Ewe size and nutrition during pregnancy

Effects on metabolic and productive performance of the offspring

A thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Doctor of Philosophy in Animal Science

at Massey University, Turitea, Palmerston North,

New Zealand.

Danitsja Stephanie van der Linden

2010

Thesis supervisors

Associate Professor P. R. Kenyon

Professor H. T. Blair

Dr C. M. C. Jenkinson

Dr S. W. Peterson

Thesis examiners

Associate Professor D. D. S. Mackenzie

Massey University, Palmerston North

Associate Professor F. H. Bloomfield

University of Auckland

Dr M. P. Tygesen

Copenhagen University, Denmark

ABSTRACT

Exposure of the fetus to adverse conditions *in utero* may result in developmental adaptations that alter metabolism and postnatal growth of the offspring. This thesis investigated the effects of dam size and nutrition during pregnancy on growth, metabolic function and lactational and productive performance of the female offspring to two years of age. Four-hundred and fifty heavy (60.8 kg ± 0.18) and 450 light (42.5 kg ± 0.17) dams were randomly allocated to *ad libitum* or maintenance nutritional regimens from days 21 - 140 of pregnancy, under pastoral grazing conditions. From one week prior to lambing, all dams were fed *ad libitum* until weaning. After weaning, female progeny were managed and fed under pastoral conditions as one group. Maternal nutrition during pregnancy affected lamb growth to weaning, however, after weaning lamb growth was affected by dam size. Dam size had no effect on glucose metabolism, adrenal function or fat metabolism in 16-month-old female twin offspring. Dam nutrition during pregnancy had a minor effect on glucose metabolism and no effect on adrenal function or lipolysis, however, it did possibly affect gluconeogenesis and/or glycogenolysis, with increased glucose production in ewes born to maintenance-fed dams. Ewes born to dams fed maintenance showed greater milk production, lactose percentage, lactose and crude protein yield. Ewes born to heavy dams showed greater milk production and lactose yield. Dam size had no effect on reproductive performance of the female offspring. Being born to a larger dam showed no advantages over being born to smaller dams, for number of lambs born and weight of lambs at birth and weaning. 'Grand'dam maintenance nutrition increased lamb birth and weaning weight and lamb growth rates of the 'grand'offspring. Ewes born to maintenance-fed dams could have an advantage over ewes born to *ad libitum*-fed dams in physiological stressful situations in life as their liver may be able to supply more glucose to support their growing conceptus and milk production to increase the chances of survival of their offspring. These results indicate that it is possible to programme the offspring by feeding their dams differently during pregnancy under grazing conditions. With a better understanding of how offspring can

be programmed through different maternal nutritional regimens, it may be possible to significantly increase the production potential of the New Zealand ewe population.

SAMENVATTING

Blootstelling van een ongeboren jong aan ongunstige omstandigheden *in utero* (baarmoeder), kan resulteren in veranderingen in de ontwikkeling van het metabolisme en de groei van het nageslacht. In dit proefschrift worden de effecten beschreven van het gewicht en het voedings niveau van de Nieuwe Zeelandse ooi tijdens de dracht op de groei, het metabolisme, de lactatie en het productie vermogen van haar vrouwelijke nageslacht tot twee-jarige leeftijd. Vierhonderdvijftig zware (60.8 kg ± 0.18) en 450 lichte (42.5 kg ± 0.17) ooien waren *ad random* verdeeld over twee groepen: een groep had toegang tot *ad libitum* gras en een groep werd gegraasd op onderhouds-niveau van dag 21 – 140 van de dracht. Alle ooien werden gehouden onder graas omstandigheden.Vanaf één week voor het lammeren, alle ooien hadden toegang tot *ad libitum* gras tot aan het spenen. Hierna werd het vrouwelijke nageslacht als één groep gemanaged en hadden *ad libitum* gras beschikbaar. Het voer niveau van de ooi tijdens de dracht beïnvloedde de groei van het nageslacht tot aan het spenen. Het gewicht van de moeder beïnvloedde de groei van de lammeren na het spenen, maar dit had geen effect op het functioneren van het glucose metabolisme, de bijnieren (adrenal) en ook niet op het vet weefsel metabolisme op een leeftijd van 16 maanden. Het voer niveau van de ooi tijdens de dracht had ook geen effect op het functioneren van het glucose metabolisme, de bijnieren en lipolyse (vetafbraak), maar het had mogelijk wel een positief effect op het proces van gluconeogenese (opnieuw vormen van glucose) en/of glycogenolyse (het process waarbij glycogeen wordt afgebroken en omgezet in glucose). Vrouwelijk nageslacht van ooien die op het onderhouds-niveau gevoerd werden, hadden een grotere glucose produktie. Nageslacht van ooien die onderhouds-niveau gevoerd werden, produceerden meer melk, lactose en eiwitten en hadden hogere lactose percentages in de melk. Nageslacht van zware ooien produceerden meer melk en lactose. Het gewicht van de ooi had geen effect op het reproductie vermogen van het nageslacht. Er waren geen verschillen gevonden tussen de zware en lichte groep in het aantal geboren lammeren (tweede generatie) en het gewicht van deze lammeren zowel bij de geboorte als bij

het spenen. Voeren van het onderhouds-niveau aan de (groot)moeder verhoogde het geboorte en speen gewicht en ook de groei van de tweede generatie lammeren. Vergeleken met het nageslacht van ooien die *ad libitum* gevoerd werden, had het nageslacht van ooien die het onderhouds-niveau gevoerd kregen een voordeel in fysiologische stressvolle situaties. Omdat hun lever mogelijk meer glucose kan produceren en waardoor er meer glucose beschikbaar is voor het groeiende jong tijdens de dracht en voor de daarop volgende melk productie is de overlevingskans voor dit nageslacht groter. De resultaten in dit proefschrift laten zien dat het mogelijk is om het nageslacht te ‘programmeren’ door de moeder verschillende niveaus te voeren tijdens de dracht. Door meer inzicht in het ‘programmeren’ van het nageslacht te krijgen, door middel van verschillende voer niveaus tijdens en na de dracht, is het mogelijk om het productie vermogen van de Nieuw Zeelandse schapen te vergroten.

ACKNOWLEDGEMENTS

The acknowledgements, the last bit of my thesis to write, but it is definitely not the least as I would not have been able to do all this work without the help of my supervisors, family and friends.

First of all, I would like to thank Meat and Wool New Zealand and the National Research Centre for Growth and Development for funding this great project. I also would like to thank AGMARDT for giving me the financial support to be able to work on this project full time.

A big thank you to my chief supervisors Paul and Hugh. Thank you both for giving me the opportunity to work with you on this project. Thank you for correcting my 'Denglish', all your support, advice, patience, and great guidance along the way. Thanks also to my supervisors Catriona and Sam, for all your support and advice, it was all much appreciated.

I would not have been able to do all my (flash) statistical analysis without the great help of Nicolas Lopèz-Villalobos. Nicolas, thank you for all your help, great statistical insight and patience, I have learned a lot and always enjoyed our meetings and chats!

I would also like to thank Duncan McKenzie. Duncan, thank you for all your great feedback after reading my papers, it really was a big help!

Also big thanks to Mark Oliver and Eric Thorstensen from Auckland University. Mark, thanks for all your great advice for the metabolic challenges and thanks for showing me how to catheterize sheep. Eric, thanks for having me in your lab and teaching me the different techniques of hormone/metabolites analyses. I really enjoyed it!

Thanks to the great team at IVABS for all their help in the field along the way and AgServices for looking after 'my girls' on the farm.

I also would like to thank Florence, Alouette, Lisette, and Ilse for all their great work and help on my trials when they were here in New Zealand, girls, I hope I have not worked you too hard!

Jo, Rene, Kathryn, Becs, Gina and Nicola or in other words: Mafia 3.06, thank you all for your friendship and making the office a fun and nice environment to work in and of course all your

help and advice during my trials, I could not have done it without you all! Thanks to Jeremy, Erica, Christine, Felusha, Kavitha, Francisco, Hye-Jeong, Rajesh and Maria for being such awesome roommates!

Further, a big thanks to Malin, thanks for your help, advice and friendship when you were here and even now back in Denmark, I am looking forward to working (and cooking) with you again soon!!

Jan and Doug, thank you for all that you have done for me during my PhD, you are both great

Thanks to all my friends and family (here and overseas) for their interest, reading drafts and making daily life fun, the last three years would have been very boring without you all!

Pap en mam, ondanks dat jullie ver weg zijn, hebben jullie me onwijs gesteund tijdens mijn PhD. Onwijs bedankt voor jullie betrokkenheid, interesse, geduld en alles wat jullie voor mij doen. Ook Bas en Kel, bedankt voor alle gezelligheid en interese, ondanks dat we elkaar niet zo vaak zien!

Special thanks to Ross, you started with looking after ‘my girls’ on the farm and you ended up with ‘looking after me’. Thanks for all your support, patience and just for being there in the good and the not so great times during my PhD. I am lucky to have you in my life!

TABLE OF CONTENTS

LIST OF FIGURES AND TABLES

Chapter 2 Review of Literature:

Chapter 3 Estimating milk production: