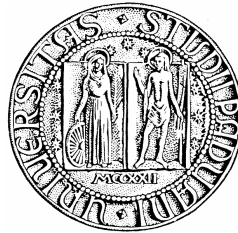


UNIVERSITÁ degli STUDI di PADOVA

FACOLTÁ di AGRARIA

DIPARTIMENTO di SCIENZE ANIMALI



**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN
SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI**

**EFFETTO DELL'IMPIEGO DI RAZIONI A BASSO TITOLO PROTEICO CON
MINIME AGGIUNTE DI AMINOACIDI DI SINTESI SULLE PERFORMANCE E
SULLA QUALITA' DELLA CARCASSA DEL SUINO PESANTE**

**Relatore: Prof. Stefano Schiavon
Correlatore: Dott. Giorgio Dalla Montà**

**Laureando: Alberto Romanzin
N° Matricola: 603334/STN**

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Indice

1. Riassunto	5
2. Abstract	7
3. Introduzione	9
3.1 Reflui: impieghi agronomici e trattamenti	9
3.2 Elementi di criticità ambientale	11
3.3 L'efficienza alimentare: una soluzione possibile	13
3.4 Precedenti studi sulle diete ipoproteiche	14
4. Obiettivi	17
5. Materiale e Metodi	19
5.1 Animali	19
5.2 Trattamenti sperimentali	19
5.3 Strutture di stabulazione	21
5.4 Controlli e trattamenti sanitari	21
5.5 Rilievi di peso vivo e spessore del lardo dorsale	22
5.6 Macellazione	24
5.7 Analisi chimiche	24
5.8 Bilancio dell'azoto	24
5.9 Analisi statistica	25
6. Risultati	27
6.1 Composizione mangimi	27
6.2 Prestazioni produttive	27
6.3 Spessori del lardo dorsale	28
6.4 Caratteristiche delle carcasse	29
6.5 Bilancio dell'azoto	30
7. Discussione	31
8. Conclusioni	35
9. Bibliografia	37
10. Tabelle	41

1. Riassunto

La presente tesi ha valutato gli effetti di diete a livelli decrescenti di proteina e amminoacidi sulle performance produttive e sulle principali caratteristiche della carcassa del suino pesante. Si è voluto inoltre valutare in che misura, mediante l'utilizzo di un bilancio dell'azoto, la diminuzione del tenore proteico permetta la riduzione delle escrezioni azotate. La prova si è tenuta presso l'allevamento del Dipartimento di Scienze Animali a Legnaro (PD). I maiali utilizzati nella prova (160 ibridi del tipo Goland) sono stati seguiti da un peso vivo di 98 kg fino alla macellazione ad un peso di 167,4 kg. Le diete utilizzate sono state caratterizzate da livelli proteici decrescenti, in media da 13,9% a 11,2%. Il mangime, la cui quantità è variata da 2,3 kg/d a 3,2 kg/d, è stato somministrato mediante delle stazioni di autoalimentazione in grado di riconoscere, mediante un transponder auricolare, i singoli animali registrandone i consumi alimentari. La durata dei due cicli della prova è stata rispettivamente di 102 e di 112 giorni, durante i quali gli animali sono stati pesati periodicamente. Al termine della prova i suini sono stati macellati, presso lo stabilimento Uanetto & C. di Castions di Strada (UD), e sono state pesate le mezzene ed i diversi tagli commerciali. La riduzione del livello proteico e aminoacidico non ha avuto effetti significativi sulle prestazioni in vivo dove si sono ottenuti dei risultati che sono generalmente considerati ottimali nell'allevamento del suino pesante ($AMG = 0,65$ kg/d, $IC = 4$). Più in particolare i valori relativi al peso finale, all'accrescimento giornaliero e agli indici di conversione dei suini alimentati con le diverse diete non sono risultati significativamente diversi. Le misurazioni degli spessori del lardo dorsale in vivo è stata effettuata mediante un rilevatore ad ultrasuoni, i dati ottenuti hanno permesso di evidenziare come la riduzione del livello proteico favorisca la deposizione del grasso. Nessun effetto significativo dovuto alle tesi alimentari è stato riscontrato sul peso delle carcasse e sulle rese al macello. Con questa tesi, infine, è stato possibile dimostrare come utilizzando diete a basso tenore proteico ci sia una riduzione rilevante (- 22%) dell'escrezione azotata e un conseguente incremento dell'efficienza proteica.

2. Abstract

The main aim of this work was to evaluate the effect exerted by diets with different protein and amino acids contents on production performances and carcass traits of heavy pigs. The effect of the reduced protein content of the diet on nitrogen excretions was also investigated through the use of nitrogen balance evaluation. Two experimental trials were carried out at the experimental herd of the Department of Animal Science (Legnaro, PD). Trials were performed on 160 Goland derived hybrids and were conducted since 98 kg of body weight to 167,4 kg. Diets used were characterized by different protein contents, averaging from 13,9% to 11,2%. Feed (2,3 – 3,2 kg/d) was supplied by self-feeding stations and animals and feed intake were automatically recorded. The two trials lasted 102 and 112 d, respectively, and animals were weighted periodically. Pigs were then slaughtered at the same slaughterhouse (Uanetto & C., Castions di Strada, UD). Carcass weight and weight of all the commercial cuts were recorded. The reduction of protein and amino acids content of the diet did not have a significant effect on the growth performances in live animals (average daily gain and feed conversion ratio were in agreement with the optimal performances of heavy pigs, ADG = 0,65 kg/d, FC = 4). In particular, final body weight, average daily gain and feed conversion ratios were not significantly different across diets. Backfat thickness assessed by ultrasound in live animals increased at decreasing protein levels of the diet, whereas carcass weight and slaughter performance were not significantly affected by the diet. Using diets with low-protein content can dramatically reduce (-22%) the nitrogen excretion thus increasing the protein conversion efficiency.

3. Introduzione

La Pianura Padana è un territorio molto vocato per l'allevamento suinicolo. Ne è conferma il fatto che più dell'80% dei suini allevati in Italia è concentrato proprio nelle 4 regioni più estese della Valle del Po (Lombardia, Emilia-Romagna, Piemonte e Veneto) (ISTAT, 2009). Tale densità determina un notevole accentuamento dell'impatto ambientale degli allevamenti. L'elevata quantità di deiezioni prodotte, 50.000.000 m³/anno (MURST, 2000), in ambiti territoriali relativamente limitati, non ha la possibilità di essere utilizzata nella sua totalità come fertilizzante senza causare potenziali problemi d'inquinamento. La situazione è resa ancor più difficile, per gli allevatori, con l'entrata in vigore della direttiva nitrati (91/676) che norma l'utilizzo dei reflui d'allevamento a scopi agronomici, fissando i quantitativi massimi di azoto da utilizzare per la concimazione a 170 kg/ha nelle zone vulnerabili e in 340 kg/ha nelle zone non vulnerabili. Si fissano inoltre una serie di divieti spaziali e temporali, in particolare per lo stoccaggio e per lo spargimento su terreni in pendenza o vicino ai corsi d'acqua, con periodi di sospensione durante i mesi invernali.

3.1 Reflui: impieghi agronomici e trattamenti

Sin dall'antichità, le deiezioni sono sempre state utilizzate come fertilizzante. Negli ultimi decenni, però, l'intensivizzazione dell'agricoltura e dell'allevamento, ed in particolare la diffusione dei concimi chimici, l'aumento della dimensione media delle stalle e la loro concentrazione nelle zone più vocate, hanno fatto diventare, le deiezioni animali, più che una risorsa, un problema. Buona parte delle aziende zootecniche dell'Italia settentrionale si trova nella situazione di non avere terreno a sufficienza per utilizzare correttamente, come concime, i reflui zootecnici, e di doversi preoccupare del loro smaltimento. Per queste aziende va esclusa da subito la possibilità di ridurre il numero di capi allevati per limitare il volume dei reflui prodotti, dato che difficilmente le aziende di piccole dimensioni riescono a restare sul mercato, e lo prova il fatto che, in soli 10 anni (tra il 1990 ed il 2000), si è passati da 23,5 a 44,1 capi allevati/azienda a livello nazionale, ed il fenomeno è ben più accentuato proprio nelle regioni della Pianura Padana. Per gli allevatori risulta molto difficile anche reperire nuove superfici agricole data, fra l'altro, la progressiva ed inesorabile riduzione della SAU a livello nazionale (meno 12,2% fra il 1990 ed il 2000; ISTAT, 2000). Il legislatore ha, però, individuato proprio nell'utilizzo agronomico la miglior soluzione allo smaltimento dei liquami. Questo impiego è particolarmente complesso, proprio nel caso dell'allevamento

suinicolo, che produce tra le attività zootecniche, i reflui di più difficile gestione a causa del loro povero contenuto di sostanza secca, ma in rapporto a questa ricchi d'azoto e fosforo. La possibilità di ridurre la produzione di deiezioni, mediante la diminuzione del numero di capi, è sconsigliata, non solo per gli allevatori, ma per l'intero sistema produttivo. Nel nostro paese, infatti, il tasso d'auto approvvigionamento di carne suina si sta riducendo progressivamente, scendendo nel 2009 al di sotto del 70% (ANAS, 2010). Il mercato italiano non può, però, dipendere eccessivamente dalle importazioni, dato che tutti i salumi tradizionali sono da sempre prodotti con una "materia prima" altrettanto tradizionale e cioè il suino pesante. Si tratta di un animale, allevato in Italia da oltre il 90% delle aziende suinicole (Corradini, 2007), caratterizzato da un peso vivo di macellazione di 160 kg ad un'età minima di 9 mesi. Questo porta all'ottenimento di carcasse caratterizzate da un buon grado di marezza e da prosciutti di grosse dimensioni, proprietà dalle quali non si può prescindere se si vuole continuare a produrre salumi d'alta qualità.

Diverse sono state, quindi, le proposte per tentare di risolvere o almeno di limitare i problemi determinati da quest'errato rapporto tra il numero di animali allevati e la superficie disponibile allo smaltimento delle deiezioni. Si è puntato, in particolare, sui trattamenti degli effluenti volti al miglioramento della capacità fertilizzante e/o all'abbattimento della concentrazione di alcuni inquinanti. La separazione liquido/solido, ad esempio, permette di ottenere una frazione chiarificata ed una densa o palabile a seconda del dispositivo adottato, che possono essere gestite dall'allevatore in modo diverso sulla base delle loro differenti concentrazioni in sostanza secca e nutrienti. La parte liquida può subire poi un processo d'aerazione che favorisce la deodorizzazione della massa e la volatilizzazione dell'ammoniaca. La frazione solida può, invece, seguire due strade: essere stoccata ed impiegata poi come fertilizzante, data tra l'altro la buona percentuale di sostanza organica, e più in particolare di azoto organico, e quindi a lento rilascio (65-80% dell'azoto totale; Piccinini, 2001); oppure può subire un trattamento aerobico che determina una forte riduzione volumetrica delle deiezioni, e la formazione di un compost con elevate proprietà ammendanti ed un buon mercato. Un altro trattamento che sta trovando sempre più spazio negli allevamenti, è la digestione anaerobica che viene effettuata su liquami freschi e porta alla degradazione della sostanza organica, alla stabilizzazione dei liquami e alla produzione di biogas, e quindi ad ottenere energia considerata pulita, da cui l'allevatore può ricavare una buona integrazione al reddito. Questi interventi difficilmente, però, possono risolvere da soli il problema dell'inquinamento, dato che non si è ancora riusciti a trovare un sistema in grado di eliminare le sostanze inquinanti dagli effluenti zootecnici. I trattamenti aerobici favoriscono,

infatti, la liberazione nell'atmosfera d'odori sgradevoli, ammoniaci, acido solfidrico e di alcuni gas serra come il metano e gli ossidi di azoto; mentre la digestione anaerobica porta alla formazione di fanghi difficilmente smaltibili in quanto contengono, in forma molto concentrata, tutti, o quasi, gli inquinanti delle deiezioni di partenza. Si devono quindi prendere in considerazione tecniche radicalmente diverse, per risolvere a monte il problema dell'impatto ambientale, andando cioè a limitare la produzione delle deiezioni o meglio il loro potere inquinante.

3.2 Elementi di criticità ambientale

Le attività zootecniche sono responsabili dell'immissione nell'ambiente di diverse sostanze potenzialmente dannose per il suolo (accumulo nutrienti, metalli pesanti e farmaci, acidificazione), l'acqua (eutrofizzazione, inquinamento delle falde) e l'aria (riscaldamento globale, emissione di odori). Tra queste sostanze vi è l'ammoniaca (NH_3), un composto gassoso che si origina principalmente dall'urea. Dal momento in cui le feci vengono a contatto con l'urina, l'enzima dell'ureasi, prodotto da diversi microrganismi presenti solo nelle feci, induce una rapida degradazione dell'urea in anidride carbonica ed ammoniaca che volatilizza facilmente nell'aria. Successivamente questo gas può ricadere nel terreno attraverso le precipitazioni (piogge acide) o sottoforma di deposizione secca nelle zone circostanti la fonte d'immissione determinando l'acidificazione del suolo. Questo avviene in quanto nel suolo, l'ammoniaca, attraverso il processo di nitrificazione, viene trasformata in nitrato (NO_3) cedendo ioni idrogeno. Il processo d'acidificazione del suolo può causare, oltre ai danni diretti alle colture, anche problemi secondari all'ecosistema in quanto favorisce la mobilizzazione dell'alluminio. Vi sono anche altri composti, di origine zootecnica, che hanno un ruolo importante nell'acidificazione del terreno, come gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi d'azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC). Le emissioni d'ammoniaca in atmosfera sono in rapido aumento (18,8 milioni di tonnellate di N/anno alla fine del 19° secolo, 56,7 milioni di t N/anno all'inizio degli anni '90, ed è stato previsto di raggiungere i 116 milioni nel 2050; Galloway et al., 2004) e gli allevamenti zootecnici contribuiscono al 64% delle emissioni di ammoniaca antropogenica (FAO, 2006). Altro composto azotato motivo di preoccupazione dal punto di vista ambientale è il nitrato, uno ione mobile non trattenuto dal terreno, che può essere dilavato dall'acqua di percolazione e raggiungere le falde. A seguito dello spandimento di quantità eccessive di deiezione animali e concimi minerali sui terreni agricoli, i nitrati, nell'acqua di falda, possono raggiungere concentrazioni ben superiori a quelle fissate dall'Unione Europea per l'acqua potabile (50 mg/l) e provocare seri danni alla

salute umana (metaemoglobinemia infantile e cancro allo stomaco) ed animale. I nitrati, inoltre, sono tra i principali responsabili dell'eutrofizzazione, un processo che determina un eccessivo sviluppo delle alghe, con conseguente rapido incremento della mortalità fra i pesci. L'altro grande responsabile dell'eutrofizzazione è il fosforo, un elemento che si trova, negli alimenti di origine vegetale, per circa $\frac{2}{3}$ in forma organica legato all'acido fitico, il che lo rende difficilmente utilizzabile dai suini. L'acido fitico viene degradato dalla fitasi, un enzima che non viene secreto dall'apparato digerente dei mammiferi, e quindi una quota importante del fosforo viene escreta tramite le feci. Questo minerale, a differenza dei nitrati, si lega alle particelle di terreno ed è quindi difficilmente dilavabile, ma può essere trasportato tramite il ruscellamento fino ai corpi idrici e causare l'eutrofizzazione.

Il problema ambientale che suscita maggior preoccupazione nell'opinione pubblica, negli ultimi anni, è il riscaldamento globale. La zootecnia, in questo fenomeno, ha un ruolo importante, in quanto è considerata l'attività umana che determina la maggior produzione di gas serra (GHG); infatti, è responsabile del 18% delle emissioni di questi gas misurati in equivalenti di CO₂. Produce circa il 9% dell'anidride carbonica antropogenica, ma è anche responsabile delle emissioni di una buona parte dei gas a più alto potenziale di riscaldamento globale (GWP). L'allevamento è, infatti, responsabile dell'emissione del 37% di metano antropogenico, gran parte dalle fermentazioni ruminali, che ha un GWP 23 volte la CO₂, e del 65% dell'ossido di diazoto antropogenico (296 volte la GWP dell'anidride carbonica) (FAO, 2006). Altre sostanze dannose, sia per l'ambiente sia per la salute umana, sono alcuni metalli (Cu, Zn, Cd, Cr, Ni e Pb) che si possono trovare in elevate concentrazioni nelle deiezioni suine, in particolare dei suinetti, e si accumulano negli strati superficiali del terreno diventando fonte di rischio per lo sviluppo delle piante e per la salute umana. Tutte queste sostanze sono, come detto, di difficile eliminazione dagli effluenti; per questo la soluzione ideale per ridurre il loro impatto sull'ambiente sarebbe quella di limitarne l'ingresso nel ciclo produttivo rendendone più efficiente l'impiego. Si può, ad esempio, limitare l'utilizzo dei farmaci agli effettivi casi di necessità e lo stesso può valere per le integrazioni minerali. Per quel che riguarda il fosforo, è possibile ridurre l'impiego contenendo il suo rilascio tramite le deiezioni nell'ambiente, e nel contempo, aumentarne la disponibilità mediante l'impiego delle fitasi ottenendo in questo modo anche dei discreti miglioramenti nelle performance d'allevamento (Russo et al., 1995).

3.3 L'efficienza alimentare: una soluzione possibile

Le sostanze azotate, dannose sia per l'ambiente sia per le tasche degli allevatori, dato che le limitazioni imposte dalla direttiva nitrati sullo spargimento delle deiezioni si basano proprio sul loro contenuto in azoto, derivano essenzialmente dalla componente proteica della razione. Bisogna considerare, infatti, come in media solo il 35% delle proteine della dieta entri a far parte del corpo dell'animale, mentre il 65% si disperda nell'ambiente. Questo dato, ottenuto da Dourmad et al. (1994) in uno studio su 100 scrofe con un peso massimo di 100 kg, diviene, nel caso del suino pesante ancor più negativo, dato che l'efficienza proteica si riduce ulteriormente a seguito della più bassa ritenzione azotata che si riscontra negli animali di peso elevato. Diversi autori, infatti, ritengono come per i suini all'ingrasso la resa dell'azoto si aggiri attorno al 20% (Verstegen, 2002; Rossi et al., 2005 e Della Casa, 2006). La parte d'azoto non trattenuta viene eliminata attraverso le feci (20-25%) e le urine (75-80%) (Mordenti et al., 1995; Pacchioli, 2002). Per ottimizzare l'efficienza di utilizzazione dell'azoto in funzione del fabbisogno proteico, e quindi, ridurre l'escrezione azotata, si dovrebbe aumentare la digeribilità delle proteine, per ridurre la parte d'azoto persa tramite le feci, ma soprattutto limitare gli eccessi proteici nella dieta, per ridurre l'azoto escreto tramite le urine. Quest'ultimo va, infatti, considerato come l'obiettivo principale, non solo perché quantitativamente superiore, ma soprattutto perché si tratta della quota d'azoto a più alto rischio, dato che vi si trova prevalentemente in forma solubile, e quindi, più pericolosa per l'inquinamento dell'acqua e dell'aria.

Per raggiungere questo obiettivo, sarebbe conveniente effettuare un razionamento più mirato alle effettive esigenze nutrizionali e adeguare progressivamente la composizione dei mangimi ai fabbisogni dell'animale. Da qui l'importanza dell'alimentazione per fasi, dato che all'aumentare del peso vivo, si ha una riduzione della sintesi proteica e delle esigenze minerali per la composizione dello scheletro. Dai dati riportati dal CORPEN (2003), si può notare come, utilizzando un'alimentazione bifase si possa ottenere una riduzione dell'escrezione d'azoto del 17%, questa riduzione dipende dal fatto che, in un'alimentazione a fase unica, gli apporti proteici, e non solo, sono legati ai fabbisogni maggiori. Va però sottolineato come questa tecnica risulti conveniente fino all'impiego di 2-3 mangimi per ciclo d'ingrasso. Un metodo che permette di variare la composizione della dieta, anche settimanalmente, è quello che prevede di mescolare due diete a diversa formulazione, ed in particolare a diverso tenore proteico, in proporzioni variabili. Bourdon et al. (1997), in uno studio in cui utilizzano questa strategia d'alimentazione multi-fase, ottengono una riduzione dell'escrezione d'azoto di circa il 50%, senza influenzare le performance d'allevamento e la qualità della carcassa. Se si pensa

che questi studi sono stati fatti su suini leggeri, si può ben capire come, nella realtà italiana, la suddivisione in più fasi del ciclo d'ingrasso, con diete il più possibile vicine ai fabbisogni nutritivi, sia un punto indispensabile per ottenere una riduzione non solo delle escrezioni azotate ma anche dei costi alimentari.

Andando poi ad osservare secondo quali criteri sono effettivamente alimentati i suini all'ingrasso, ci si rende conto di come sia possibile ottenere una notevole riduzione delle escrezioni azotate attraverso l'alimentazione, in particolare limitando il tenore proteico della dieta a quelle che sono le effettive esigenze degli animali. In uno studio, che riunisce i dati provenienti dai controlli sull'alimentazione dei suini allevati per la produzione di prosciutti DOP, (Spanghero e Fabbro, 2009), si può notare come, molto spesso, gli allevatori tendano ad eccedere con la componente proteica riducendo così l'efficienza della dieta. Gli autori, infatti, mettono in evidenza come, per quel che riguarda la concentrazione proteica dei mangimi somministrati a partire da 80 kg di peso, la prevalenza dei campioni si concentra nell'area prossima al limite massimo (18% come da disciplinare) e in molti casi lo superano. Anche Schiavon et al. (1997), in un'indagine condotta su 14 allevamenti di suini all'ingrasso, hanno messo in luce come le diete utilizzate non sempre siano legate alle esigenze degli animali, evidenziando come ci siano notevoli margini d'intervento sulla composizione delle razioni allo scopo di ridurre il potere inquinante degli effluenti zootecnici. Gli autori hanno, inoltre, riscontrato come, il contenuto di proteina grezza nella dieta nella prima fase, sia in media del 16,9% ma con notevoli variazioni spesso non coerenti con l'incremento del peso vivo né con il valore biologico della proteina.

3.4 Precedenti studi sulle diete ipoproteiche

Le ricerche svolte finora sulla riduzione del tenore proteico, nella dieta del suino pesante, hanno evidenziato come la diminuzione dell'apporto proteico indifferenziato (integrando la dieta con aminoacidi limitanti) determini una riduzione dell'azoto escreto senza penalizzare le prestazioni produttive degli animali. Piva e Mordenti (1995) da uno studio su 72 suini alimentati con una dieta con il 16% in meno di proteina rispetto alla dieta di controllo, per quel che riguarda il periodo fra gli 80 e i 140 kg di peso vivo, ottengono una riduzione dell'escrezione azotata del 27%. In seguito in un ciclo d'ingrasso che andava dai 40 ai 160 kg, riducendo il contenuto proteico del 25%, ottengono una riduzione dell'escrezione d'azoto del 35%. In entrambi i casi, le performance d'allevamento e la qualità delle carcasse non sono risultate influenzate dalla riduzione del contenuto proteico della dieta. Va però sottolineato come in questo studio il fabbisogno di lisina, stabilito sulla base della proteina

ideale secondo INRA (1989), sia stato coperto mediante integrazione con L-lisina di produzione industriale. Vi sono anche altri studi nazionali (Parisini et al., 1991; Bonomi et al., 2002) che hanno confrontato diete con diversi tenori proteici, sempre integrate con aminoacidi di sintesi in modo che la riduzione proteica avvenga a parità di apporti in aminoacidi essenziali, non riscontrando in alcun caso differenze significative nelle prestazioni produttive. Un altro lavoro (Fabbri et al., 2009) confronta, in due cicli d'allevamento, diete a diverso contenuto di proteina grezza sostituendo la farina d'estrazione di soia con farina d'orzo e aminoacidi di sintesi, parzialmente nel primo ciclo e completamente nel secondo. Qui, mediante la quantificazione dell'azoto somministrato attraverso il mangime e la stima dell'azoto ritenuto dall'animale, gli autori hanno quantificato l'azoto escreto. Ottenendo, nel primo ciclo, una riduzione media del 21,9%, mentre nel secondo del 37,9%. Hanno inoltre verificato come, mediante l'utilizzo delle diete ipoproteiche, si possa ottenere una riduzione del volume dei liquami prodotti (9,5% nel primo ciclo, 11,3% nel secondo), a seguito dei maggiori fabbisogni metabolici d'acqua, per l'escrezione dell'azoto per via urinaria, da parte dei maiali alimentati con la dieta standard. Infine hanno rilevato, mediante dei monitoraggi della qualità dell'aria, una riduzione del fattore medio di emissione di ammoniaca di circa il 26% nella prima sperimentazione e del 55% nella seconda. Le et al. (2007) ritengono che la proteina contenuta nella dieta sia il principale precursore, non solo dell'ammoniaca, ma anche degli odori prodotti dagli allevamenti suini. In un loro studio dimostrano come, una riduzione del livello proteico dal 18% al 12%, riduca l'emissione di ammoniaca del 53% e, utilizzando un olfattometro, rilevano una riduzione dell'odore dell'80%.

Gli studi che sono stati effettuati sulla possibilità di ridurre la percentuale di proteina nella dieta si sono basati essenzialmente sulla convinzione che il livello di ritenzione proteica nel suino pesante sia molto contenuto rispetto ai dati forniti sul suino leggero (Whittemore et al., 2001a,b; Tagliapietra et al., 2005; Ringel e Susenbeth, 2009). Ad esempio, Manini et al. (1997) in uno studio su animali tra gli 80 e i 160 kg di peso vivo, fanno notare come il picco di ritenzione azotata giornaliera, si abbia attorno ai 100 kg con 17,57 g/d, che corrispondono a 109,81 g/d di proteina, e scenda poi a 16,45 g/d (102,81 g/d di proteina) a 140 kg e a soli 15,39 g/d (96,19 g/d di proteina) a 160 kg di peso. Whittemore (1993), basandosi sui dati provenienti da un esperimento eseguito ad Edimburgo su maschi interi "non migliorati", indica che la ritenzione proteica giornaliera sia in media di ben 144 g/d nella fase fra i 20 e i 150 kg di peso. Questi studi evidenziano come fino ad oggi, per la formulazione delle diete dei suini all'ingrasso, ci si sia basati su fabbisogni azotati nettamente superiori a quelli

effettivi. Da qui la possibilità di ridurre il contenuto proteico della razione limitando nel contempo anche l'integrazione aminoacidica, e quindi il costo dell'alimentazione.

4. Obiettivi

Il presente lavoro fa parte di un progetto di ricerca più ampio finalizzato a verificare gli effetti di livelli decrescenti di proteina e aminoacidi essenziali sulle prestazioni in vita, sulle caratteristiche delle carcasse, anche in termini di tagli commerciali e idoneità delle cosce alla trasformazione industriale del suino pesante. In questa tesi, analizzando i risultati di due prove sperimentali, si intendono verificare gli effetti di livelli decrescenti di proteina e aminoacidi sulle prestazioni in vita del suino pesante (100-170 kg PV) e su alcuni parametri di qualità delle carcasse. Accanto alla valutazione delle prestazioni produttive si desidera quantificare l'entità della riduzione delle escrezioni di azoto attese impiegando metodologie di bilancio di massa.

Più in specifico, si intende verificare l'effetto di sostituzione della farina di estrazione di soia (alimento che contribuisce sostanzialmente al costo formula) con farine di cereali ipotizzando che la minore disponibilità di proteina e la maggiore disponibilità di amido possano promuovere una maggiore deposizione di grasso, migliorando così l'attitudine alla trasformazione, senza penalizzazione delle prestazioni di crescita. I risultati attesi potranno essere utili per la pubblica amministrazione e per il mondo operativo al fine di individuare soluzioni di allevamento più sostenibili dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale.

5. Materiale e Metodi

5.1 Animali

Le attività di ricerca sono state condotte presso l'allevamento del Dipartimento di Scienze Animali a Legnaro (PD), dove sono stati effettuati due cicli d'ingrasso successivi. Prima dell'arrivo nel centro sperimentale i suini di ciascun ciclo sono stati allevati presso il Centro riproduzione scrofette Goland di Todi (PG) della ditta Gorzagri. In questo allevamento gli animali sono stati alimentati con tre diversi mangimi in base allo stato di crescita (Tabella 1). I mangimi utilizzati sono stati razionati in base al peso vivo dell'animale con quantità che andavano da 1 kg al PV di 25-30 kg sino a 2,1 kg al PV di 96 kg. In seguito i suini sono stati trasportati all'allevamento di Legnaro e sono stati suddivisi nei vari box.

In ciascun ciclo di sperimentazione si sono utilizzati 80 suini ibridi del tipo Goland C21, figli complessivamente di nove verri appartenenti a nove diverse famiglie. I suini di ciascun ciclo sono stati suddivisi in 8 gruppi da 10 soggetti ciascuno e distribuiti secondo lo schema in figura 1. Ogni gruppo è stato costituito seguendo criteri di omogeneità per classe di peso, età e sesso, ma anche tenendo conto della necessità di avere almeno 2 figli dello stesso verro nei differenti trattamenti alimentari. I gruppi così formati sono stati assegnati casualmente alle 4 tesi sperimentali previste. In ogni ciclo ciascun trattamento sperimentale è stato testato su due box diversi. Dopo qualche giorno d'adattamento alle strutture e alla modalità di distribuzione del mangime, hanno avuto effettivo inizio i trattamenti sperimentali.

5.2 Trattamenti sperimentali

Le quattro tesi sperimentali hanno riguardato la somministrazione di 4 linee di mangimi caratterizzate da contenuti decrescenti di farina di estrazione di soia sostituita da farina di frumento tenero (Tabella 2). Nell'ambito di ciascuna linea si sono formulati due mangimi, il primo riservato per intervalli di peso vivo compresi tra 100 e 130 kg, il secondo per pesi vivi compresi tra 130 e 170 kg. Le diverse linee di mangimi sono state formulate in modo da confrontare un livello proteico "convenzionale" (A), mediamente intorno al 13,9% di PG, uno intermedio (M) con contenuti medi di PG pari a 12,7%, uno basso (B) in cui il livello di PG era in media 11,7%, ed uno molto basso (BB) con contenuto medio di PG medi di 11,2% (Tabella 3).

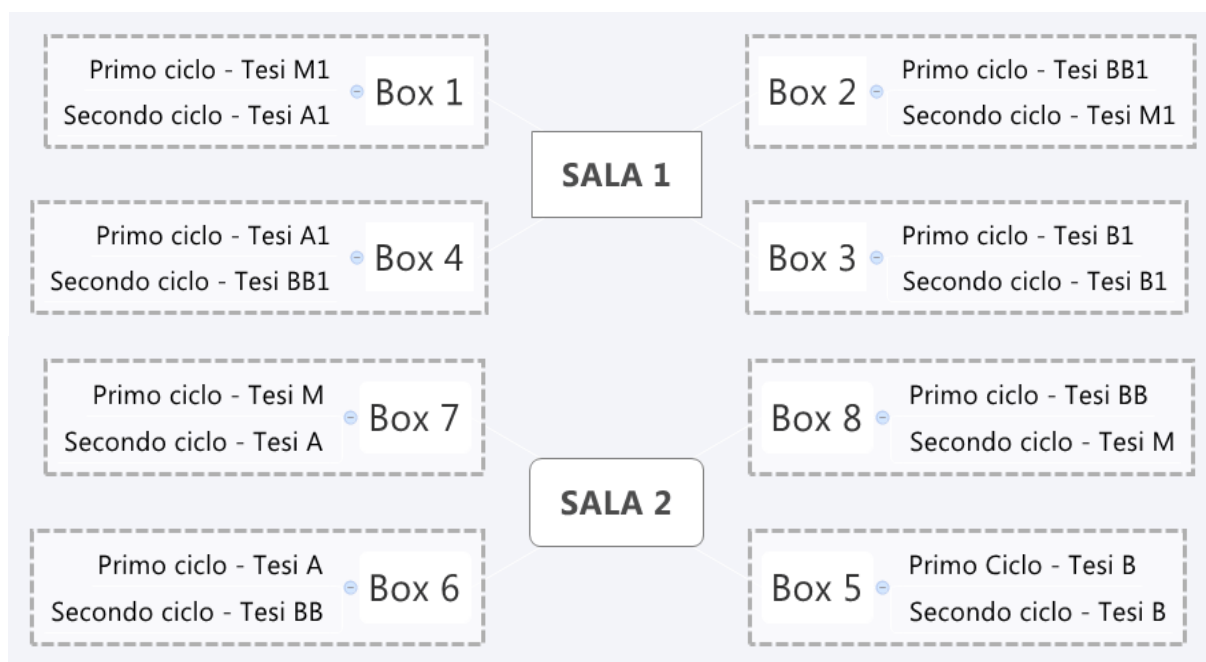


Figura . Distribuzione dei box nei due cicli della prova.

Nella pratica i mangimi vengono formulati assumendo che la composizione della proteina ideale sia quella in genere indicata per il suino leggero. In tabella 4 sono riportate le percentuali ideali di lisina, treonina, metionina + cistina, triptofano da diverse fonti bibliografiche (INRA, 1989; Wang e Fuller, 1989; Wang e Fuller, 1990; Chung e Baker, 1992; Henry, 1993; Rhone-Poulenc, 1993; NRC, 1998; Close e Cole, 2000). Nella presente sperimentazione, invece, i fabbisogni di aminoacidi sono stati calcolati seguendo il metodo di Fuller et al. (1989) (Tabella 5) tenendo presente i fabbisogni di mantenimento e i fabbisogni per una crescita proteica intorno ai 100 g/d. Il livello di lisina, e degli altri aminoacidi, in rapporto alla proteina è stato quindi mantenuto intorno a 4,9% per i mangimi della prima fase e 4,3% per i mangimi della seconda fase. Questi valori sono molto al di sotto di quelli normalmente utilizzati nella pratica di razionamento che difficilmente scendono al di sotto del 7%. Va aggiunto che, piccole aggiunte di aminoacidi sono state effettuate per garantire lo stesso profilo aminoacidico della proteina delle 4 razioni sperimentali, nonostante la riduzione del livello proteico. Le diete utilizzate nel corso della prova sono risultate isoenergetiche in termini di energia netta (EN). I mangimi sono stati realizzati presso lo stabilimento di San Pietro in Gù di Veronesi Mangimi spa.

In merito alla quantità di mangime distribuite durante il corso dell'accrescimento si sono utilizzati i piani alimentari indicati dalla Veronesi spa (Tabella 6) che hanno previsto un graduale aumento delle quantità somministrate a partire da 2,4 kg/d a circa 100 kg PV fino a

3,1-3,2 kg/d. Le quantità di mangime a disposizione degli animali veniva fissata dalla stazione di alimentazione, mentre gli effettivi consumi alimentari sono stati misurati in base alle registrazioni individuali raccolte quotidianamente.

5.3 Strutture di stabulazione



Figura 3. Lettore manuale di transponder.

Figura . Stazione di auto alimentazione.

L'allevamento in cui si sono svolte le prove dispone di due sale costituite ciascuna da 4 box di 20 m² di superficie utile in grado di ospitare anche più di 10 suini. La pavimentazione dei box è parzialmente grigliata (rapporto grigliato/pieno pari a 28%). Ogni box è dotato di una stazione di autoalimentazione (Schauer Agrotonic GmbH, Prambachkirchen, Austria) (Figura 2) in grado di individuare l'accesso alla mangiatoia dei singoli animali, riconosciuti mediante un transponder auricolare (Figura 3), inoltre queste stazioni sono in grado di registrare tutti i dati relativi alle visite (numero, durata e quantità di mangime consumato) essendo collegate con un computer dotato di un software di archiviazione dei dati. Nel rispetto delle norme sul benessere animale, ai suini è stato garantito, per tutta la durata della prova, il libero accesso all'acqua d'abbeverata. Le deiezioni sono state raccolte in una fossa sottostante, svuotata al termine d'ogni ciclo d'ingrasso.

5.4 Controlli e trattamenti sanitari

Nel corso della prova sono stati eseguiti rilievi giornalieri riguardo lo stato di salute degli animali, gli accessi alla mangiatoia e i consumi alimentari di tutti gli animali in prova. Si sono riscontrati, durante entrambi i cicli d'ingrasso, alcuni problemi respiratori e agli arti. I capi che manifestavano i sintomi di malattie respiratorie (bronchiti), sono stati trattati con Nuflor (15 mg/kg PV, p.a.: Florfenicolo), mentre le artriti, che erano determinate da cause infettive o individuali (decubito, traumi) sono state trattate con un farmaco cortisonico (Dexadreson, 0,06 - 0,15 mg/kg PV, p.a.: Desametasone). Nei casi in cui le artriti non si siano

risolte con il cortisone, e vi siano stati evidenti sintomi d'infezione a livello articolare (presenza d'ascessi), i suini sono stati trattati con Tylan (4 - 10 mg/kg PV, p.a.: Tilosina).

Nel corso del primo ciclo di sperimentazione tre animali sono deceduti. Di questi un paio di soggetti sono morti a causa di complicazioni respiratorie dovute alla polmonite, mentre il rimanente è morto a causa della torsione della milza che ha determinato la rottura di un vaso ed il successivo dissanguamento. Un suino è stato escluso dalla prova a causa di una grave zoppia. Gli animali deceduti o esclusi dalla prova appartenevano ai gruppi: M (1 suino) e B (3 suini).

Durante il secondo ciclo un animale è deceduto a causa di una setticemia, mentre un altro è stato allontanato dalla sperimentazione a causa di una frattura traumatica all'arto anteriore. Gli animali morti appartenevano al gruppo M.

5.5 Rilievi di peso vivo e spessore del lardo dorsale



Primo ciclo

Figura 4. Bilancia elettronica.

Nel primo ciclo di prova gli 80 suini allevati erano suddivisi in 44 maschi castrati e 36 femmine intere. Gli animali sono stati pesati all'arrivo e il loro peso vivo medio è risultato essere di $92,9 \pm 8,5$ kg. Dopo alcuni giorni di adattamento ha avuto effettivamente inizio la prova ad un peso vivo medio di $100,8 \pm 8,81$. A fine ciclo il peso vivo di macellazione era di $167,3 \pm 10,3$ kg. Il periodo di permanenza in stalla degli animali è stato di 114 giorni (di cui 102 ± 2 di prova), dal 30/06/09 al 22/10/09, suddivisi in due fasi: prima fase della durata di 40 ± 2 giorni (fino a $130 \pm 9,6$ kg), seconda fase di 62 giorni (fino alla macellazione), nel corso

delle quali sono state somministrate le due diete a diversa formulazione. I suini sono stati pesati, mediante una bilancia elettronica a singola gabbia della Gong (Figura 4), all'arrivo e poi periodicamente per un totale di 10 volte. Inizialmente le pesate sono state eseguite a cadenza settimanale, in seguito, dato il miglior adattamento dei suini alle nuove strutture e alle stazioni di autoalimentazione, si è passati ad una cadenza quindicinale. Durante le pesate è stato misurato lo spessore del grasso dorsale nei punti L1 ed L2 mediante un rilevatore ad ultrasuoni (Renco Lean Meter, Figura 5). Il punto L1 è localizzato all'altezza dell'ultima costola a circa 3 cm dalla linea mediana, mentre L2 si trova in una posizione intermedia tra L1 e la sommità dell'ileo (L3).

Secondo ciclo



Figura 5. Misurazione dello spessore del lardo dorsale.

Per la realizzazione del secondo ciclo della prova sono stati allevati 39 maschi castrati e 41 femmine intere. Gli animali sono stati seguiti dal peso vivo medio di $90,3 \pm 11,9$ kg, all'età di $165,6 \pm 0,7$ giorni, e dopo 10 giorni di adattamento ha avuto inizio la prova ($97,7 \pm 11,0$ kg) che si è protratta fino al peso vivo di macellazione di $169,3 \pm 9,8$ kg, ad un'età media di $287,6 \pm 0,7$ giorni. Il periodo della prova è coinciso con una stagione invernale, dal 23/11/09 al 25/03/10, e la temperatura nelle sale è stata mantenuta in genere tra i 16 e i 18 °C.

Il periodo di permanenza in stalla degli animali è stato di 122 giorni (di cui 112 di prova effettiva), suddiviso in due fasi: prima fase della durata di 48 giorni (fino a $128,8 \pm 10,1$ kg), seconda fase di 64 giorni (fino alla macellazione). Nel corso di ciascuna fase sono state somministrate diete a diversa formulazione. I suini sono stati pesati individualmente 8 volte durante la prova (comprese quelle di inizio e fine prova), in media ogni due settimane. Ad ogni pesata è stato inoltre misurato lo spessore del grasso dorsale nei punti L1 ed L2.

5.6 Macellazione

Una volta completati i cicli d'ingrasso della prova, i suini, sono stati messi a digiuno per 36 ore. In seguito gli animali sono stati pesati individualmente e trasportati al macello. I suini, di entrambe le prove, sono stati macellati presso lo stabilimento Uanetto & C. di Castions di Strada (UD). Durante le operazioni di macellazione e sezionatura, per ogni suino, sono stati raccolti i dati riguardanti il peso: della carcassa (divisa in mezzene), della testa, della gola, del lardo, delle spalle, della pancetta, del lombo, del collo, della costata e delle cosce, inoltre è stato misurato il lardo dorsale e lombare, tramite un calibro, nei punti di massimo e di minimo spessore.

5.7 Analisi chimiche

I campioni dei diversi mangimi utilizzati nelle prove sono stati analizzati per umidità, ceneri, proteina grezza, amido, lipidi e fibra seguendo le metodiche AOAC (2002). Il contenuto di aminoacidi (Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina, Triptofano), come pure quello dei macro elementi minerali, è stato calcolato impiegando dati tabulari per le diverse materie prime (Sauvant et al., 2004) e la composizione alimentare delle diete.

5.8 Bilancio dell'azoto

Il bilancio dell'azoto è stato effettuato seguendo le metodologie proposte da ERM/AB-DLO (1999) e ERM (2001); si è cioè determinato l'N escreto come differenza tra l'N ingerito mediante l'alimento e l'N ritenuto nell'accrescimento. Per la determinazione dell'azoto ingerito, si sono utilizzati i dati relativi ai consumi giornalieri di mangime ed i contenuti proteici delle razioni impiegate, che sono stati ricavati dalla media dei valori di proteina grezza dei mangimi utilizzati, basandosi sui giorni d'effettivo impiego. La ritenzione azotata è stata calcolata assumendo un contenuto di N pari a 24 g per kg d'accrescimento (Bittante et al., 1990). Per evidenziare ancor meglio questi risultati, si è infine proceduto alla determinazione dell'efficienza di ritenzione azotata, come rapporto tra N ritenuto nel prodotto ed N ingerito.

5.9 Analisi statistica

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata utilizzando la PROC GLM del SAS (1996) con il seguente modello:

$$y = \mu + C_i + T_j + B_k + S_l + P_m + T \times S_{jl} + P \times T_{mj} + e_{ijklm}$$

dove: μ = media generale; C_i = effetto dovuto al ciclo ($i = 1, \dots, 2$); T_j = effetto della tesi ($j = 1, \dots, 4$); B_k = effetto dovuto al box ($k = 1, \dots, 16$); S_l = effetto dovuto al sesso ($l = 1, \dots, 2$); P_m = effetto dovuto al padre ($m = 1, \dots, 9$); $T \times S_{jl}$ = effetto dell'interazione tra T e S; $P \times T_{mj}$ = effetto dell'interazione tra P e T; e_{ijklm} = errore casuale residuo.

6. Risultati

6.1 Composizione mangimi

In tabella 3 sono riportati i risultati delle analisi chimiche dei mangimi. I valori di proteina grezza, ottenuti dall'analisi dei mangimi con il metodo Kjeldahl, sono risultati essere per le diete A, M, B e BB rispettivamente di 14,6%, 13,4%, 12,2% e 11,7%, per la prima fase della prova e di 13,1%, 12%, 11,2% e 10,7% per la seconda fase. La riduzione del tenore proteico è dovuta, come detto, alla graduale esclusione della f.e. di soia dalla dieta, sostituita con frumento, operazione che ha portato ad un incremento della percentuale di amido passata dal 41,9% al 45,5% nella prima fase, e dal 44,8% al 47,6% nell'ultima parte della prova. Sono risultati, invece, pressochè costanti i valori di lipidi, fibra e ceneri. Si può osservare come il contenuto in lisina si sia ridotto sensibilmente dalla dieta A alla dieta BB, rimanendo però costante in rapporto al tenore proteico, pari al 4,9% nei mangimi della prima fase e al 4,3% per quelli della seconda. Le concentrazioni di minerali come calcio e fosforo sono rimaste costanti nelle diverse diete, mentre il potassio è risultato essere meno concentrato nelle razioni a basso tenore proteico. Il contenuto di questi elementi minerali è, però, diminuito nella seconda fase rispetto alla prima. Questo è un aspetto da non sottovalutare, dato il potenziale inquinante di queste sostanze, sia perchè influenzano i consumi d'acqua e quindi il volume delle deiezioni, sia perchè, se presenti nelle diete in quantità notevoli, possono, in particolar modo il fosforo, inquinare il terreno e le acque superficiali. Il valore energetico stimato delle diete è stato mantenuto il più possibile costante, ed è risultato essere nella prima fase di 3.066 kcal/kg SS di EM e di 2.257 kcal/kg SS di EN, mentre nella seconda fase è stato di 3.081 kcal/kg SS di EM e di 2.272 kcal/kg SS di EN.

6.2 Prestazioni produttive

I risultati relativi alle prestazioni produttive sono riportati nelle tabelle 7 e 8. Il ciclo non ha avuto alcun effetto significativo sui pesi iniziale e finale, sull'accrescimento, sui consumi di mangime e sugli indici di conversione. Il peso iniziale medio è risultato pari a 98,0 kg e il peso finale medio pari a 167,4 kg. Mediamente gli animali hanno consumato 2.663,5 kg/d di mangime con un accrescimento giornaliero pari a 0,65 kg/d. Questo valore corrisponde all'obiettivo atteso per il suino pesante in condizioni commerciali, dal momento che il suino alla macellazione deve avere un'età minima di nove mesi e almeno 160 kg di peso

vivo. L'indice di conversione, considerando che il range di peso vivo era piuttosto elevato, è risultato di poco superiore a 4,0 kg mangime/kg accrescimento.

In merito alla significatività degli altri fattori inseriti nel modello si osserva che la tesi ha avuto un effetto significativo ($P = 0,004$) sui consumi di mangime, ma non sulle altre variabili considerate. Come atteso vi sono stati diversi effetti significativi dovuti al box. Il fatto che il peso iniziale sia stato influenzato dal box ($P = 0,001$) può suggerire la necessità di inserire nel modello il peso iniziale come covariata. In ogni caso l'omogeneità del peso iniziale tra box è complicata dal fatto che è stato necessario bilanciare i gruppi per un numero rilevante di fonti di variazione, come pure dall'elevata variabilità dei pesi dei suini all'arrivo nel centro sperimentale.

Il sesso ha avuto effetti significativi ($P < 0,05$) sui pesi iniziali e finali e sui consumi alimentari, ma non sull'accrescimento e sugli indici di conversione. L'effetto padre è risultato significativo sia sui pesi iniziali che su quelli finali ($P < 0,05$), ma non ha avuto alcun effetto sull'accrescimento, sui consumi e sull'indice di conversione.

Per quanto riguarda le medie stimate e la significatività dei confronti tra tesi alimentari, si osserva che differenze significative ($P < 0,01$) si sono osservate esclusivamente per i consumi della tesi di controllo (A), in media pari a 2.598 kg/d, rispetto a tutte le altre tesi, in media pari a 2.685 kg/d (+87 g/d). Tuttavia non si sono avute differenze sugli accrescimenti e gli indici di conversione non sono risultati significativamente diversi.

6.3 Spessori del lardo dorsale

I risultati relativi allo spessore del lardo dorsale misurato in vivo, mediante un rilevatore ad ultrasuoni, sono riportati nelle tabelle 9 e 10. Il ciclo, anche in questo caso, non ha avuto alcun effetto significativo sulle variabili prese in considerazione. Lo spessore del lardo misurato nel punto L1, al termine dei cicli della prova, è risultato essere mediamente pari a 16,6 mm, mentre lo spessore nel punto L2 è stato di 18,9 mm. Le variazioni degli spessori del lardo dorsale nei due punti si riferiscono alla differenza tra i rilevamenti al termine della prova e quelli effettuati alla prima pesata (inizio prova) e sono risultati essere in media di 8,1 mm e di 8,7 mm, rispettivamente per il punto L1 ed L2.

Per quel che riguarda la significatività degli altri fattori inseriti nel modello, il box ha avuto un effetto significativo su tutte quattro le variabili ($P < 0,05$). Il sesso ed il padre non hanno invece determinato differenze significativamente rilevanti sugli spessori del lardo e

sulle loro variazioni nel corso della prova. La tesi alimentare, com'era atteso, ha avuto un effetto significativo ($P < 0,05$) su tutte le variabili analizzate.

A conferma di questo risultato si può notare come, anche i confronti fra le varie tesi alimentari, siano stati nella maggior parte dei casi significativi. In particolare le differenze sono risultate significative in tutti e tre i contrasti tra la tesi di controllo e le diete a minor titolo proteico per quel che riguarda sia il dato finale dello spessore che la sua variazione nel corso della prova del punto L2. Per lo spessore del lardo nel punto L1, i confronti tra tesi sono risultati significativi solo per quel che riguarda le due tesi a minor contenuto proteico rispetto al controllo (rispettivamente: $P = 0,007$ e $P = 0,041$). I valori più bassi si sono ottenuti in tutte le variabili sempre nella dieta a maggior titolo proteico (A), rispetto alla quale le altre diete hanno permesso in media un incremento dello spessore del lardo dorsale superiore di +1,4 mm per il punto L1 e di +1,8 mm in L2.

6.4 Caratteristiche delle carcasse

Per quel che riguarda i dati ottenuti dai rilevamenti effettuati al macello (Tabelle 11 e 12), quelli utilizzati in questa tesi sono stati: il peso della carcassa, la resa al macello e le misurazioni del lardo dorsale e lombare nei punti di massimo e minimo spessore, rispettivamente. Il ciclo ha avuto un effetto significativo sulla resa al macello ($P = 0,001$) ma non sul peso della carcassa né sugli spessori del lardo. Il peso della carcassa è risultato in media pari a 138,4 kg e la resa al macello media è stata del 82,2%. Lo spessore del grasso dorsale è stato, mediamente, di 39,2 mm e di 24,2 mm rispettivamente nei punti di massimo e minimo spessore.

Le tesi alimentari in prova non hanno inciso in maniera significativa in nessuna delle caratteristiche della carcassa analizzate nel presente studio. Ciò è supportato anche dai dati relativi ai confronti tra la tesi A e le tesi ipoproteiche, dove non si hanno differenze significative tanto per i valori relativi al peso della carcassa e alla resa quanto per quelli dello spessore del lardo. Anche se per questi ultimi si può notare come i valori più bassi si abbiano, così com'era successo per le rilevazioni in vivo, nella dieta di controllo.

L'effetto box è stato significativo solo sulla resa al macello ($P = 0,011$). Il sesso ed il padre hanno avuto un effetto significativo sul peso della carcassa ($P < 0,01$), risultato atteso data la significatività per queste variabili riscontrata anche sul peso iniziale e sul peso finale (Tabella 7); ma sono risultati essere significativi ($P < 0,05$) anche sul lardo dorsale nel punto di minor spessore.

6.5 Bilancio dell'azoto

Avendo a disposizione dei dati precisi relativi, non solo agli accrescimenti, ma anche ai consumi alimentari, si è ritenuto interessante determinare, mediante un semplice bilancio dell'azoto, le escrezioni azotate ottenute impiegando le diverse diete in prova. Dalle tabelle 13 e 14 si può osservare come l'azoto ingerito mediante il mangime sia stato, per la dieta BB, di quasi 10 g/capo/d (16,3%) inferiore rispetto alla dieta di controllo (A) nonostante i consumi di mangime di quest'ultima siano stati, come detto, leggermente superiori. Nei confronti tra i valori d'ingestione dell'azoto della tesi A con le altre tre, si ottengono differenze sempre significative ($P < 0,001$). La quantità d'azoto ritenuta negli accrescimenti è risultata simile per tutte quattro le tesi (attorno ai 15 g/capo/d), questo è dovuto al fatto che non ci sono state differenze significative tra gli accrescimenti medi giornalieri (Tabella 7) dato che, per ricavare l'N prodotto, si è utilizzato un valore uguale per tutte le diete (2,4%).

L'N escreto è risultato essere, com'era prevedibile, maggiore nella dieta ad alto tenore proteico (41,29 g/capo/d) a decrescere poi, di pari passo con il titolo proteico, nelle altre diete. Più precisamente la riduzione percentuale è stata del 7,7%, 18,0% e 22,0% rispettivamente per le diete M, B e BB rispetto al controllo. Queste differenze tra la dieta di controllo e le diete a basso titolo proteico sono risultate sempre significative ($P < 0,001$). L'efficienza, determinata come rapporto tra N ritenuto e N ingerito, è passata dal 27% della dieta A al 32% della dieta BB. Anche in questo caso le differenze tra diete sono significative.

In merito alla significatività dei vari fattori inseriti nel modello, si osserva che il ciclo non ha avuto un effetto significativo su nessuna delle variabili in questione mentre le tesi, com'era prevedibile, sono risultate significative ($P < 0,001$) per l'ingestione dell'N, per la sua ritenzione nell'accrescimento e per l'efficienza. Il box ha determinato delle differenze significative per tutte le variabili analizzate mentre il sesso è risultato significativo ($P < 0,001$) per l'ingestione e l'escrezione dell'azoto.

7. Discussione

I risultati ottenuti in questa tesi indicano che l'impiego di diete a ridotto tenore proteico e aminoacidico permette il raggiungimento di prestazioni che possono essere considerate ottimali (AMG = 0,65 kg/d; IC = 4) nell'allevamento del suino pesante. Questa particolare tipologia d'allevamento, sicuramente la più diffusa nel nostro Paese, permette di ottenere un animale adatto alla produzione dei salumi tipici, con un peso vivo di 160 kg e un'età minima di 9 mesi. Per ottenere queste prestazioni si utilizza, a differenza del suino leggero, un'alimentazione razionata che limita la ritenzione degli elementi nutritivi e più in particolare determina una riduzione della sintesi proteica. I dati forniti dalla bibliografia sui fabbisogni del suino all'ingrasso si riferiscono molto spesso al suino leggero data la scarsità di studi internazionali sul suino pesante. Nella presente ricerca per la formulazione dei mangimi, ci si è basati su dei fabbisogni proteici in grado di garantire una deposizione di circa 100 g/d di proteina. L'assenza di effetti significativi sulle prestazioni di crescita e sugli indici di conversione conferma l'ipotesi di questa tesi, ovvero che nella fase finale di crescita la ritenzione corporea di proteina è probabilmente intorno o inferiore ai 100 g/d e che i convenzionali apporti alimentari di proteina sono molto probabilmente in eccesso rispetto ai fabbisogni. Questi valori di ritenzione proteica corrispondono a quelli che si possono ricavare considerando un accrescimento medio di 0,65 kg/d e un contenuto di proteina grezza del kg di crescita pari a circa il 15% ($650 \cdot 0,15 = 97,5$ g/d) e sono in accordo con quanto indicato da Manini et al (1997). Con l'aumento del peso vivo, la quantità di mangime somministrato e quindi di proteina disponibile, aumentano, mentre diminuisce la capacità di ritenzione proteica. Dal punto di vista teorico si osserva quindi che con l'aumentare del peso vivo e delle quantità di mangime somministrato la concentrazione di proteina del mangime dovrebbe diminuire se l'obiettivo è quello di soddisfare i fabbisogni. I risultati di questa teoria sono confermati dai risultati della presente ricerca in cui si è osservato un aumento dell'efficienza di ritenzione proteica dal 27 al 32% (+19%). Dati bibliografici indicano che nel suino pesante l'efficienza di ritenzione proteica è intorno al 22,34% (Della Casa, 2006) e si riferiscono all'intervallo di peso tra i 30 e i 160 kg di PV. I valori di efficienza osservati in questa tesi sono stati senza dubbio elevati, soprattutto se si considera l'intervallo di peso studiato (100 - 170 kg PV) che dovrebbe causare una riduzione piuttosto che un aumento dell'efficienza. Va anche osservato che nella presente tesi la dieta di controllo aveva un contenuto di proteina

grezza (in media 13,9 %) inferiori di circa un punto percentuale rispetto alla normale pratica di allevamento (Xiccato et al., 2005). In ogni caso, dal momento che con la riduzione dei livelli proteici l'efficienza di ritenzione è aumentata, si può dedurre che le attuali informazioni sull'efficienza di ritenzione proteica del suino pesante possono essere state influenzate da una sovra stima dei fabbisogni proteici.

I risultati ottenuti sono di particolare rilievo poiché in questa tesi non si è operato esclusivamente sul livello proteico con l'aggiunta di aminoacidici di sintesi, come descritto da altri autori (Parisini et al., 1991; Piva e Mordenti, 1995; Manini et al., 1997; Bonomi et al., 2002; Fabbri et al., 2009), ma si è attuata anche una consistente riduzione del livello degli aminoacidi essenziali. A titolo di esempio si ricorda che mentre nella pratica commerciale si impiegano mangimi che difficilmente possiedono contenuti di lisina inferiori a 0,7 % sul tal quale, nella presente ricerca il livello di lisina è stato abbassato fino allo 0,46 %. L'importanza di questo risultato è notevole innanzitutto perché suggerisce la possibilità di risparmiare sulle integrazioni aminoacidiche che contribuiscono ad aumentare il costo formula. In secondo luogo, questo risultato indica la possibilità di ridurre, se non azzerare, l'impiego di farina di estrazione di soia come fonte di proteina di elevato valore biologico. La riduzione dell'inclusione di farina di estrazione di soia è di particolare interesse vista la sua incidenza sui costi formula e la non autosufficienza del nostro Paese che importa questa materia prima principalmente dai Paesi del Nord e Sud America. In aggiunta la riduzione dell'impiego della soia è interessante per numerose altre motivazioni legate ad esempio alle tematiche dell'impiego di OGM, oppure ancora alle emissioni di anidride carbonica necessarie per il trasferimento di questo prodotto fra continenti diversi.

Infine, la riduzione dei livelli di soia nei mangimi consente di creare uno "spazio formula" di oltre 10 punti percentuali, che può consentire l'inserimento di materia prime amilacee allo scopo promuovere una maggiore efficienza di conversione dell'energia alimentare in grasso. Infatti gli eccessi di azoto rispetto ai fabbisogni comportano perdite energetiche dovute all'impiego di energia per la formazione e l'escrezione di urea. L'aspetto inerente la sintesi di grasso e i conseguenti spessori di grasso, in particolare nella coscia, rivestono una notevole importanza ai fini di una ottimale trasformazione industriale delle cosce in prosciutti crudi. L'attuale situazione di mercato evidenzia la presenza di suini con coperture adipose troppo modeste e un grasso molto ricco in acidi grassi insaturi. I risultati della presente tesi suggeriscono che l'impiego di mangimi ipoproteici possa aver favorito una maggiore sintesi di grasso. Questa indicazione proviene per lo più dalle misure effettuate in

vivo con gli ultrasuoni, anche se non sono state confermate in misura significativa da quelle dirette effettuate con il calibro sulle carcasse. Va sottolineato che queste ultime misure sono risultate meno accurate di quelle effettuate in vivo a causa della metodica di misura e delle condizioni operative al macello. Tuttavia, in termini numerici le differenze osservate in vivo sono state dello stesso ordine di grandezza di quelle effettuate sulle carcasse. Va infine aggiunto che per una migliore valutazione delle caratteristiche delle carcasse si procederà alla valutazione del peso e dell'incidenza dei diversi tagli commerciali e della qualità delle cosce, come pure all'analisi del profilo acidico e del numero di iodio dei campioni di grasso raccolti al macello.

8. Conclusioni

In conclusione la presente tesi ha dimostrato che una riduzione del livello proteico nelle razioni per il suino pesante anche di 4 punti percentuali rispetto ai valori convenzionali può essere attuata con successo, evitando l'aggiunta costosa di aminoacidi di sintesi, dal momento che non sono state influenzate né le prestazioni produttive in vita né le principali caratteristiche delle carcasse al macello. Anzi, la sostituzione della farina di soia con farina di frumento sembra aver aumentato lo spessore del grasso, almeno sulla base dei dati rilevati in vivo. Ulteriori analisi sono necessarie per chiarire questo aspetto, e a tal proposito potranno tornare utili i dati relativi ai diversi tagli commerciali che sono stati effettuati sulle carcasse degli animali in prova e sui prosciutti.

La riduzione molto rilevante dei livelli proteici non ha avuto sostanziali conseguenze sulle performance, ma ha ridotto il costo formula (5 - 7 euro in meno per suino prodotto con la dieta BB rispetto al controllo) e in misura molto rilevante (-22 %) l'escrezione di azoto e perciò questa strategia appare come una delle più interessanti soluzioni per promuovere lo sviluppo di un sistema di produzione a basso impatto, di qualità ed economicamente conveniente.

9. Bibliografia

- AOAC, 2002. Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. Association Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- ANAS, 2010. Anas, prime stime sulla suinicoltura italiana nel 2009. Disponibile su: <http://www.aiol.it/contenuti/zootecnica/allevamenti/suini/anas-prime-stime-sulla-suinicoltura-italiana-nel-2009>
- Bittante G., Ramanzin M. e Schiavon S., 1990. Previsione della ritenzione azotata nei suini in accrescimento. Rivista di Suinicoltura n.4, 115-121.
- Bonomi A., Bonomi B.M., Quarantelli A., Sabbioni A., Superchi P., Sussi C., Virgili R. e Fusari A., 2002. La produzione del suino pesante in rapporto ai tipi genetici e all'impiego di diete ipoproteiche integrate con lisina. Rivista di Suinicoltura n.4, 198-204.
- Bourdon D., Dourmad J.Y. e Henry Y., 1997. Reduction of nitrogen output in growing pigs by multi-phase feeding with decreased protein level. In: Atti del 48th Annual Meeting of the EAAP, 25-28 Agosto 1997, Vienna, Austria.
- Chung T.K. E Baker D.H., 1992. Ideal amino acid pattern for 10 - kilogram pigs. Journal of Animal Science n.70, 3102-3111.
- Close W.H. e Cole D.J.A., 2000. Nutrition of sows and boars. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote - phosphore - potassium - cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Groupe Porc - Juin 2003.
- Corradini E., 2007. Direttiva nitrati e reddito, un peso insostenibile? Rivista di Suinicoltura Supplemento al n.11, 20-23.
- Della Casa G., 2006. Con meno azoto nella dieta cala il vincolo ambientale. Rivista di Suinicoltura n.8, 54-59.
- Dourmad J.Y., **Etienne M., Prunier A. e Noblet J., 1994.** The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review. Livestock Production Science n.40, 87-97.
- ERM, 2001. Livestock manures - Nitrogen equivalents. Copies available from: European Commission DG Environment, Brussel, Belgio.
- ERM/AB-DLO, 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures, European Commission, Final report November 1999, Brussel, Belgio.

- Fabrizi C., Moscatelli G., Della Casa G. e Poletti E., 2009. Interventi sulla dieta per ridurre l'azoto escreto nei suini pesanti in fase di finissaggio. *Rivista di Suinicoltura* n.4, 123-131.
- FAO, 2006. *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. FAO/LEAD, Roma, Italia. Disponibile su: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>
- Fuller M.F., McWilliam R., Wang T.C. e Giles L.R., 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2, Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. *British Journal of Nutrition* n.62, 255-261.
- Galloway J.N., Dentener F.J., Capone D.G., Boyer E.W., Howarth R.W., Seitzinger S.P., Asner G.P., Cleveland C.C., Green P.A., Holland E.A., Karl D.M., Michaels A.F., Porter J.H., Townsend A.R. e Vorosmarty C.J., 2004. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* n.70, 153-226.
- Henry Y., 1993. Affinement du concept de la protéine idéale pour le porc en croissance. *INRA Prod. Anim.* n.6, 199-212.
- INRA, 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. 2° edizione. INRA, Parigi, Francia.
- ISTAT, 2000. 5° Censimento Generale dell'Agricoltura. Disponibile su: <http://censagr.istat.it/principalisultati.pdf>
- ISTAT, 2009. Consistenza del bestiame suino al primo Dicembre (numero di capi). Dettaglio per regione - Anno 2009. In: Istat, consistenza del bestiame bovino, bufalino, suino e ovicaprino. Disponibile su: <http://agri.istat.it/jsp/dawinci.jsp?q=plB020000010000012000&an=2009&ig=1&ct=759&id=8A|9A>
- Le P.D., Aarnink A.J.A., Verstegen M.W.A., 2007. Dietary composition influences odour and ammonia emissions from pig manure. In: *Ammonia Emissions in Agriculture*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Paesi Bassi, 78-79.
- Manini R., Piva A., Prandini A., Mordenti A., Piva G. e Dourmad J.Y., 1997. Protein retention in Italian heavy pigs: Development of a factorial approach for the determination of lysine requirement. *Livestock Production Science* n.47, 252-259.
- Mordenti A., Piva A. e Salvadori G., 1995. Efficienza alimentare nel suino all'ingrasso. *Rivista di Suinicoltura* n.10, 19-31.

- MURST (Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica) e Consiglio Nazionale delle Ricerche Dip. Attività Scientifiche, 2000. Progetto di Ricerca: Riciclo dei reflui del sistema agricolo-industriale, Programma Esecutivo e Primi Risultati. Disponibile su: <http://users.unimi.it/~fsangio/cnr/proreflui.pdf>
- NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Pacchioli M.T., 2002. L'alimentazione proteica nella dieta dei suini. Agricoltura RER n.10, 61-62.
- Parisini P., Martelli G. e Mordenti A., 1991. Ricerche sull'impiego di diete ipoproteiche integrate con lisina nella produzione del suino pesante. Rivista di Suinicoltura n.5, 45-49.
- Piccinini S., 2001. La separazione dei solidi. In: Liquami zootecnici. Manuale per l'utilizzazione agronomica. C.R.P.A. Edizioni L'Informatore Agrario, 115-127.
- Piva G. e Mordenti A., 1995. Contributi sperimentali alla riduzione del potere inquinante della deiezioni suine: l'azoto. Informatore Agrario n.16, 31-43.
- Rhone-Poulenc Animal Nutrition, 1993. Rhodimet Nutrition Guide. Feed ingredients formulation in digestible amino acids. Second edition, Antony, Francia.
- Ringel J. e Susenbeth A., 2009. Lysine requirement for maintenance in growing pigs. Livestock Science n.120, 144-150.
- Rossi A., De Roest K., Sardi L., Mordenti A.L., Speroni M. e Della Casa G., 2005. Quanto azoto assunto con la razione finisce nelle feci e nell'aria. Informatore Agrario n.31, 47-49.
- Russo V., Bosi P., Macchioni P. e Seguenza S., 1995. Alimentazione del suino pesante e riduzione del rilascio di fosforo nell'ambiente. Informatore Agrario n.16, 45-48.
- SAS, 1996. SAS / STAT user's guide: Version 6. Fourth Edition. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sauvant D., Perez J.M. e Tran G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Paesi Bassi.
- Schiavon S., Ramanzin M., Gallo L., Bailoni L., Magnabosco P. e Bittante G., 1997. Gestione alimentare ed escrezione di nutrienti. Rivista di Suinicoltura n.4, 67-77.
- Spanghero M. e Fabbro E., 2009. Controlli dell'alimentazione dei suini allevati nel "circuito Parma - San Daniele". Rivista di Suinicoltura n.1, 51-61.

- Tagliapietra F., Ceolin C. e Schiavon S., 2005. On-farm estimation of pig growth parameters from longitudinal data of live weight and feed consumption and the use of a mathematical model. *Italian Journal of Animal Science* n.4, suppl.3, 116-118.
- Verstegen M., 2002. Nutrizione proteica e ambiente. *Rivista di Suinicoltura* n.10, 109-123.
- Wang T.C. e Fuller M.F., 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. *British Journal of Nutrition* n.62, 17-89.
- Wang T.C. e Fuller M.F., 1990. The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Animal Production* n.50, 155.
- Whittemore C.T., 1993. *The science and practice of pig production*. Longman Scientific and Technical, Essex, Regno Unito.
- Whittemore C.T., Green D.M. e Knap P.W., 2001a. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: energy. *Animal Science* n.73, 199-215.
- Whittemore C.T., Green D.M. e Knap P.W., 2001b. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein. *Animal Science* n.73, 363-373.
- Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L. e Bittante G., 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science* n.4, 103-111.

10. Tabelle

Tabella 1.1. Piano alimentare seguito nell'allevamento di Todi (PG).

Settimana	P.V. Atteso (kg)	Mangime	Consumi Femmine	Consumi Maschi
1	30,0	R35	1,00	1,00
2	35,0	R35	1,15	1,15
3	40,0	R35	1,30	1,30
4	45,0	R35	1,40	1,45
5	50,0	HB4	1,50	1,60
6	55,0	HB4	1,60	1,70
7	60,0	HB4	1,70	1,80
8	65,2	HB4	1,80	1,90
9	70,4	HB4	1,90	2,00
10	75,6	HB4	2,00	2,10
11	80,8	HB4	2,10	2,20
12	86,0	HB5	2,00	2,10
13	91,0	HB5	2,00	2,10
14	96,0	HB5	2,00	2,10

Tabella 1.2. Principali caratteristiche chimico-nutrizionali dei mangimi.

Componenti	Mangime		
	R35	HB4	HB5
ED MJ/kg	13,65	13,30	13,25
Proteina grezza (%)	16,04	15,05	14,00
Lisina (%)	1,05	0,85	0,72

Tabella 2. Composizione alimentare dei mangimi utilizzati nelle due fasi d'allevamento.

Alimenti (%)	Prima Fase (100-130 kg)				S e			
	Alto	Medio- alto	Medio- basso	Basso	Alto	Medio- alto	Medio- basso	Basso
Mais	34,3	34,2	34,0	34,2	36,7	35,5	35,6	36,0
Orzo	19,6	20,1	19,4	19,8	20,0	20,0	20,0	20,0
Crusca frumento	11,9	11,5	11,9	12,4	12,7	12,7	12,7	12,7
Frumento	8,0	11,2	14,6	17,4	10,8	15,1	18,7	20,7
Farinaccio frum.	5,8	5,7	6,2	5,8	4,4	4,5	4,5	4,5
Fe. Soia prot.	13,1	10,0	6,4	2,9	9,5	5,5	2,5	-
Melasso	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Grasso animale	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1
Calcio carb.	1,44	1,49	1,52	1,55	1,34	1,40	1,39	1,39
Fosfato bicalcico	0,42	0,45	0,46	0,42	0,22	0,22	0,22	0,27
Bicarbonato sodio	0,29	0,25	0,25	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25
Sale	0,28	0,28	0,28	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30
Premiscela vit.min.	0,18	0,18	0,18	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20
Colina cloruro	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
L-lisina	0,13	0,20	0,29	0,32	-	0,10	0,19	0,25
Treonina	-	-	0,03	0,05	-	0,02	0,04	0,05
L-triptofano	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,01

Tabella 3. Componenti chimiche e nutrizionali dei mangimi utilizzati nelle due fasi d'allevamento.

Componenti	Prima Fase (100-130 kg)				S e	Alto	Medio- alto	Medio- basso	Basso
	Alto	Medio- alto	Medio- basso	Basso					
SS %	88,6	88,3	85,0	88,2	88,4	88,4	88,3	88,4	
Amido %	42,0	43,3	45,2	45,5	44,8	45,5	47,0	47,6	
Proteina grezza %	14,6	13,4	12,2	11,7	13,1	12,0	11,2	10,7	
Lipidi %	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	3,9	3,8	3,6	
NDF %	13,0	13,0	13,4	13,3	13,1	13,1	13,5	13,2	
ADF %	3,4	3,4	3,3	3,3	3,1	3,0	3,1	3,1	
Ceneri %	4,7	4,6	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,0	
Zuccheri %	4,0	3,8	3,6	3,4	3,8	3,6	3,4	3,3	
Acido Linoleico %	1,52	1,50	1,49	1,49	1,53	1,51	1,50	1,49	
Ca %	0,87	0,87	0,86	0,87	0,74	0,75	0,74	0,75	
P %	0,52	0,51	0,50	0,49	0,47	0,45	0,44	0,44	
P disponibile %	0,30	0,30	0,30	0,30	0,26	0,26	0,26	0,26	
Na %	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
K %	0,82	0,74	0,68	0,62	0,74	0,67	0,62	0,57	
Cl %	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
Lisina %	0,72	0,65	0,60	0,58	0,55	0,51	0,48	0,46	
Treonina %	0,52	0,46	0,44	0,42	0,46	0,42	0,40	0,38	
Triptofano %	0,17	0,15	0,13	0,14	0,15	0,13	0,13	0,12	
Metionina %	0,23	0,21	0,19	0,19	0,21	0,19	0,19	0,17	
Met+Cistina %	0,50	0,46	0,43	0,43	0,47	0,43	0,41	0,40	
EM kcal/kg	3066	3065	3067	3066	3081	3081	3081	3079	
EN kcal/kg	2253	2255	2259	2261	2269	2271	2273	2274	

Tabella 4. Profilo aminoacidico della proteina utilizzata nella prova confrontata con la proteina ideale per i suini in accrescimento secondo diversi autori (valori espressi in percentuale della lisina).

	Lisina	Treonina	Metionina + Cistina	Triptofano
Prima Fase	100	72	72	23
Seconda Fase	100	83	86	27
INRA, 1989 (60-100kg)	100	60	60	18
Wang e Fuller, 1989 (25-50kg)	100	72	63	18
Wang e Fuller, 1990 (30kg)	100	64	61	20
Chung e Baker, 1992 (10-20kg)	100	65	60	18
Henry, 1993 (25-100kg)	100	65	60	18
Rhone-Poulenc, 1993	100	64	60	19
NRC, 1998 (20-120kg)	100	68	59	18
Close e Cole, 2000	100	65-67	50-55	18-20

Tabella 5. Profilo aminoacidico della proteina ideale per la produzione ed il mantenimento nel suino in accrescimento (Fuller et al.,1989).

Fabbisogno	Crescita	Mantenimento	Crescita	Mantenimento
	mg/g proteina fissata	mg/kg pvm	% della lisina	% della lisina
Lisina	68	36	100	100
Metionina	19	9	28	25
Metionina + Cistina	36	49	53	139
Treonina	47	53	69	147
Triptofano	12	11	18	31

Tabella 6. Piani alimentari impiegati durante i due cicli sperimentali.

Settimana	Primo Ciclo		Se co	Dosi Mangime (kg)
	P.V. Atteso (kg)	Dosi Mangime (kg)	P.V. Atteso (kg)	
1	91,1	2,3	90,0	2,4
2	96,2	2,4	93,6	2,4
3	101,2	2,4	98,7	2,4
4	106,4	2,5	103,8	2,5
5	111,4	2,5	108,9	2,5
6	116,0	2,5	113,7	2,5
7	120,9	2,6	118,5	2,6
8	125,5	2,6	123,2	2,6
9	130,4	2,7	128,0	2,7
10	135,2	2,7	132,8	2,7
11	139,9	2,7	137,5	2,7
12	144,6	2,8	142,2	2,8
13	149,2	2,8	146,9	2,8
14	153,9	2,9	151,6	2,9
15	158,4	2,9	156,2	2,9
16	163,0	3,0	160,7	3,0
17	167,8	3,0	165,4	3,2
18	172,5	3,0	170,2	3,2

Tabella 7. Prestazioni produttive: significatività statistica (p-values) delle diverse fonti di variazione considerate nel modello di analisi.

Tesi	R ²	P- value							
		Ciclo	Tesi	Ciclo × Tesi	Box	Sex	Tesi × Sex	Padre	Padre × Tesi
Peso vivo iniziale	0,570	0,267	0,308	0,697	0,001	0,047	0,382	0,049	0,540
Peso vivo finale	0,589	0,626	0,494	0,286	0,387	0,006	0,493	0,012	0,049
Accrescimento	0,450	0,353	0,705	0,938	0,046	0,626	0,950	0,754	0,669
Consumi di mangime	0,607	0,086	0,004	0,254	0,036	0,001	0,999	0,227	0,048
Indice di conversione	0,481	0,618	0,270	0,974	0,021	0,615	0,880	0,892	0,897

Tabella 8. Prestazioni produttive e significatività dei confronti ortogonali tra tesi alimentari.

Tesi	Unità	Tesi				RMSE	S i	A vs M	A vs B	A vs BB
		Alto (A)	Medio- alto (M)	Medio- basso (B)	Basso (BB)					
n. osservazioni		40	35	37	40					
Peso vivo iniziale	kg	99,0	96,4	96,6	100,0	8,9	0,272	0,273	0,635	
Peso vivo finale	kg	168,4	165,5	167,3	168,4	7,7	0,168	0,577	0,996	
Accrescimento	kg/d	0,65	0,65	0,66	0,64	0,08	0,939	0,455	0,663	
Consumi di mangime	kg/d	2598	2680	2690	2686	118	0,010	0,002	0,002	
Indice di Conversione		4,06	4,17	4,10	4,24	0,41	0,310	0,732	0,068	

A, M, B e BB si riferiscono a razioni contenenti in media il 13,9%, 12,7%, 11,7%, ed l'11,2% di proteina grezza.

Tabella 9. Spessore lardo dorsale in vivo a fine ciclo: significatività statistica (p-values) delle diverse fonti di variazione considerate nel modello di analisi.

Tesi	R ²	P-value							
		Ciclo	Tesi	Ciclo × Tesi	Box	Sex	Tesi × Sex	Padre	Padre × Tesi
L1	0,630	0,377	0,042	0,083	0,030	0,101	0,630	0,134	0,036
L2	0,593	0,630	0,040	0,052	0,031	0,080	0,776	0,648	0,156
Variazione L1	0,588	0,236	0,024	0,153	0,001	0,512	0,859	0,119	0,086
Variazione L2	0,521	0,488	0,030	0,273	0,050	0,793	0,795	0,457	0,295

L1: misurazioni dello spessore del lardo dorsale nel punto L1 (ultima costa), mediante rilevatore ad ultrasuoni, al termine del ciclo.

L2: misurazioni dello spessore del lardo dorsale nel punto L2 (intermedio tra L1 e la sommità dell'ileo: L3), mediante rilevatore ad ultrasuoni, al termine del ciclo.

Tabella 10. Spessore lardo dorsale in vivo e significatività dei confronti ortogonali tra tesi alimentari.

Tesi	Unità	Tesi				RMSE	S i	A vs M	A vs B	A vs BB
		Alto (A)	Medio-alto (M)	Medio-basso (B)	Basso (BB)					
n. osservazioni		40	35	37	40					
L1	mm	15,66	16,74	17,29	16,84	2,40	0,089	0,007	0,041	
L2	mm	17,62	19,11	19,28	19,41	2,91	0,054	0,023	0,011	
Variazione L1	mm	7,00	8,49	8,78	7,93	2,49	0,025	0,005	0,116	
Variazione L2	mm	7,37	9,24	9,03	9,14	2,94	0,017	0,024	0,013	

A, M, B e BB si riferiscono a razioni contenenti in media il 13,9%, 12,7%, 11,7%, ed l'11,2% di proteina grezza.

L1: misurazioni dello spessore del lardo dorsale nel punto L1 (ultima costa), mediante rilevatore ad ultrasuoni, al termine del ciclo.

L2: misurazioni dello spessore del lardo dorsale nel punto L2 (intermedio tra L1 e la sommità dell'ileo: L3), mediante rilevatore ad ultrasuoni, al termine del ciclo.

Tabella 11. Dati macellazione: significatività statistica (p-values) delle diverse fonti di variazione considerate nel modello di analisi.

Tesi	R ²	P-value							
		Ciclo	Tesi	Ciclo × Tesi	Box	Sex	Tesi × Sex	Padre	Padre × Tesi
Peso Carcassa	0,489	0,054	0,405	0,134	0,502	0,003	0,628	0,007	0,069
Resa	0,602	0,001	0,298	0,077	0,011	0,127	0,885	0,213	0,053
Lardo max	0,449	0,247	0,447	0,448	0,088	0,357	0,501	0,616	0,965
Lardo min	0,448	0,134	0,610	0,278	0,480	0,030	0,715	0,011	0,050

Lardo max = misure effettuate con calibro nel punto di maggior spessore del lardo dorsale.

Lardo min = misure effettuate con calibro nel punto di minor spessore del lardo lombare.

Tabella 12. Dati macellazione e significatività dei confronti ortogonali tra tesi alimentari.

Tesi	Unità	Tesi				RMSE	S i	A vs M	A vs B	A vs BB
		Alto (A)	Medio- alto (M)	Medio- basso (B)	Basso (BB)					
n. osservazioni		40	35	37	40					
Peso Carcassa	kg	139,5	136,9	138,0	139,3	6,9	0,138	0,360	0,913	
Resa	%	82,2	82,1	82,1	82,5	0,9	0,820	0,749	0,161	
Lardo max	mm	38,2	39,0	40,3	39,1	5,2	0,548	0,106	0,484	
Lardo min	mm	23,8	24,8	24,6	23,7	4,1	0,328	0,421	0,905	

A, M, B e BB si riferiscono a razioni contenenti in media il 13,9%, 12,7%, 11,7%, ed l'11,2% di proteina grezza.

Lardo max = misure effettuate con calibro nel punto di maggior spessore del lardo dorsale.

Lardo min = misure effettuate con calibro nel punto di minor spessore del lardo lombare.

Tabella 13. Bilancio dell'azoto: significatività statistica (p-values) delle diverse fonti di variazione considerate nel modello di analisi.

Tesi	R ²	P-val							
		Ciclo	Tesi	Ciclo × Tesi	Box	Sex	Tesi × Sex	Padre	Padre × Tesi
N ingerito (g/d)	0,859	0,109	<0,001	0,300	0,043	0,001	1,000	0,199	0,056
N ritenuto (g/d)	0,450	0,353	0,704	0,938	0,046	0,626	0,950	0,754	0,669
N escreto (g/d)	0,938	0,149	<0,001	0,102	<0,001	<0,001	0,797	0,095	0,035
Efficienza N %	0,643	0,663	<0,001	0,960	0,020	0,406	0,916	0,906	0,893

Tabella 14. Bilancio dell'azoto e significatività dei confronti ortogonali tra tesi alimentari.

Tesi	Unità	Tesi				RMSE	S i	A vs M	A vs B	A vs BB
		Alto (A)	Medio-alto (M)	Medio-basso (B)	Basso (BB)					
n. osservazioni		40	35	37	40					
N ingerito	g/d	56,83	53,63	49,75	47,55	2,36	<0,001	<0,001	<0,001	
N ritenuto ¹	g/d	15,54	15,50	15,89	15,34	1,90	0,939	0,455	0,663	
N escreto ²	g/d	41,29	38,13	33,86	32,21	1,40	<0,001	<0,001	<0,001	
Efficienza N	%	0,27	0,29	0,32	0,32	0,03	0,032	<0,001	<0,001	

A, M, B e BB si riferiscono a razioni contenenti in media il 13,9%, 12,7%, 11,7%, ed l'11,2% di proteina grezza.

1 = assumendo un contenuto di N per kg di accrescimento pari a 24 g/kg.

2 = ottenuto come differenza tra N consumato e N ritenuto (ERM, 2001).