwanda, Uganda och Kenya. Den miljömässiga temperaturgradienten är en allmän regel som syftar till att en ökning i altitud medför lägre lufttemperatur (*Earth as a Temperature Controller: Part II | METEO 3: Introductory Meteorology* u.å.). Hur skillnad i altitud påverkar avkastning, bladskada och mängden *Striga*-frön i jorden kan därför vara korrelerat med skillnad i temperatur.

2. Bakgrund

2.1 *Striga spp*

Ogräset *Striga hermonthica*, även känt som "Giant Witchweed" är en snyltrotsväxtart som troligen har sitt ursprung i Sudan och Etiopien (Gethi et al. 2005). Ogräset parasiterar på bland annat majs genom att angripa dess rötter och sedan stjäla näringsämnen samt energirika kolföreningar som värdväxten tar upp. Arten ingår i familjen *Orobanchaceae* tillsammans med *Striga asiatica* som även den är ett stort problem för jordbrukarna i SSA. Ungefär 76% av marken som används för odling av majs och durra i SSA är infekterad av detta ogräs (Khan et al. 2008), och skördeförlusterna kan i värsta fall uppgå till 100% (Midega et al. 2015). Enligt samma källa från 2015 uppgår de årliga förlusterna till följd av *Striga* i västra Kenya till 40,8 miljoner USD. Ett av de stora problemen med *S. hermonthica* är att en enda planta kan producera 500 000 frön som sedan kan ligga vilande i jorden i 20 år (David et al. 2022). Detta orsakar problem för jordbrukarna då det blir svårt att veta om marken man tänkt odla på är angripen av *S. hermonthica*. Ogräset börjar nämligen inte gro förrän den har en värdväxt att angripa (David et al. 2022).

2.2 *Spodoptera frugiperda* (majsfly), *Busseola fusca* och *Chilo partellus*

De två arter av fjärilslarver som tidigare orsakat de största skadorna i SSA är *Busseola fusca* och *Chilo partellus* (Khan et al. 2008). Sedan år 2016 är det dock *Spodoptera frugiperda* (majsfly) som varit den största faran för avkastningen på majs, durra och ris i regionen (Alexandridis et al. 2023). *Spodoptera frugiperda* är en invasiv art som härstammar från Nord- och Sydamerika. Den upptäcktes för första gången i västra Afrika 2016 och har sedan dess spridit sig väldigt snabbt över en stor del av kontinenten. Det är känt att den vuxna *S. frugiperda* kan flyga över 100 km på en natt (Midega et al. 2018) och detta är en av anledningarna till att dess spridning varit så drastisk. Larven äter sedan på bladen, kolven och tofsarna på majsen vilket kan resultera i en totalt förstörd skörd, och de större larverna kan helt kapa stammen på små majsplantor (Midega et al. 2018). Dessa fjärilslarver är polyfaga och angriper därför många olika arter inom olika växtfamiljer. Poaceae (gräs), Typhaceae (kaveldunsväxter) och Cyperaceae (halvgräs) är några av de växtfamiljer som angrips i störst utsträckning.

Livscykeln hos majsfly består av fyra stadier, vilket är typiskt för insekter med fullständig metamorfos (Tura et al. 2025). Äggen läggs av de vuxna honorna på undersidan av blad och kläcks efter 2–5 dagar (Marri et al. 2023). Efter kläckning övergår majsfly till larvstadiet. Detta varar i 14–22 dagar och är det destruktiva stadiet för grödan som odlas då larverna intensivt äter på blad och andra växtdelar (Marri et al. 2023). Larverna går igenom 6 hudömsningar och blir runt 3–4 cm långa innan de övergår i puppstadiet (Tura et al. 2025). Efter puppstadiet som varar i 7–13 dagar omvandlas majsfly till den fullvuxna fjärilen. Detta stadium varar i 7–21 dagar men efter bara några dygn lägger honan sina ägg, och antalet ägg varierar mellan 1000–2000 (Marri et al. 2023). Med tanke på att det kan förekomma upp mot 6 generationer per år i tropiska områden där varje hona lägger upp mot 2000 ägg gör detta att spridningen av majsfly sker väldigt fort.

2.3 Push-pull

För att minska angrepp från skadedjur och ogräs och därmed öka avkastningen började man i början av 1990-talet att studera en ny odlingsmetod. Metoden kallas push-pull och går ut på att man integrerar andra växter i odlingen som ska öka överlevnad och avkastning av den huvudgröda man odlar. Push-grödan samodlas med huvudgrödan i fältet medan pull-grödan odlas i utkanten runt fältet. Push-grödan består av den kvävefixerande ärtväxten silverbladsdesmodium (*Desmodium uncinatum* Jacq.) eller grön desmodium (*Desmodium intortum*). En möjlig mekanism enligt den etablerade synen på push-pull är att *Desmodium spp* utsöndrar kemiska ämnen (terpenoider) som repellerar de vuxna malarna från odlingsområdet. Skadedjuren söker sig då till pull-grödan som utgörs av antingen Napier-gräs (*Pennisetum purpureum*) eller *Brachiaria spp*. Dessa fångstgrödor utsöndrar andra terpenoider som attraherar skadedjuren och därmed minskar risken för infektion i huvudgrödan (Alexandridis et al. 2023). Malarna föredrar både *Brachiaria spp* och Napier-gräs för äggläggning jämfört med majs och durra. Detta beror på att dessa gräsarter utsöndrar större mängder flyktiga terpenoider än vad majs och durra gör (Midega et al. 2015). En studie från 2024 visar dock motsägelselfull information kring push-grödan (*Desmodium spp*). Erdei et al. (2024) har under studier kommit fram till att *Desmodium spp* inte repellerar vuxna malar som man tidigare trott, utan i stället fungerar som en fångstgröda. Erdei et al. (2024) menar att varken silverbladsdesmodium eller grön desmodium utsöndrar tillräckligt mycket flyktiga terpenoider för att ge den effekt man tidigare trott fanns. Dessutom testades detta i flera olika jordtyper samt i labb och fält. Det man i slutändan kom fram till var att larverna från majsfly föredrog *Desmodium spp* före majs, men att många av larverna dog på grund av att *Desmodium spp* har ett tätt nätverk av trikomer. Dessa trikomer hindrade larverna i hög grad från att

röra sig och kunde även i vissa fall spetsa larverna vilket slutade med att larverna dog. Slutsatsen av forskningen från Erdei et al. (2024) blev alltså att *Desmodium spp* fungerar bra för att minska angreppen på majs, men att det inte framför allt beror på att vuxna malar repelleras ut till gränsgrödan, utan att larverna från malarna attraheras till *Desmodium spp* och dess näringsrika sammansättning och sedan inte tar sig därifrån. *Desmodium spp* kontrollerar även *Striga spp* genom framför allt allelopati, vilket är en växts förmåga att utsöndra specifika ämnen för att hindra andra växters utveckling (Khan et al. 2008). Effekten sker i baljväxtens rhizosfär genom att *Desmodium spp* utsöndrar föreningar i marklösningen (rot-exudat) som innehåller isoflavoner. Vissa isoflavoner stimulerar groningen av *Striga*-frön medan andra (C-glykosylflavoner) hämmar *Striga*-rotens tillväxt. Kombinationen av dessa effekter har då möjlighet att minska fröbanken av *Striga spp* i marken genom så kallad suicidal groningen (Midega et al. 2015).

2.4 Effekter av klimatförändring

Enligt Alexandridis et al. (2023) förväntas skörden av majs i Afrika minska med 10% under mitten av 2000-talet och den största minskningen kommer vara i den subsahariska regionen (Alexandridis et al. 2023). Minskningen kommer enligt källan framför allt bero på högre max-temperaturer, försenad start på regnsäsongen och en högre evapotranspiration. Samma källa säger även att en ökning i atmosfäriskt CO₂ kan komma att gynna ogräs som *Striga hermonthica* och *Rhamphicarpa fistulosa*. Detta beror på att majs och durra är C4-växter medan ogräsen i fråga är C3-växter. C4-växter har normalt sett ett övertag över C3-växter vid högre temperatur och torka. Dock kan en ökad koncentration av CO₂ i atmosfären ge en motsatt effekt och mer oregelbunden nederbörd kan också komma att gynna ogräsen. Klimatförändringarna kan även komma att ge ogräsen större möjlighet att växa på högre altituder (Alexandridis et al. 2023). Fjärilslarver kan också bli ett större problem med ökade lufttemperaturer då detta kan öka spridningen till högre altituder där det tidigare varit för kallt (Alexandridis et al. 2023). Även mer oregelbunden nederbörd är något som kan komma att påverka effektiviteten av push-pull. Risken för ökad mängd *Striga spp* är framför allt stor då ogräset gynnas av alltmer oregelbundna nederbördsmonster och längre perioder av torka (Alexandridis et al. 2023).

3. Material & Metod

3.1 Insamling av data

Insamlingen skedde under två odlingssäsonger. Den första säsongen löpte mellan april 2022 och juni 2022. Den andra säsongen löpte mellan oktober 2022 och december 2022 respektive mars 2023 för Uganda respektive Rwanda. I varje land var fälten uppdelade i par där två (eller i några fall tre) fält låg bredvid varandra och det ena odlades med PP-system och det andra med NPP-system. För Rwanda skedde mätningarna på totalt 68 fält, där 32 av dem odlades med PP och 36 av dem med NPP. I Uganda var det 32 PP-odlingar respektive 32 NPP-odlingar och för Kenya var det 28 PP-odlingar respektive 28 NPP-odlingar. All data som använts är taget från det så kallade UPSCALE-projektet. Detta är ett projekt som sedan november 2020 jobbat med att se potentialen med push-pull och att utöka användningsområdet från spridda småskaliga jordbruk till större odlingslandskap. Det övergripande målet är att stärka livsmedelssäkerheten, försörjningsmöjligheterna och motståndskraften mot klimatförändringar i subsahariska Afrika, samtidigt som den negativa miljöpåverkan från jordbruket minskas. Länk till hemsidan [här](#).

3.1.1 *Striga*

I varje fält togs 20 jämnt fördelade jordprover från respektive fält med hjälp av en jordborr (inre diameter 25 mm, djup 20 cm), och kombinerades till ett sammanslaget prov per fält. Proverna lufttorkades vid omgivande temperatur. När de var helt torra krossades jordaggregat (om sådana fanns) och jorden siktades genom ett 2 mm nät. Den fina fraktionen (d.v.s. partiklar <2 mm) homogeniserades noggrant och delprov togs. I ett av delproven bestämde teknisk personal vid Makerere University i Kampala *Striga*-frön och fröskal. Detta gjordes genom våtsiktning följt av flotation i en sackaroslösning. Slutligen räknades de isolerade fröna och fröskalen vid 30x förstoring. För *Striga* behövdes inga ytterligare beräkningar göras då den data som fanns tillgänglig var angiven i antal *Striga*-frön per 50g jord.

3.1.2 Skada från fjärilslarver

I varje fält gjordes tre transekter som användes för analys av majsplantor i fält. Den yttre transekten placerades 1 meter från kanten av fältet. De två inre transekterna placerades sedan med 4 respektive 8 meters mellanrum från den yttre. Mätningen av skada från fjärilslarver gjordes genom att inspektera 21 plantor i varje fält (7 från varje transekt) för att se om det fanns tecken som tydde

på att plantan blivit angripen. Bladskadan rangordnades sedan på en skala från 1–5 där 1 innebar att ingen skada fanns och 5 innebar stor skada och att plantan var döende. Sedan noterades hur många procent av majsplantorna som var skadade. Sammanställningen av data för bladskada och avkastning gjordes genom att ta ut medelvärde för skada och avkastning för varje fält under båda odlingssäsongerna.

3.1.3 Bestämning av avkastning

Avkastningen bestämdes genom att mäta höjden på plantorna, väga plantorna i sin helhet, räkna samt mäta och väga majscolvarna på varje planta. Vägningen av majscolvarna gjordes både vid färsk vikt och sedan vid torr vikt efter en veckas torkning i papperspåsar. Om en eller flera av de 21 plantor/fält saknades valdes en närliggande planta ut i stället för att ingå i dataräkningen.

3.2 Mätning av nederbörd

Materialen som använts för att mäta nederbörden i odlingarna består av en flaska med skruvkork, tratt, mätkopp, tejp, en kniv och en spade eller annat verktyg att gräva med. Flaskan grävdes ner ca 5–10 cm i marken så att den stod stabilt på ett plant underlag. Avståndet som flaskan placerades på var minst dubbla längden av höjden från eventuella hinder, det vill säga att om en byggnad är 6 meter hög placerades flaskan minst 12 meter ifrån byggnaden. Detta var för att motverka felaktigheter i mätningen. Tratten fästes sedan på flaskan med hjälp av tejp.

Jordbrukaren kontrollerade sedan flaskan varje morgon och noterade hur många ml nederbörd som fallit senaste dygnet samt datum och tid. Nederbördsdata konverterades sedan om från ml till mm. För att göra detta användes formeln $A = \pi * r^2$ där r (radien) var trattens radie. För nederbörd beräknades ett dygnmedelvärde för varje fält och säsong.

3.3 Mätning av temperatur

För mätning av temperatur användes en så kallad iButton. Detta är ett elektroniskt verktyg för att mäta temperatur. En iButton installerades i varje region där man utförde mätningar, ca 10 stycken per land. Placeringen skedde i skydd från regn och solsken ute i fält. Platserna valdes ut på ett sätt som gjorde att mätningarna

skulle bli så konsekventa som möjligt. Temperaturmätningarna gjordes sedan 24 gånger per dygn (en gång i timmen). För temperatur beräknades ett säsongsmedelvärde för varje fält. All insamling av data från fält gjordes av forskarna som handledde arbetet.

3.4 Framtagning av altitud

Varje fält som ingick i studierna har ett individuellt PlotID med koordinater för longitud och latitud. För att ta fram elevationsdata (möh) användes gratisprogrammet "dCode" där man kan omvandla koordinater till elevationsdata. Eftersom det inte finns någon exakt formel för att beräkna elevation bara utifrån koordinater använder programmet information från bland annat NASAs satelliter för att ta fram elevationsdata utifrån en GPS-punkt. Enligt "dCode" finns det en felmarginal på ca 1–2% vilket i praktiken innebär ± 10 meter.

3.5 Analys av data

All data för temperatur, altitud, nederbörd, bladskador, avkastning och *Striga*-frön i jorden har sammanställts i Microsoft Excel och sedan omvandlats till en CSV-fil för att sedan analyseras genom statistikprogrammet R. Detta gjordes för att se vilka faktorer som hade en signifikant effekt. För flertalet fält saknades data för temperatur och nederbörd under antingen säsong A, B eller båda.

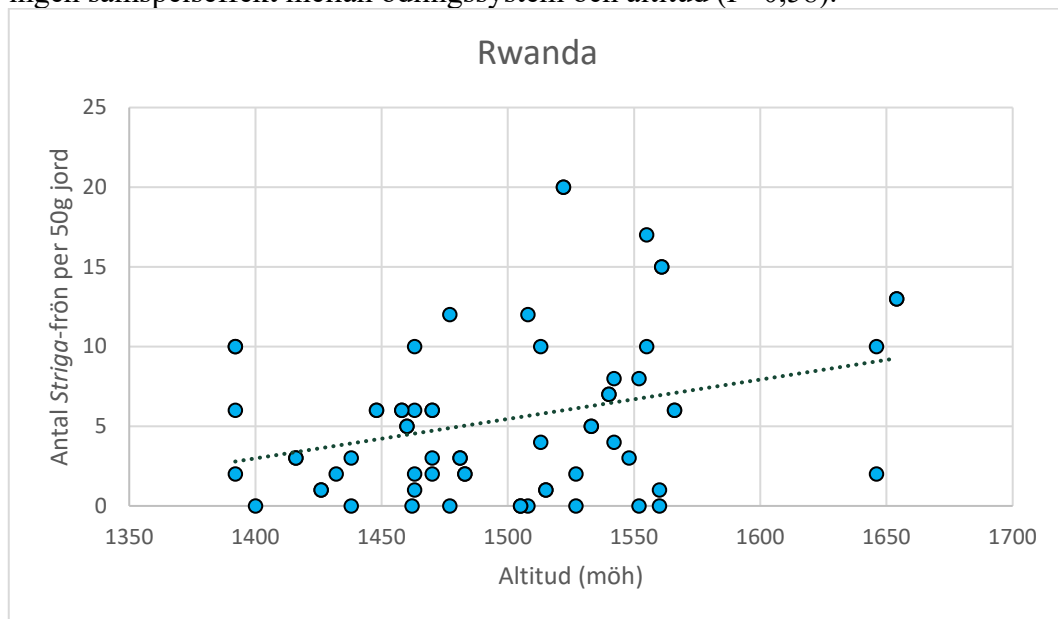
Blandade modeller användes för att analysera effekten av altitud på antalet *Striga*-frön, graden av insektsskada och grödans avkastning. Altitud, odlingssystem och samspelet (interaktionen) mellan altitud och odlingssystem analyserades som fasta faktorer, medan fältpar nestat i säsong användes som slumpmässiga faktorer. Varje land analyserades för sig. För antalet *Striga*-frön antogs negativ binomialfördelning och för övriga modeller normalfördelning. Analyserna gjordes med funktionerna `glmer.nb` och `lmer` i R version 4.4.1. Effekten av temperatur och nederbörd analyserades inte statistiskt p.g.a. få datapunkter.

4. Resultat

4.1 Rwanda

4.1.1 *Striga*

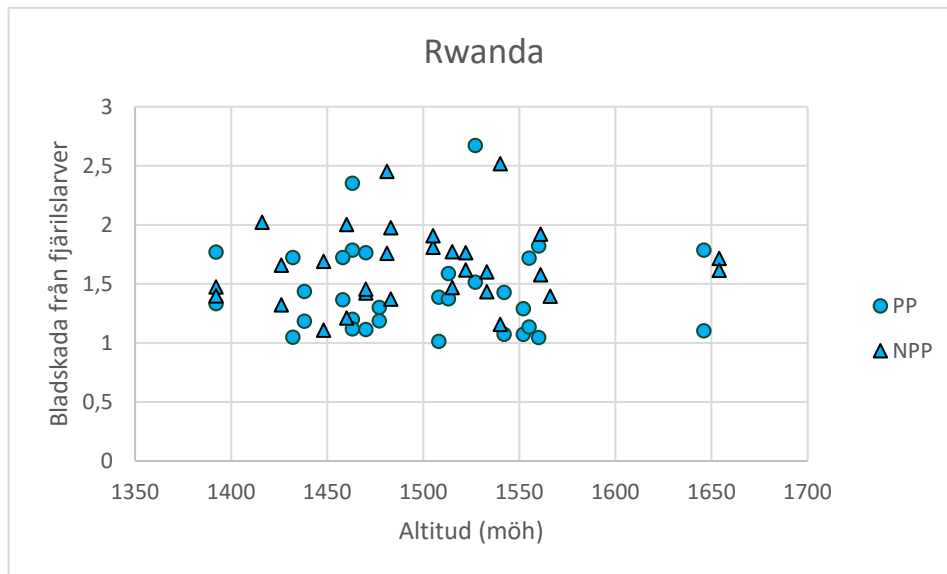
Det fanns en signifikant ökning av frön från *Striga* i jorden vid högre altitud ($P < 0,0001$) (figur 1). Däremot fanns ingen effekt av odlingssystem ($P=0,15$) och ingen samspelseffekt mellan odlingssystem och altitud ($P=0,58$).



Figur 1. Relationen mellan altitud och antal *Striga*-frön i jorden i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

4.1.2 Bladskada från fjärilslarver

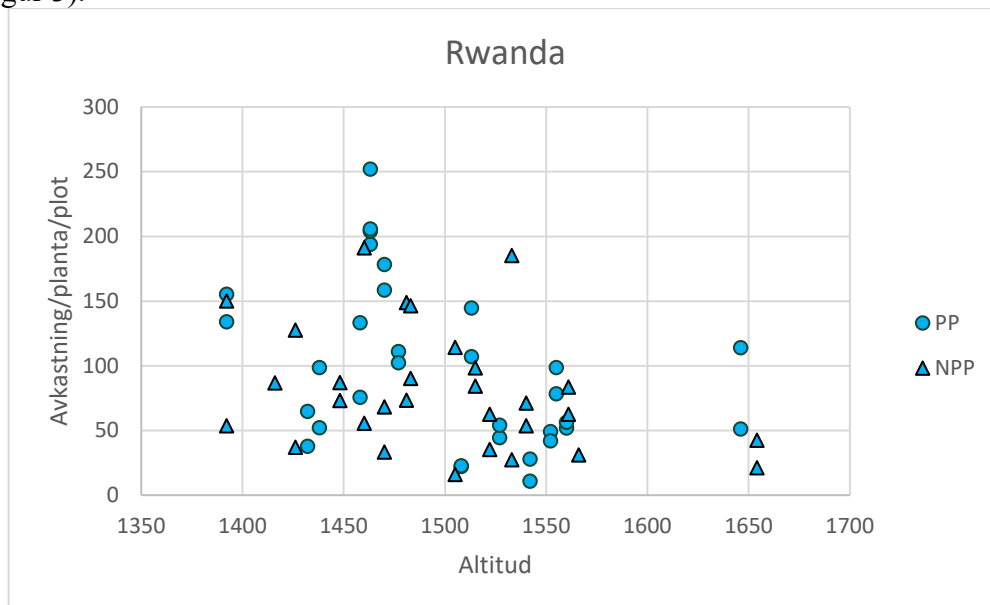
I Rwanda fanns inget signifikant samband mellan bladskada från fjärilslarver och skillnad i altitud ($P=0,86$), ingen effekt av odlingssystem ($P=0,98$) och inget samspel mellan altitud och odlingssystem ($P=0,90$) (figur 2).



Figur 2. Relationen mellan bladskada från fjärilslarver och altitud i Rwanda. Ingen signifikant skillnad fanns mellan PP respektive NPP-odlingarna. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.

4.1.3 Avkastning

I förhållandet mellan altitud och avkastning finns ingen signifikant koppling ($P=0,21$). Det fanns inte heller någon skillnad mellan PP och NPP-odlingarna ($P=0,19$) och ingen samspelseffekt mellan altitud och odlingssystem ($P=0,22$) (figur 3).

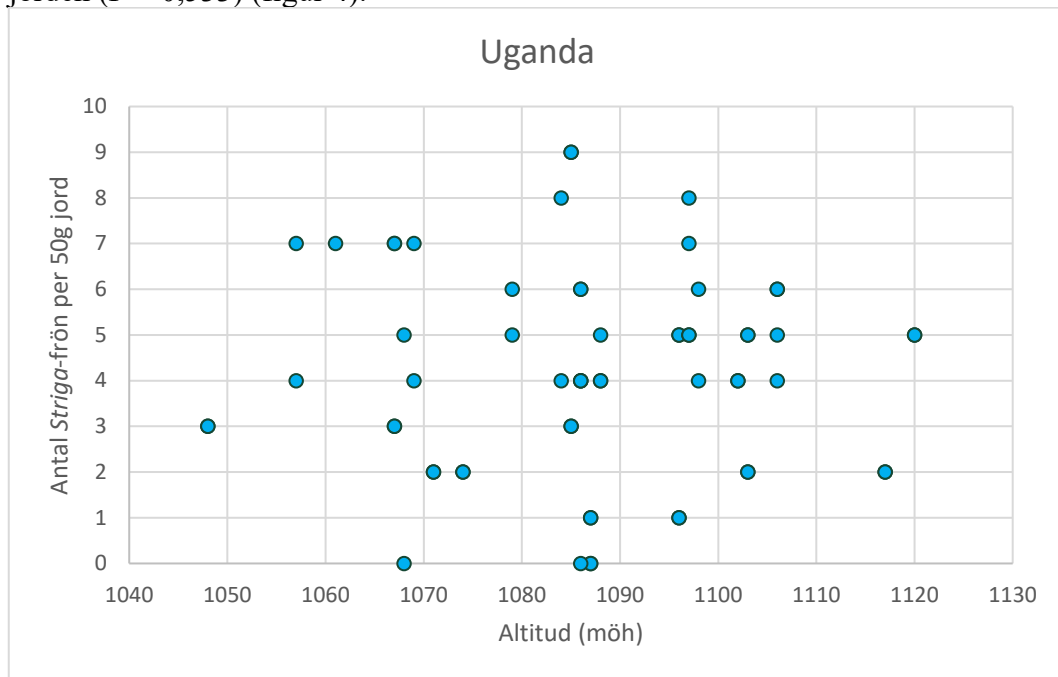


Figur 3. Ingen signifikant skillnad fanns mellan avkastning, altitud och odlingsmetod i Rwanda. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.

4.2 Uganda

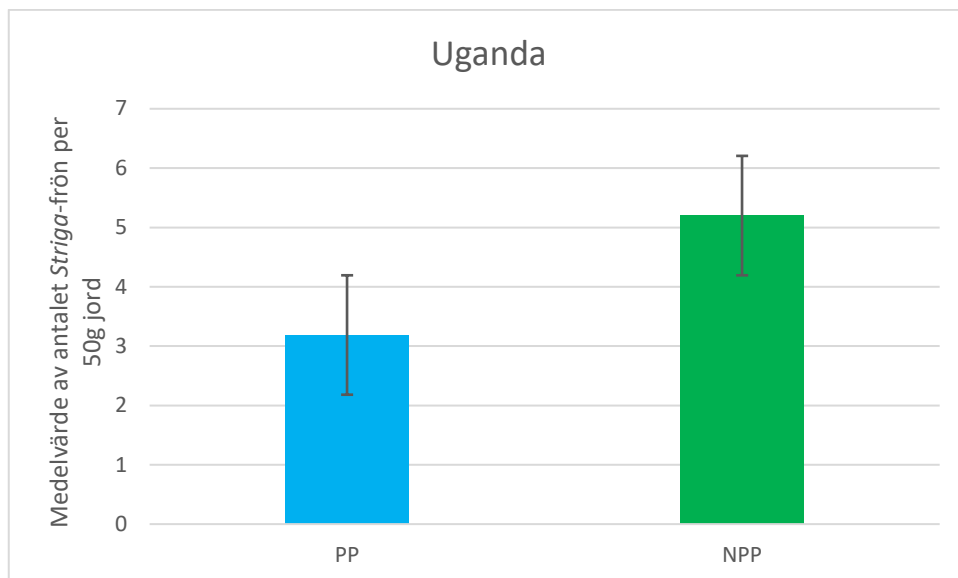
4.2.1 *Striga*

I Uganda fanns inget signifikant samband mellan altitud och antal *Striga*-frön i jorden ($P = 0,533$) (figur 4).



Figur 4. Relationen mellan altitud och antalet *Striga*-frön per 50g jord i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

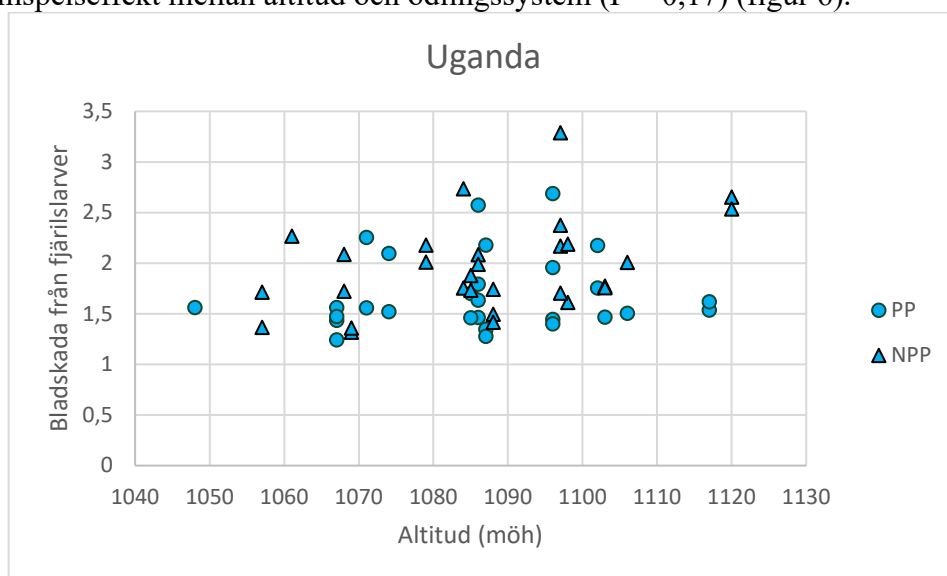
Dock fanns det ett signifikant samband mellan totalt antal *Striga*-frön i jorden och skillnad i odlingssystem ($P = 0,0001$). Det totala antalet *Striga*-frön i jorden var ca 63% högre i NPP-odlingarna jämfört med PP-odlingarna (figur 5). Denna effekt var oberoende av altitud ($P=0,87$).



Figur 5. Medelvärde av antalet Striga-frön per 50g jord i PP respektive NPP-odlingarna i Uganda med felstaplar som visar standardavvikelsen. Blå stapel representerar PP-odlingar och grön stapel representerar NPP-odlingar.

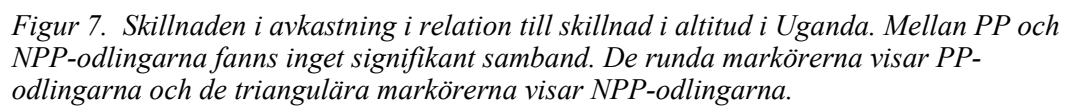
4.2.2 Bladskada från fjärilslarver

I Uganda fanns inget signifikant samband mellan altitud och bladskada från fjärilslarver ($P = 0,12$), ingen effekt av odlingssystem ($P = 0,18$), och ingen samspelseffekt mellan altitud och odlingssystem ($P = 0,17$) (figur 6).



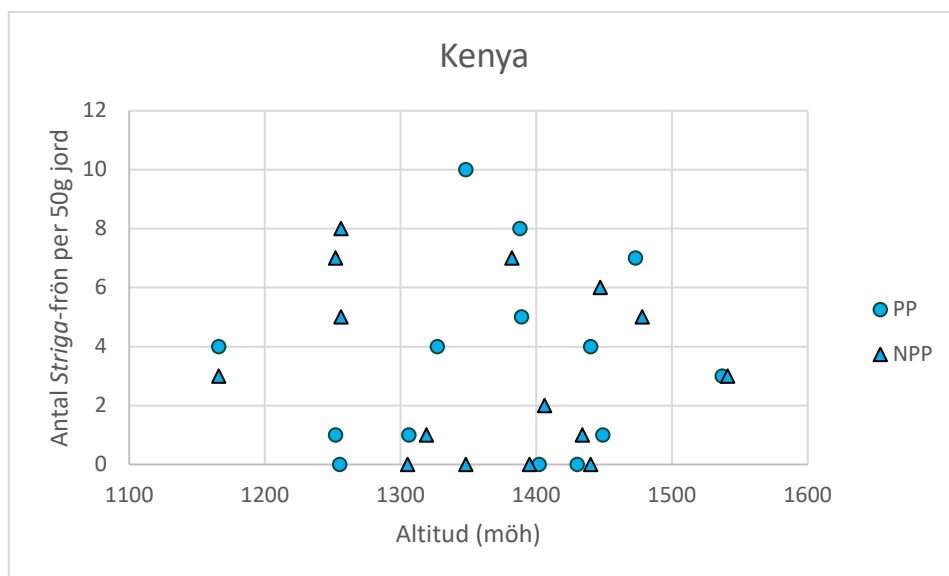
Figur 6. Relationen mellan altitud och bladskada från fjärilslarver. I Uganda syns inte någon signifikant skillnad mellan de olika odlingssystemen. De runda markörerna visar PP-odlingar och de triangulära markörerna visar NPP-odlingar.

Mellan altitud och avkastning fanns inget signifikant samband i Uganda ($P = 0,34$), och det fanns ingen skillnad mellan PP och NPP-odlingar ($P = 0,58$) och ingen samspelseffekt ($P = 0,55$) (figur 7).



4.3.1 *Striga*

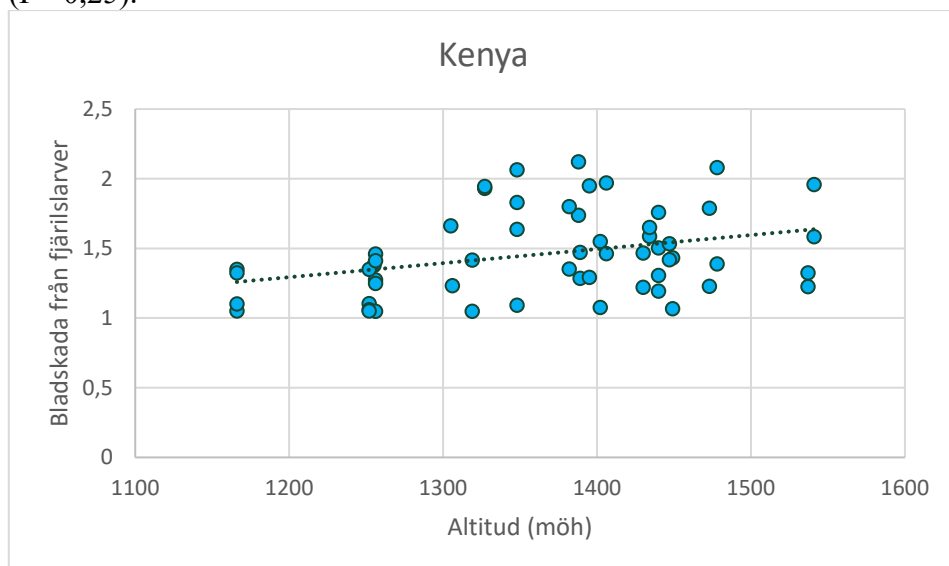
22



Figur 8. Antalet Striga-frön per 50g jord i relation till skillnad i altitud i Kenya. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika odlingssystemen. De runda markörerna visar PP-odlingarna och de triangulära markörerna visar NPP-odlingarna.

4.3.2 Bladskada från fjärilslarver

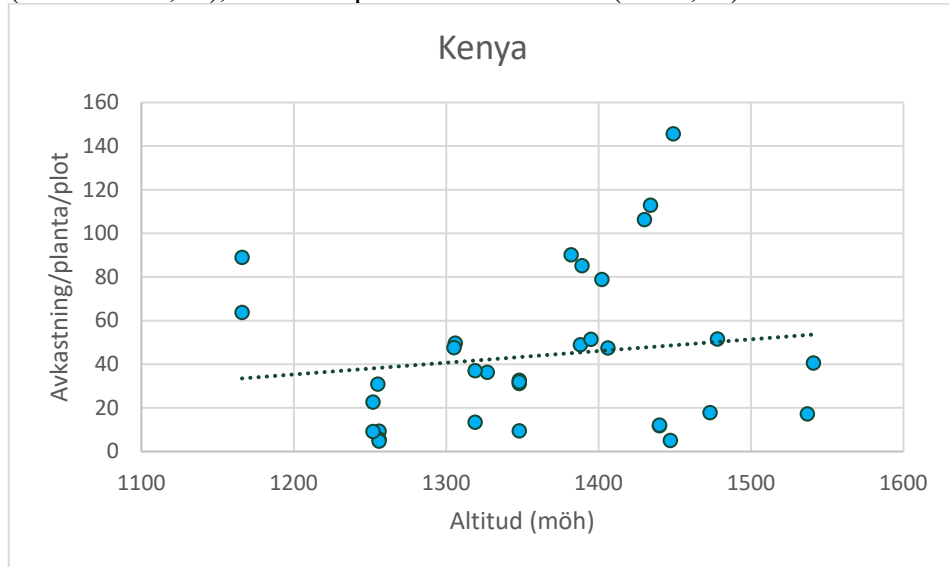
För bladskada från fjärilslarver fanns en signifikant ökning kopplat till ökad altitud i Kenya, (P -värde = 0,0083) (figur 9). Inget signifikant samband fanns mellan de olika odlingssystemen, ($P = 0,27$), och det fanns ingen samspelseffekt ($P = 0,25$).



Figur 9. Bladskada från fjärilslarver i relation till skillnad i altitud i Kenya för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

4.3.3 Avkastning

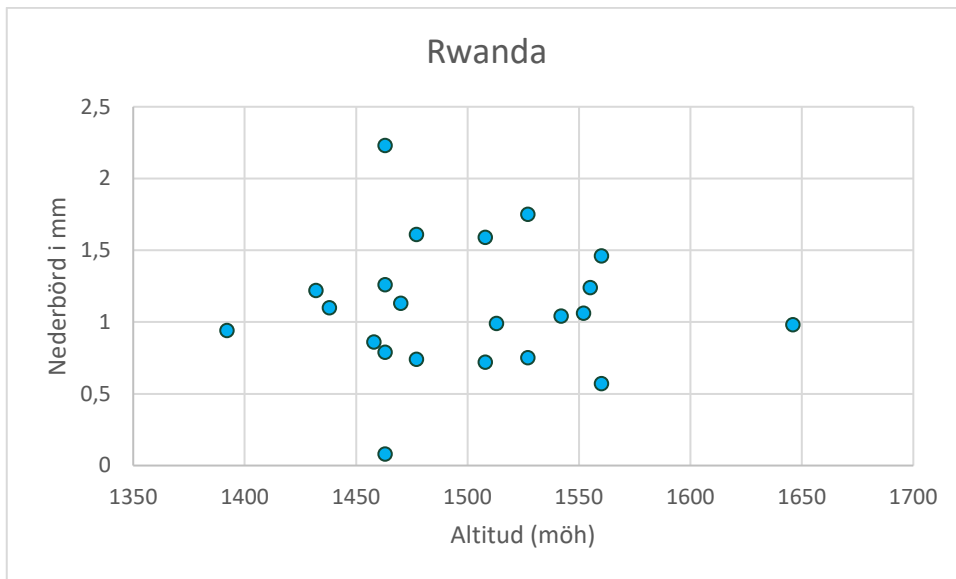
I Kenya fanns en nära signifikant ökning av avkastning med ökning i altitud, ($P = 0,087$) (figur 10) nedan. Inget signifikant samband fanns mellan odlingssystemen, ($P\text{-värde} = 0,29$), och samspelseffekt saknades ($P = 0,31$).



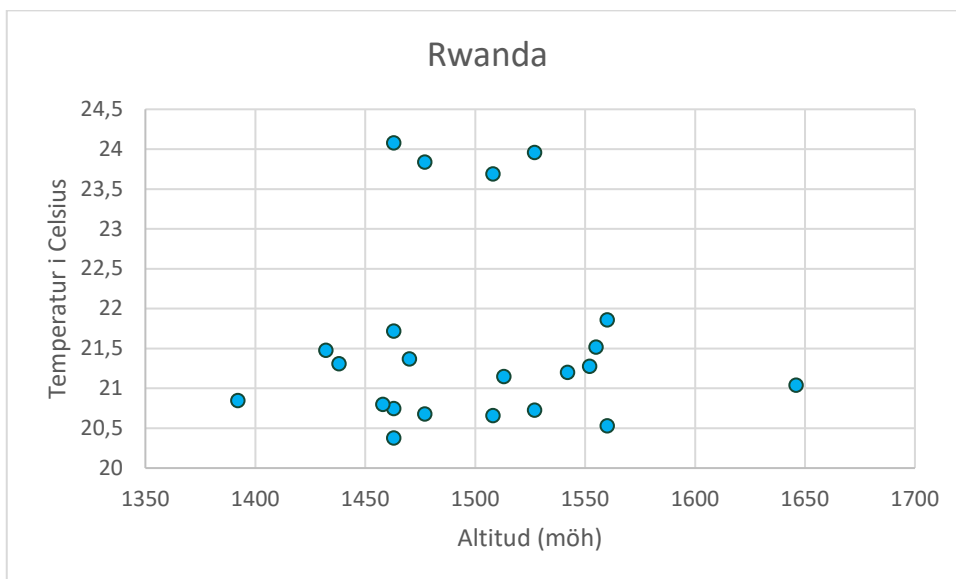
Figur 10. Relationen mellan avkastning och skillnad i altitud i Kenya för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

4.4 Förhållandet mellan altitud och nederbörd respektive temperatur

I figur 11 och figur 12 visas altitud i förhållande till nederbörd och temperatur i Rwanda. Rådata visar inga förhållanden mellan dessa faktorer (statistisk analys gjordes ej pga. få datapunkter).

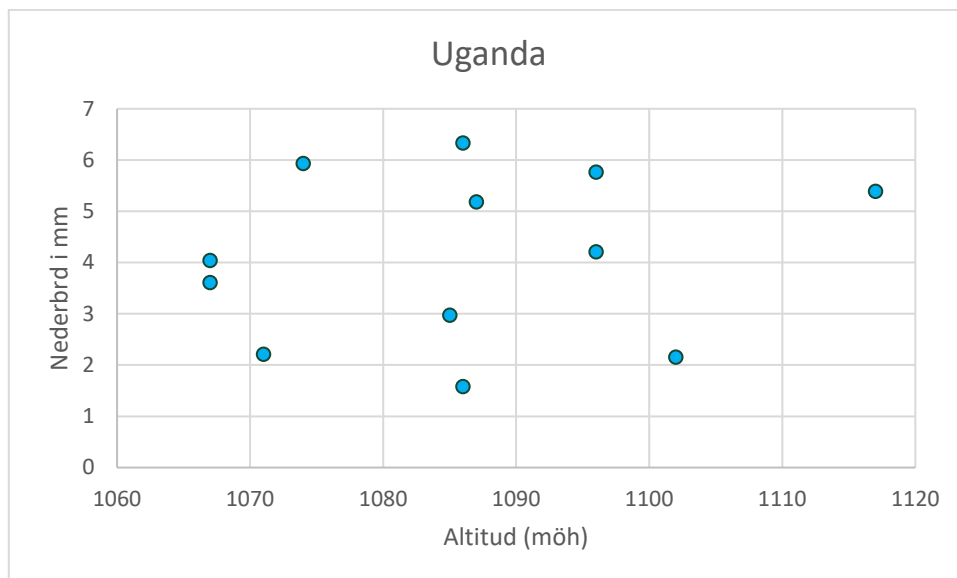


Figur 11. Dagsmedelnederbörd per säsong och fält uttryckt i mm i relation till altitud i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

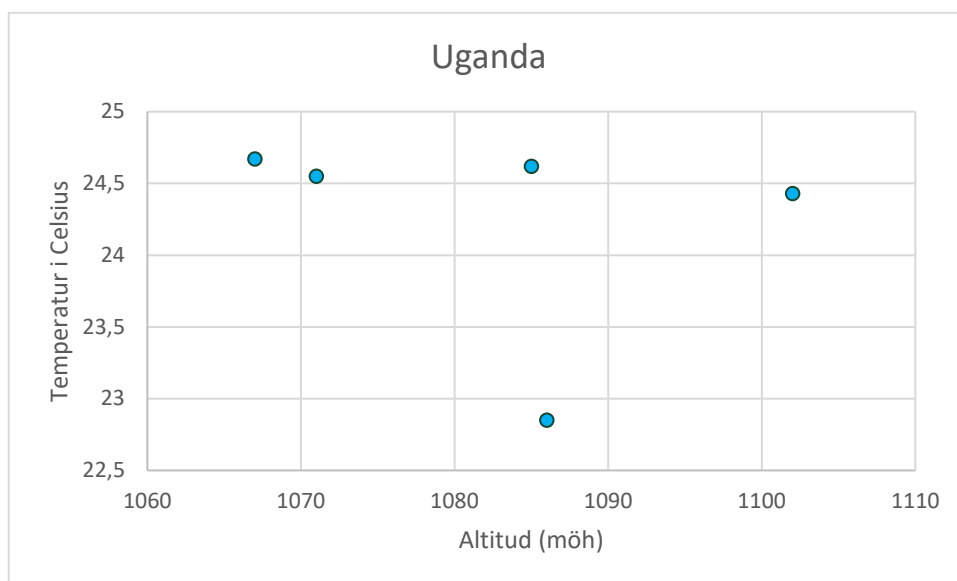


Figur 12. Uppmätt temperatur i relation till altitud i Rwanda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

I figur 13 och figur 14 nedan visas altitud i förhållande till nederbörd och temperatur i Uganda. Rådata visar inget samband mellan dessa faktorer.



Figur 13. Dagsmedelnederbörd per säsong och fält uttryckt i mm i relation till altitud i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.



Figur 14. Relationen mellan temperatur och altitud i Uganda för PP respektive NPP-odlingarna utan uppdelning.

5. Diskussion

Denna studie gick ut på att undersöka om skillnader i altitud, temperatur och nederbörd har en signifikant påverkan på hur väl odlingsmetoden push-pull (PP) fungerar i jämförelse med icke-push-pull-odlingar (NPP) i majsodlingar i Rwanda, Uganda och Kenya. Resultaten presenterades land för land och analyserades i relation till altitudens påverkan på *Striga*-frön i jorden, bladskada från fjärilslarver och grödans avkastning, samt altitudens förhållande till nederbörd och temperatur. Jag fann inga signifikanta samspelseffekter mellan altitud och odlingssystem, vilket indikerar att det inte fanns någon effekt av altitud på effektiviteten av odlingssystemen. De direkta effekterna av altitud och odlingssystem varierade mycket mellan länderna.

Inga tydliga samband kunde urskiljas vad gäller förhållandet mellan altitud och väderförhållanden (nederbörd och temperatur) i Rwanda och Uganda. En trolig förklaring till detta är att den tillgängliga data som fanns för nederbörd och temperatur var otillräcklig för att göra en meningsfull analys. Av totalt 36 fält i Rwanda respektive 32 fält i Uganda var det endast 23 respektive 12 fält som hade dokumenterad nederbördsdata. För temperatur var det endast 22 respektive 5 fält som hade dokumenterad data. Eftersom dessa mätningar dessutom är gjorda under två odlingssäsonger fanns det inte tillräckligt med data för att analysen av förhållandet mellan nederbörd, temperatur och altitud skulle ge ett representativt resultat.

I Rwanda observerades en signifikant ökning av *Striga*-frön i jorden vid högre altitud (figur 1). Resultaten från Uganda visade att mängden *Striga*-frön per 50g jord generellt var mindre i PP-odlingarna än i NPP-odlingarna (figur 4) och för Kenya visade analysen inget signifikant samband mellan altitud och antalet *Striga*-frön per 50g jord. Detta resultat var oväntat då PP under tidigare studier visat sig vara väldigt effektivt när det kommer till att minska fröbanken av *Striga*. I resultat från tidigare studier i Kenya kunde forskare notera en minskning av *Striga*-frön i marken på mellan 80,6 och 99,9% vid användandet av PP (Midega et al. 2015). Skillnaden mellan de olika länderna när det kommer till sambandet mellan altitud, odlingssystem och *Striga* kan bero på flera olika faktorer. Till exempel kan detta bero på de individuella jordbrukarna i respektive länder. Den mänskliga faktorn bör alltid beaktas i den här typen av studier då skillnader i hur PP-systemen etablerats samt jordbrukarnas erfarenhet kan ha påverkat resultatet. Eftersom det dock var forskare från UPSCALE-projektet som handledde arbetet bör denna risk vara begränsad.

För skadegörare finns det också en skillnad mellan länderna. För Rwanda och Uganda fanns inget signifikant samband mellan bladskada och altitud medan det för Kenya påvisades en signifikant ökning av skadegörare vid högre altitud. En möjlig förklaring till varför data från Kenya visade på en altitudeffekt till skillnad från Rwanda och Uganda kan vara altitudspannet. I Kenya var fälten spridda över en större gradient i altitud vilket skulle kunna vara anledningen till resultatet. Ett

troligt utfall är att det i framtiden kommer bli vanligare med den här typen av skadedjur vid högre altituder om klimatförändringarna fortsätter i samma riktning som den gör idag (Alexandridis et al. 2023).

Mellan avkastning, altitud och odlingssystem i Rwanda, Uganda och Kenya framgår det inte att det finns någon signifikant fördel med PP jämfört med NPP som man annars förväntat sig då Midega et al. (2015) under deras studier fann att skörden i genomsnitt var 2,5 gånger större i PP-systemen jämfört med NPP-systemen. Även Luttermoser et al. (2023) fann att PP varit väldigt effektivt. Deras studie gjordes under 24 odlingssäsonger över 12 års tid och visade en genomsnittlig ökning av skörden på 200–300% i jämförelse med NPP. För vår studie var det endast i Kenya som det fanns en nära signifikant korrelation mellan avkastning och altitud, men inte heller där fanns någon skillnad i resultat kopplat till odlingssystem. Detta beror inte nödvändigtvis på att odlingssystemen är likvärdiga. Det kan bero på att PP-systemen implementerats på jordar som är mindre bördiga. Enligt Grace Amboka (doktorand vid institutionen för ekologi på SLU i Uppsala) är detta något som kan förekomma. Två möjliga förklaringar till varför de kanske gjort så är att PP som odlingsmetod kan ha en markförbättrande förmåga, och att man då väljer att implementera detta system på mark som man tycker behöver förbättras. En annan möjlig förklaring till att man väljer en något sämre jord kan vara för att minska insatserna när man odlar med en mindre beprövad odlingsmetod. Om skörden inte blir så stor som man hoppades har man i alla fall inte använt sig av den bästa jorden.

5.1 Slutsats

Sammanfattningsvis visar denna studie på att effektiviteten av PP inte är beroende av altitud. Effekten av odlingssystem mellan länderna skilde sig i viss mån mellan länderna, då Uganda hade färre *Striga*-frön i PP än i NPP (figur 4), medan något sådant samband inte kunde påvisas i de andra länderna.

Studien påvisade förvånansvärt få positiva effekter av PP. *Striga* minskade enbart i Uganda medan vi inte hittade några signifikanta effekter av odlingssystem på vare sig insektsskador eller avkastning i något av länderna. Detta kan bero på att somliga PP-odlingar sannolikt implementerats på jordar som är näringsmässigt nedgångna och detta kan ha gett en missvisande bild av effektiviteten av PP. Tidigare forskning har visat att PP som odlingssystem kan vara väldigt effektivt i jämförelse med hur man traditionellt odlat majs och andra grödor i SSA. Efter denna studie blir det dock klart att det inte är en felsäker metod som garanterat kommer minska angrepp från insekter, ogräs eller öka avkastningen, samt att skillnad i altitud inte nödvändigtvis gör någon skillnad på resultatet.

Detta är ett område som behöver mer forskning över längre perioder för att vi ska kunna få fram ett säkrare resultat. Den data som använts till denna studie kommer från UPSCALE-projektet vilket är ett femårigt projekt som startades i november 2020. När detta projekt är färdigt kommer det förhoppningsvis finnas ett tydligare

resultat på avkastning, bladskada från fjärilslarver och *Striga*-frön i jorden och dess förhållande till odlingssystem och altitud.

6. Tack

Slutligen vill jag tacka följande för den hjälp och det stöd jag fått under arbetets gång, min handledare Mattias Jonsson, biträdande handledare Grace Amboka samt resterande forskare och jordbrukare som utgör UPSCALE-projektet vars data jag fått tillgång till.

Referenser

- Abate, T., Fisher, M., Abdoulaye, T., Kassie, G.T., Lunduka, R., Marenya, P. & Asnake, W. (2017). Characteristics of maize cultivars in Africa: How modern are they and how many do smallholder farmers grow? *Agriculture & Food Security*, 6 (1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0108-6>
- Alexandridis, N., Feit, B., Kihara, J., Luttermoser, T., May, W., Midega, C., Öborn, I., Poveda, K., Sileshi, G.W., Zewdie, B., Clough, Y. & Jonsson, M. (2023). Climate change and ecological intensification of agriculture in sub-Saharan Africa – A systems approach to predict maize yield under push-pull technology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 352, 108511. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108511>
- Benjamin, J., Oyedokun, D.O., Oziegbe, E.V., Oni, J., Ogundare, E.B., Ujah, G.O. & Adebayo, A. (2024). Cereal production in Africa: the threat of current plant pathogens in changing climate-a review. *Discover Agriculture*, 2 (1), 33. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00040-3>
- David, O.G., Ayangbenro, A.S., Odhiambo, J.J.O. & Babalola, O.O. (2022). *Striga hermonthica*: A highly destructive pathogen in maize production. *Environmental Challenges*, 8, 100590. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100590>
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clottey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Moreno, P.G., Murphy, S.T., Oppong-Mensah, B., Phiri, N., Pratt, C., Silvestri, S. & Witt, A. (2017). Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28 (5), 196–201. https://doi.org/10.1564/v28_oct_02
- Earth as a Temperature Controller: Part II | METEO 3: Introductory Meteorology* (u.å.). https://www.e-education.psu.edu/meteo3/l3_p4.html?utm_source=chatgpt.com [2025-05-20]
- Erdei, A.L., David, A.B., Savvidou, E.C., Džemedžionaitė, V., Chakravarthy, A., Molnár, B.P. & Dekker, T. (2024). *The push–pull intercrop Desmodium does not repel, but intercepts and kills pests. eLife*. <https://doi.org/10.7554/eLife.88695>
- Gethi, J.G., Smith, M.E., Mitchell, S.E. & Kresovich, S. (2005). Genetic diversity of *Striga hermonthica* and *Striga asiatica* populations in Kenya. *Weed Research*, 45 (1), 64–73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00432.x>
- Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Amudavi, D.M., Hassanali, A. & Pickett, J.A. (2008). On-farm evaluation of the ‘push–pull’ technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya. *Field Crops Research*, 106 (3), 224–233. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.12.002>
- Luttermoser, T., Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Nyagol, D., Jonsson, M. & Poveda, K. (2023). Are pests adapting to the push-pull system? Ecologically intensified farms in Kenya maintain successful pest control over time. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 347, 108345. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108345>
- Marri, D., Mensah, S.A., Kotey, D.A., Abraham, J., Billah, M.K. & Osae, M. (2023). Basic Developmental Characteristics of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), Reared under Laboratory Conditions. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2023 (1), 6917316. <https://doi.org/10.1155/2023/6917316>
- Midega, C.A.O., Bruce, T.J.A., Pickett, J.A., Pittchar, J.O., Murage, A. & Khan, Z.R. (2015). Climate-adapted companion cropping increases agricultural productivity in East Africa. *Field Crops Research*, 180, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.022>
- Midega, C.A.O., Jonsson, M., Khan, Z.R. & Ekbom, B. (2014). Effects of landscape complexity and habitat management on stemborer colonization, parasitism and

- damage to maize. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 188, 289–293.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.028>
- Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A., Hailu, G.W. & Khan, Z.R. (2018). A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10–15.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>
- Tura, C.L., Aceres, L.V. & Joshi, R.C. (2025). Life History of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on Hedgehog Sedge, *Cyperus compressus* L. In Philippines. *HEXAPODA*, 19–25. <https://doi.org/10.55446/hexa.2025.488>

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, Max Abrahamsson 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.