

“END THE CAGE AGE”: È POSSIBILE RIDURRE IL TEMPO TRASCORSO DALLE SCROFE IN RECINTO INDIVIDUALE NELLA PRIMA FASE DI GESTAZIONE?

“END THE CAGE AGE”: IS IT POSSIBLE TO REDUCE THE TIME SOWS SPEND IN INDIVIDUAL STALLS IN THE FIRST STAGE OF GESTATION?

BORDIGNON E., GALLI M.C., CONTIERO B., GOTTARDO F.

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute, Università di Padova

Parole Chiave: Scrofe, Gestazione, Benessere animale

Keywords: Sows, Gestation, Animal Welfare

RIASSUNTO

In base alla legislazione vigente, le scrofe possono essere allevate in recinti individuali per quattro settimane dopo la fecondazione. L’iniziativa “*End the Cage Age*”, tuttavia, chiede la fine dell’utilizzo di ogni tipo di gabbia. Le lotte gerarchiche, frequenti quando si forma un nuovo gruppo, destano però preoccupazioni: si teme che il passaggio al box di gruppo, nelle prime fasi della gestazione, possa avere un effetto negativo su benessere e performance riproduttive. L’obiettivo dello studio è quello di valutare l’effetto dell’imbrancamento su benessere (lesioni, concentrazioni del cortisolo), condizione corporea (spessore del lardo dorsale), performance riproduttive (fertilità ecografica, portata al parto) e dimensioni della nidiata, in base al giorno in cui esso viene realizzato. Le scrofe sono state assegnate a uno dei seguenti trattamenti sperimentali: BOX4G (creazione del gruppo 4 giorni post fecondazione) e BOX28G (creazione del gruppo 28 giorni post fecondazione). Non c’è stato un impatto significativo del trattamento (BOX4G vs BOX28G) su concentrazioni di cortisolo salivare e numero di lesioni dovute a scontri recenti. Non si sono osservate differenze su spessore del lardo dorsale, fertilità ecografica, portata al parto e dimensione della nidiata. Questo studio ha dimostrato quindi che riunire le scrofe in gruppo subito dopo l’inseminazione anziché 28 giorni dopo non ha l’impatto temuto su performance riproduttive e parametri di benessere.

ABSTRACT

Under current EU legislation, sows can be kept in gestation stalls for 28 days post-service. However, the success of the European Initiative “*End the Cage Age*” clearly demands a total ban on the use of cages. Furthermore, pregnant sows fight to establish a hierarchy at mixing. This poses welfare and productivity concerns, particularly if sows are mixed in early pregnancy. The study aimed to compare the effects of the day of mixing (PEN4D:4 days or PEN28D:28 days post-insemination) on measures of animal welfare (skin lesion and cortisol concentrations), on body condition (backfat thickness), reproductive performance (pregnancy and farrowing rate) and litter size. All sows were assigned to one of the two following experimental treatments: PEN4D (4 days post-insemination) and PEN28D (28 days post-insemination). There was no significant impact of treatment on salivary cortisol concentrations and on the number of fresh injuries. No differences were observed for sow’s backfat thickness, pregnancy rate, farrowing rate and litter size. This experiment demonstrated that mixing sows into groups early after insemination rather than 28 d after doesn’t affect both reproductive performance and measures of sow welfare.

INTRODUZIONE

Il sistema allevatorio odierno, fondato sulla direttiva 2008/120/CE, prevede che le scrofe possano essere mantenute in gabbia singola fino a quattro settimane dopo l'inseminazione. Tra le motivazioni che hanno condotto alla definizione di questo limite temporale, la più importante è il controllo dello stress sociale, che potrebbe alterare gli equilibri di una fase particolarmente delicata della gravidanza: l'impianto del prodotto del concepimento. La formazione del gruppo, infatti, innesca un comportamento aggressivo tra i vari componenti, che potrebbe indurre uno stress tale da ridurre le performance riproduttive. Allo stesso modo però, il confinamento in gabbia rappresenta un vincolo per l'espressione del comportamento etologico tipico di specie, con effetti deleteri sul benessere. L'iniziativa "End the Cage Age", nata dalle pressioni dei consumatori, ha messo in luce la necessità di ampliare la normativa odierna per eliminare totalmente l'utilizzo delle gabbie anche per le scrofe gestanti. Ciò comporterebbe l'imbrancamento delle scrofe subito dopo lo svezzamento, ma gli studi sulla stabulazione in gruppo in questa fase sono conflittuali. L'allontanamento graduale ma progressivo dalla stabulazione in gabbia singola ha fatto emergere la necessità di implementare la conoscenza riguardo alla stabulazione in gruppo, con il focus su quale sia il momento migliore per imbrancare le scrofe. Le conoscenze sugli effetti del momento di formazione del gruppo dopo l'inseminazione sono limitate: diventa quindi necessario valutarne l'impatto sia nel breve (segnali di aggressività, variazioni delle concentrazioni di cortisolo) che nel lungo periodo (condizione corporea, parametri riproduttivi, performance della nidiata). Lo scopo di questo studio è colmare alcune delle lacune sottolineate in precedenza e offrire una base di conoscenze scientifiche utili per formulare una nuova proposta legislativa in risposta alla petizione "End the Cage Age".

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto in provincia di Brescia, presso un allevamento commerciale a ciclo chiuso di circa 600 scrofe organizzato in banda trisettimanale. Una volta inseminate, tutte le scrofe della banda sono state assegnate ad uno dei seguenti trattamenti sperimentali:

- BOX4G (n=84): le scrofe sono state trasferite in gruppi statici entro i primi 4 giorni dall'inseminazione.
- BOX28G (n=62): le scrofe sono state stabulate in gabbie singole fino a 28 giorni post inseminazione per poi essere trasferite in gruppi statici.

In entrambi i trattamenti, sono stati utilizzati 4 box contenenti 21 scrofe ciascuno. Lo studio ha coinvolto 4 bande di scrofe svezzate da Marzo a Maggio 2021. Tutte le scrofe sono rimaste nel loro gruppo trattamento approssimativamente fino al giorno 110 di gestazione per poi essere spostate nelle gabbie parto. Tutte le scrofe incluse nello studio erano pluripare e l'ordine di parto variava da 2 a 7.

Ciascun box alloggiava 21 soggetti ed aveva pavimentazione piena. Una catena e un tronchetto legato ad essa sono stati forniti come arricchimenti ambientali. L'alimento è stato somministrato manualmente, tramite spargimento sul pavimento.

Lo spessore del lardo dorsale (BFT= *backfat thickness*) è stato misurato a livello dell'ultima costa, a 6-7 cm dalla linea mediana (posizione P2) utilizzando un misuratore a ultrasuoni. Il BFT è stato rilevato allo svezzamento e alla fine della gestazione, prima che le scrofe entrassero nelle gabbie parto. La variazione dello spessore durante la gravidanza è stata calcolata come la differenza tra queste due misurazioni.



Figura 1: rilevazione BFT / **Figure 1:** BFT detection

Inoltre, si sono valutate fertilità ecografica (percentuale di scrofe inseminate che sono risultate gravide alla valutazione ecografica eseguita a 30 giorni di gravidanza), portata al parto (percentuale di scrofe inseminate che hanno partorito) e dimensione della nidiata (nati totali, nati vivi, nati morti e suinetti mummificati): tali parametri sono stati registrati come indicatori dell'efficienza riproduttiva.

Per la rilevazione delle lesioni, il corpo delle scrofe è stato suddiviso in 3 regioni: anteriore, mediana, posteriore. Ad ogni area è attribuito un punteggio secondo una classificazione introdotta da Strawford *et al.* (2008) che prevede quattro punteggi: 0 = assenza di graffi; 1 = 1-3 graffi; 2 = 4-6 graffi; 3 = ≥ 7 graffi. La scala è stata utilizzata sia per la valutazione delle lesioni fresche (sangue visibile) che delle lesioni vecchie (presenza di crosta) e, di conseguenza, ad ogni regione corporea sono stati attribuiti due punteggi: uno relativo alle lesioni fresche e l'altro alle lesioni vecchie. La rilevazione delle lesioni è avvenuta nel giorno 0 (T0), 3 e 7 dall'imbrancamento (T3 e T7).



Figura 2 e 3: esempi di lesioni cutanee / **Figure 2 and 3:** examples of skin lesions

I campioni di saliva sono stati raccolti per la misurazione della concentrazione di cortisolo nel giorno dell'imbrancamento (T0) e 3 giorni dopo la formazione del gruppo (T3). La saliva è stata raccolta permettendo alle scrofe di masticare tamponi di cotone.



Figura 4: Prelievo salivare / **Figure 4:** Saliva sampling

I dati continui con distribuzione normale sono stati analizzati mediante Analisi della Varianza, modello che ha considerato l'effetto della banda, del trattamento e l'effetto del tempo nel caso di misure ripetute. I dati non parametrici sono stati elaborati usando il test di MannWitney

RISULTATI

Al momento dello svezzamento, non si sono riscontrate differenze tra i trattamenti nello spessore del lardo dorsale (BFT) (BOX4G = 15.1 mm vs BOX28G = 16.4 mm; $P=0.11$). Come riportato in Tabella 1, le due tempistiche per la formazione dei gruppi non hanno avuto effetti sulle variazioni del BFT durante la gravidanza ($P=0.42$). Non si sono evidenziati effetti sugli indicatori di efficienza riproduttiva: fertilità ecografica e portata al parto. Inoltre, non è stato riscontrato un effetto del trattamento sul numero totale dei suinetti nati, numero di nati vivi, nati morti o suinetti mummificati.

Tabella 1. Effetto della fase gestazionale al momento dell'imbrancamento (BOX4G e BOX28G) sui valori di BFT e sulle performance riproduttive.

Table 1. Effect of stage of gestation at mixing (PEN4D and PEN28D) on measurements of backfat and reproductive performance.

		BOX4G	BOX28G	P Value
Parametri valutati:				
Variazione del BFT 1	mm	4.7 ± 0.49	4.1 ± 0.59	0.42
Fertilità ecografica 2	%	87 (73/84)	90 (56/62)	0.71
Portata al parto 2	%	85 (71/84)	90 (56/62)	0.44
Numero totale di suinetti nati 1	n.	15.1 ± 0.45	15.3 ± 0.51	0.75
Suinetti nati vivi 1	n.	13.3 ± 0.41	13.7 ± 0.47	0.55
Nati morti 3	%	6 (0-13)	2 (0-10)	0.31
Mummificati 3	%	0 (0-0)	0 (0-4)	0.18

1. I dati distribuiti normalmente sono stati riportati come media quadratica minima ± errore standard
2. I dati rilevati sono stati analizzati utilizzando il test Z per il confronto di due proporzioni
3. I dati che non sono distribuiti normalmente sono stati riportati come mediane (scarto interquartile)

1. data normally distributed were reported as ls-means ± standard error
2. count data were analysed using two proportions z-test
3. data not normally distributed were reported as median (interquartile range)

Non si è rilevato un effetto significativo del trattamento sul numero di lesioni fresche nelle diverse regioni, sebbene ci fosse la tendenza nelle scrofe del BOX28G ad avere dei punteggi maggiori nella regione anteriore al T0 e T7 rispetto alle scrofe del BOX4G (P= 0.05; Tabella 2). Per quanto riguarda i graffi vecchi, un effetto significativo del trattamento è stato osservato solo a 3 giorni dall'imbrancamento. Infatti, è stato attribuito un punteggio maggiore a carico della regione anteriore nelle scrofe appartenenti al trattamento BOX28G rispetto alle scrofe del BOX4G (P=0.005; Tabella 2). A prescindere dal trattamento sperimentale, si è riscontrato un effetto significativo del tempo (P<0.0001) sulle lesioni fresche e vecchie in tutte le regioni corporee (Tabella 2). Relativamente alle lesioni fresche, esse risultano sempre maggiori nel giorno della formazione del gruppo (T0) rispetto a T3 e T7 (P<0.0001). I punteggi delle lesioni fresche sono diminuiti tra il giorno T3 e T7 ma non erano statisticamente differenti, tranne per il BOX4G a carico della regione anteriore (T3=0.6 vs T7=0.1; P=0.010) e per il BOX28G nella regione mediana (T3=0.3 vs T7=0.0; P=0.011), in cui la riduzione era statisticamente significativa. Per quanto concerne le lesioni vecchie, al T3 e T7 queste sono risultate sempre maggiori rispetto al T0 (P<0.0001). I punteggi delle lesioni vecchie si sono ridotti tra il T3 e il T7, ma questi non erano statisticamente differenti, ad eccezione della regione anteriore del BOX28G (T3=7.2 vs T7=4.3, P<0.0001), in cui la riduzione era statisticamente significativa. Tabella 2. Effetto della fase gestazionale al momento dell'imbrancamento (BOX4G e BOX28G) e del tempo (giorni dall'imbrancamento) sulle lesioni corporee. I valori sono presentati come mediane (minimo - massimo)

Table 2. Effect of stage of gestation at mixing (PEN4D and PEN28D) and of time (days after mixing) on skin injuries. Values presented as median (minimum-maximum).
 Le diverse lettere indicano valori significativamente differenti lungo le colonne.
 Different letters mean significant different values along columns

Regione corporea		Tempo (giorni dall'imbrancamento)	Trattamenti		P Value	
			BOX4G	BOX28G		
Anteriore	Fresche	T0	5.1 a (0-17)	5.9 A (0-15)	0.05	
		T3	0.6 b (0-5)	0.3 B (0-4)	0.19	
		T7	0.1 c (0-3)	0.3 B (0-3)	0.05	
		P Value	< 0.0001	< 0.0001		
	Vecchie	T0	0.0 b (0-1)	0.0 C (0-0)	0.12	
		T3	5.6 a (0-14)	7.2 A (2-15)	0.005	
		T7	5.2 a (0-14)	4.3 B (0-12)	0.13	
		P Value	< 0.0001	< 0.0001		
	Mediana	Fresche	T0	2.2 a (0-6)	1.7 A (0-6)	0.10
			T3	0.2 b (0-2)	0.3 B (0-3)	0.15
			T7	0.1 b (0-1)	0.0 C (0-1)	0.47
			P Value	< 0.0001	< 0.0001	
Vecchie		T0	0.0 b (0-1)	0.0 B (0-0)	0.37	
		T3	2.4 a (0-7)	2.3 A (0-6)	0.75	
		T7	2.2 a (0-6)	1.8 A (0-5)	0.19	
		P Value	< 0.0001	< 0.0001		
Posteriore		Fresche	T0	1.8 a (0-6)	1.4 A (0-5)	0.44
			T3	0.1 b (0-2)	0.3 B (0-5)	0.30
			T7	0.0 b (0-2)	0.1 B (0-2)	0.81
			P Value	< 0.0001	< 0.0001	
	Vecchie	T0	0.0 b (0-0)	0.1 B (0-2)	0.05	
		T3	1.9 a (0-6)	1.8 A (0-5)	0.81	
		T7	1.6 a (0-7)	1.5 A (0-4)	0.72	
		P Value	< 0.0001	< 0.0001		

Non si è evidenziato un effetto significativo del trattamento sulle concentrazioni del cortisolo salivare, nonostante si sia riscontrato un effetto significativo del tempo ($P < 0.001$). Le concentrazioni di cortisolo si sono ridotte tra il T0 e il T3 sia per il BOX4G (T0=9.8 nmol/l vs T3=5.4 nmol/l, $P < 0.001$) che per il BOX28G (T0=7.8 nmol/l vs T3=4.0 nmol/l, $P < 0.001$). Tabella 3. Effetto della fase gestazionale al momento dell'imbrancamento (BOX4G e BOX28G) e del tempo (giorni dall'imbrancamento) sulle concentrazioni di cortisolo salivare (nmol/l).

Table 3. Effect of stage of gestation at mixing (PEN4D and PEN28D) and of time (days after mixing) on salivary cortisol concentrations (nmol/l).

	Trattamenti		
Tempo	BOX4G	BOX28G	P Value
T0	9.8	7.8	0.82
T3	5.4	4.0	0.31
P Value	<0.001	<0.001	

DISCUSSIONE

Dai risultati di questo studio si evince che imbrancare le scrofe immediatamente dopo l'inseminazione (entro 4 giorni dall'AI) anziché 28 giorni dopo non determina un impatto negativo sulle performance riproduttive né sui parametri di valutazione del benessere delle scrofe, anche in un allevamento intensivo commerciale.

Lo spessore del lardo dorsale permette di valutare lo stato delle riserve corporee e dipende sia dalla quantità di alimento somministrata, che dalla capacità delle scrofe di accedervi. Durante la gravidanza, le scrofe necessitano di quantità adeguate di nutrienti per supportare la crescita fetale. Inoltre, hanno bisogno di ristabilire il ridotto bilancio energetico risultante dalla lattazione precedente (Spooler *et al.*, 2009) irrespective of husbandry system. The reason for these differences between farms is not known, but of great importance to the pig industry which is moving worldwide from individual to group housing systems, mainly for animal welfare reasons. Therefore, the aim of this review is to list the most likely success and risk factors for group housing of sows in early pregnancy, in relation to reproduction (such as pregnancy rate). Di conseguenza, un ridotto guadagno di lardo dorsale, specialmente nelle prime tre settimane di gestazione, può avere conseguenze negative sulle performance riproduttive.

La variazione simile nello spessore del lardo dorsale registrata durante la gravidanza tra i due trattamenti dimostra come sia possibile imbrancare le scrofe nelle prime fasi gestazionali senza effetti avversi sulla condizione corporea. Ciò è particolarmente importante considerando che le scrofe erano state alimentate tramite distribuzione sul pavimento, un sistema di somministrazione della razione particolarmente competitivo (Edwards, 1992), che spesso determina una variazione considerevole di BFT tra le scrofe. Nel presente studio si è constatato che imbrancare le scrofe subito dopo l'inseminazione o più tardivamente non ha determinato alcun effetto su performance riproduttive (fertilità ecografica e portata al parto) o su dimensioni della nidiata. La letteratura si dimostra piuttosto divergente in merito: il nostro studio, coerentemente con le ricerche di Cunha *et al.* (2018), Stevens *et al.* (2015) and there is a worldwide move to house gestating sows in groups. We examined the effects of day of mixing following insemination on aggression, injuries and stress in sows. A total of 800 sows were used in this experiment and we examined the effects of mixing sows in groups within 1 to 7 days post-insemination (Group0 e Kirkwood e Zanella (2005), ha riscontrato performance riproduttive paragonabili tra

le scrofe imbrancate a 28 giorni post inseminazione rispetto a quelle messe in gruppo subito dopo. Al contrario, altri studi hanno evidenziato una minor portata al parto nelle scrofe imbrancate precocemente rispetto a quelle stabulate in gruppo tardivamente (Li and Gonyou, 2013; Knox *et al.*, 2014). La discrepanza nei risultati è influenzata da diverse variabili, tra cui: diverso *management* dei gruppi, dimensione del gruppo, pavimentazione, spazio e design del box (Spoolder *et al.*, 2009). L'assenza di un effetto sulle dimensioni della nidiata è supportato da altri studi (Kirkwood and Zanella, 2005; Li and Gonyou, 2013; Knox *et al.*, 2014; Stevens *et al.*, 2015; Cunha *et al.*, 2018) e ciò conferma che lo stress associato all'imbrancamento non è così severo da influire sulla sopravvivenza embrionale. Secondo Turner *et al.* (2002), solo gli eventi stressanti che portano a un aumento prolungato del cortisolo influiscono sulla sopravvivenza embrionale. I risultati ottenuti dall'analisi delle concentrazioni del cortisolo salivare e delle lesioni cutanee confermano la natura acuta dello stress relativo all'imbrancamento degli animali, dal momento che entrambi gli aspetti analizzati hanno subito un decremento significativo 3 giorni dopo la formazione del gruppo, in ambo i trattamenti. Sebbene lesioni, aggressioni e stress conseguenti alla formazione della gerarchia sociale siano pronunciati soprattutto nelle prime 24-48 ore dalla formazione del gruppo (Dolf, 1986), solo pochi studi hanno esaminato gli effetti a breve termine dell'imbrancamento in relazione alla fase gestazionale in cui è stato formato il gruppo, mostrando oltretutto risultati contraddittori. Nel nostro studio, le tempistiche di formazione del gruppo non hanno influito significativamente nel breve periodo sulle lesioni cutanee e sul cortisolo salivare. In accordo con Strawford *et al.* (2008), il punteggio delle lesioni cutanee è simile tra le scrofe appartenenti ai due trattamenti. Gli studi di Li e Gonyou (2013) and Cunha *et al.* (2018) hanno riscontrato che le scrofe imbrancate nelle prime fasi della gravidanza presentavano meno lesioni cutanee rispetto a quelle imbrancate nel periodo post impianto, ma le rilevazioni sono state effettuate alla fine della gestazione, e pertanto riguardano l'effetto nel lungo periodo. In contrasto con quanto detto, altri studi (Knox *et al.*, 2014; Stevens *et al.*, 2015) hanno riportato che le scrofe imbrancate nelle fasi precoci della gestazione avevano più lesioni cutanee rispetto a quelle imbrancate successivamente, ma solo nel breve periodo. In contrasto con i risultati ottenuti dal nostro studio, Stevens *et al.* (2015) hanno riscontrato che le scrofe messe in gruppo subito dopo l'inseminazione avevano concentrazioni di cortisolo maggiori all'imbrancamento rispetto alle scrofe imbrancate a 35 giorni di gestazione. Tale differenza non è stata evidenziata a 7 e 91 giorni dall'imbrancamento. Sebbene nello studio di Stevens *et al.* (2015) l'effetto del tempo sulla concentrazione non sia stato analizzato, i dati presentati nell'articolo dimostrano che le concentrazioni di cortisolo salivare 7 giorni dopo la formazione del gruppo erano inferiori rispetto al giorno dell'imbrancamento. Questi valori sono in accordo con i nostri risultati, in cui le concentrazioni di cortisolo si sono ridotte tra il T0 e il T3 sia per il BOX4G che per il BOX28G. Due studi (Strawford, 2008; Knox *et al.*, 2014) hanno rilevato concentrazioni di cortisolo maggiori nelle scrofe imbrancate tardivamente rispetto a quelle imbrancate immediatamente dopo l'inseminazione. Entrambi gli articoli, tuttavia, non hanno valutato separatamente i dati raccolti nei diversi giorni e, inoltre, non hanno rilevato le concentrazioni di cortisolo nel giorno stesso dell'imbrancamento. Lo studio di Strawford *et al.* (2008) ha riscontrato che i livelli di cortisolo salivare sono aumentati nel corso della gestazione. Di conseguenza, i livelli elevati di cortisolo salivare nelle scrofe imbrancate tardivamente potrebbero rappresentare la conseguenza del loro stato fisiologico e non avere un legame con lo stress. In ogni caso, in contrasto con il nostro studio e con i risultati di Stevens *et al.* (2015) un aumento progressivo delle concentrazioni di cortisolo è stato ritrovato anche nel breve periodo (tra 1 e 3 giorni dalla formazione del gruppo).

CONCLUSIONI

I risultati della ricerca supportano la riduzione significativa del periodo di utilizzo dei recinti individuali, poichè la formazione precoce dei gruppi di scrofe fecondate non determina effetti negativi su efficienza riproduttiva dell'allevamento e su benessere animale. È probabile che i risultati della ricerca siano influenzati positivamente da vari fattori; tra questi, ad esempio, la distribuzione dell'alimento sul pavimento ha permesso alle scrofe di esprimere comportamenti di esplorazione e grufolamento, manifestando il pattern comportamentale tipico della specie. La presenza di pavimentazione completamente piena e non scivolosa, inoltre, ha giocato un ruolo importante nel raggiungere condizioni di stabulazione adeguate. Ulteriori studi sono necessari per confermare tali risultati anche in altri tipi di sistemi di stabulazione di gruppo (con altre tecniche di somministrazione della razione o che impiegano gruppi dinamici) così da individuare il metodo di allevamento più idoneo a gestire in gruppo le scrofe fecondate e potenzialmente gravide.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia integrale nel file completo.

1. Cunha, E. C. P. *et al.* (2018) 'Reproductive performance, offspring characteristics, and injury scores according to the housing system of gestating gilts', *Livestock Science*, 210, pp. 59–67. doi: 10.1016/J.LIVSCI.2018.02.008.
2. Dolf, C. (1986) 'Agonistic behaviour of dry sows in single stalls and group housing with special reference to the risk of resulting lesions', *Applied Animal Behaviour Science*, 15(2), pp. 193–194. 10.1016/0168-1591(86)90084-5.
3. Edwards, S. A. (1992) 'Scientific perspectives on loose housing systems for dry sows.', *Pig Vet. J.*, 28, pp. 40–51.
4. Kirkwood, R. and Zanella, A. (2005) 'Influence of Gestation Housing on Sow Welfare and Productivity', *National Pork Board Final Report*.
5. Knox, R. *et al.* (2014) 'Effect of day of mixing gestating sows on measures of reproductive performance and animal welfare', *Journal of Animal Science*, 92(4), pp. 1698–1707.
6. Li, Y. Z. and Gonyou, H. W. (2013) 'Comparison of management options for sows kept in pens with electronic feeding stations', *Canadian Journal of Animal Science*, 93(4), pp. 445–452.
7. Spooler, H. A. M. *et al.* (2009) 'Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors', *Livestock Science*, 125(1), pp. 1–14.
8. Stevens, B. *et al.* (2015) 'Effects of stage of gestation at mixing on aggression, injuries and stress in sows', *Applied Animal Behaviour Science*, 165, pp. 40–46.
9. Strawford, M. L., Li, Y. Z. and Gonyou, H. W. (2008) 'The effect of management strategies and parity on the behaviour and physiology of gestating sows housed in an electronic sow feeding system', *Canadian Journal of Animal Science*, 88(4), pp. 559–567. doi: 10.4141/CJAS07114.
10. Turner, A. I., Hemsworth, P. H. and Tilbrook, A. J. (2002) 'Susceptibility of reproduction in female pigs to impairment by stress and the role of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis', *Reproduction, Fertility and Development*, 14(5–6), pp. 377–391. doi: 10.1071/rd02012.