

粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

鳩谷珠希・松井 望

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

Effect of Adding Seed Waste of Pickled Japanese Apricot to Litter on Farm Environment, Growth Performance of Broiler

Tamaki Hatoya and Nozomu Matsui

Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

畜産経営に起因する苦情のうち、悪臭関連の苦情は長年にわたり過半を占めている。このうち養鶏では2016年の調査で60.1%が悪臭関連の苦情となっている（農林水産省, 2017）。特に鶏ふんは窒素含量が高く、適切に保管や堆肥化处理を行っても高濃度のアンモニアが発生する（村上と藤原, 2012; 坂井ら, 2004）。したがって、養鶏業の経営規模の拡大や周辺の都市化、養鶏業と一般住民との混住化にともない、鶏ふんの臭気への対応は重要となっている。

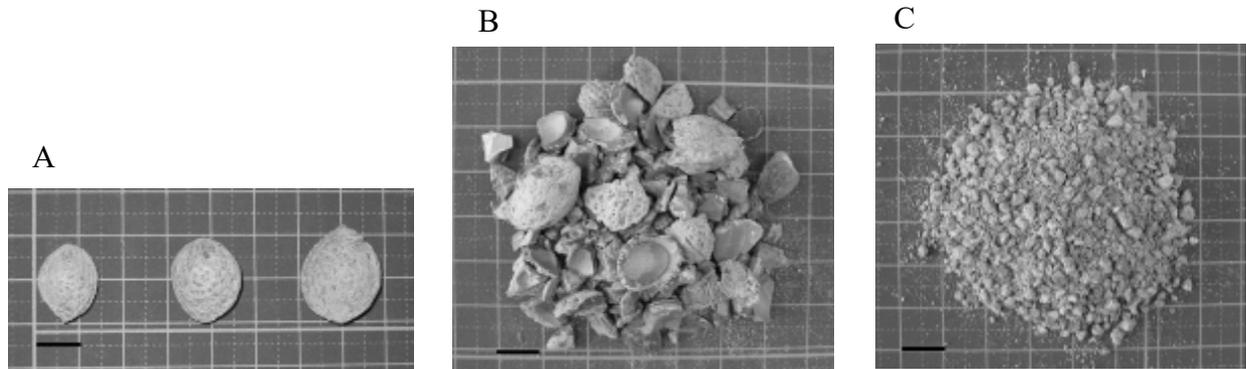
一方、全国一のウメの生産量を誇る和歌山県では、梅干しの製造工程で発生する副産物の有効利用が求められている。梅加工業者において梅肉利用時に排出されるウメ種子は、糖類や塩分、その他調味成分を含むことから再利用しづらく、有効利用が進んでいない。ウメ種子は、一部が飼料として利用されるものの、大部分が廃棄されており、和歌山県全体での廃棄量は年間1,500トンにのぼると見積もられる。

和歌山県では、梅干し製造工程における利用済みの梅調味液（以下；梅調味廃液と表示）が酸性であることに着目し、ブロイラー飼育後敷料に梅調味廃液を噴霧することで、鶏舎内作業環境中のアンモニア濃度を低減し、噴霧後の敷料も堆肥化可能であることを実証した（福島と藤原, 2013, 小松ら, 2016）。ウメ種子も梅調味廃液同様に酸性であることから、鶏ふんから発生するアンモニアの揮散を抑制し、環境中アンモニア濃度を低減できる可能性がある。また、利用後のウメ種子を鶏ふんと堆肥化できれば、梅産業と養鶏産業を含めた資源循環型社会の構築に役立つであろう。そこで、養鶏における環境中アンモニア濃度低減とウメ種子の有効活用を目的に、ブロイラー敷料へのウメ種子の混合がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響を調べた。

材料および方法

ウメ種子は、梅干しの梅肉採取後に水に浸漬して洗浄し、天日乾燥させたものを用いた。ウメ種子のpHは堆肥等有機物分析法（五十嵐, 2010b）に準じて水抽出（1:10）により測定し、4.5であ

った。ウメ種子の水分含量は堆肥等有機物分析法（五十嵐，2010a）により測定し，11.4%であった。ウメ種子はそのままの「原型」，粗く砕いた「破碎」，細かく砕いた「粉碎」の3形状とした（第1図）。ウメ種子（原型）の長径は約18～24mm，短径は約14～19mm，厚さは約10～13mmで，1粒あたりの重量は約0.7～1.8gであった。ウメ種子の破碎は破碎機（タニナカ産業，ラージ10SW型）により行い，粒度は粉状から原型まで様々であるが，大部分は数ミリ～十数ミリの小片であった。ウメ種子の粉碎は粉碎機（Retsch，SM100）により行い，粒度はおおむね3mm未満であった。



第1図 ウメ種子：原型（A） 破碎（B） 粉碎（C） スケールバーは1cm

試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

ウメ種子のアンモニアガス吸着力は脱臭基剤の簡易脱臭効果試験法（石井，2003）に準じて測定した。すなわち，容量6Lのデシケーター内で3.5%アンモニアエタノール溶液を200 μ l滴下し，直ちにウメ種子またはオガ粉を吸着資材として設置して蓋をし，1時間後のアンモニア濃度を北川式ガス検知管で測定した（第2図）。測定時は，同時に吸着資材を設置しないブランクも測定し，次式によりアンモニア減少率（%）を求め，アンモニア吸着力の目安とした。

$$\text{アンモニア減少率（\%）} = (A-B) / A \times 100$$

A；ブランクのアンモニア濃度

B；ウメ種子またはオガ粉のアンモニア濃度

なお，ウメ種子の形状は原型，破碎，粉碎の3形状とし，吸着資材の重量は，1g，2g，3gとした。



第2図 簡易脱臭装置

試験2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

2016年10月から11月にかけて，敷料にオガ粉のみを用いた区（以下，対照区という），オガ粉量の20%容積を粉碎ウメ種子で代替した区（以下，ウメ種子区という）の2区で白色レグホン系ブロイラー（チャンキー，日本チャンキー，岡山市）を50日間飼育し，飼育環境中のアンモニア濃度，敷料のpHおよび水分含量を測定するとともに，生産性を調査した。

1) 飼育条件

入雛日を1日齢とし，1日齢から21日齢までは各試験区において36羽（雌雄各18羽）を2.89 m^2 の区画で飼育し（給餌器と給水器を除いた面積は2.39 m^2 ），22日齢から50日齢までは各試験区において29羽を飼育した。

なお、飼育密度は1日齢から21日齢までは15.2羽/m²、22日齢から50日齢までは12.2羽/m²となった。

2) 敷料

敷料は高さが2.5cmとなるよう、各試験区に投入した。敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量は第1表のとおり。また、42日齢で対照区の敷料にオガ粉、ウメ種子区の敷料に粉碎ウメ種子をそれぞれ高さ0.5cmとなるよう、14.5L追加した。42日齢以降に敷料として用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量は第2表のとおり。

3) 飼育環境の測定

飼育環境中のアンモニア濃度は、北川式ガス検知管によりブロイラーの顔の高さで、1日齢から36日齢までは週2回、36日齢から50日齢までは毎日、飼育区画内の定めた2カ所で測定し、平均値を測定値とした。敷料は1週間ごとに数カ所から合計20g採材し、pHと水分含量を堆肥等有機物分析法(五十嵐, 2010a; 2010b)に準じて測定した。

4) 生産性

1日齢、22日齢、36日齢、50日齢の体重を測定し、育成率及び飼料要求率を算出した。1日齢の体重は各試験区36羽の合計体重を羽数で割った値とし、22日齢、36日齢、50日齢の体重は個体ごとに測定した。育成率は1日齢から21日齢までと、22日齢から50日齢までの期間について、期間の初日(1日齢、22日齢)における羽数と最終日(21日齢、50日齢)における生存羽数から算出した。飼料要求率は1日齢から50日齢までの飼料摂取量と50日齢体重から算出した。

第1表 試験開始時に敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量

		オガ粉	粉碎ウメ種子	合計
対照区	容積	72.3L		72.3L
	重量	15.9kg		15.9kg
ウメ種子区	容積	57.8L	14.5L	72.3L
	重量	12.7kg	8.2kg	20.9kg

第2表 42日齢以降に敷料に用いたオガ粉と粉碎ウメ種子の容積と重量

		オガ粉	粉碎ウメ種子	合計
対照区	容積	86.8L		86.8L
	重量	18.3kg		18.3kg
ウメ種子区	容積	57.8L	29.0L	86.8L
	重量	12.7kg	16.4kg	29.1kg

5) 統計処理

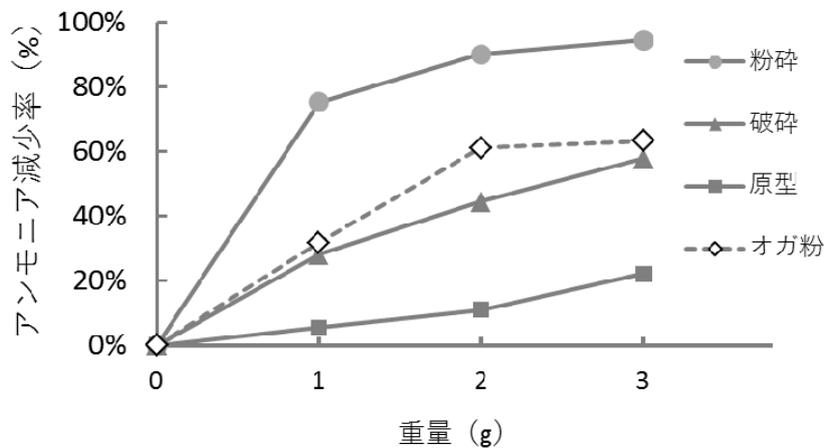
試験2の飼育環境中アンモニア濃度は、アンモニアが検出された23日齢以降の各測定点におけるアンモニア濃度について、対照区とウメ種子区の差を求め、0以下の数値を負としてカウントし、符号検定(市原, 1990)を行った。ブロイラーの育成率はX²検定により、ブロイラーの22日齢、36日齢、50日齢における体重は一元配置分散分析により、それぞれ対照区とウメ種子区をくらべ、危

険率 5%未満を有意差有とした。

結 果

試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

結果を第3図に示した。ブランクのアンモニアガス濃度はいずれも 800ppm から 900ppm の範囲内であった。アンモニア減少率は 1g, 2g, 3g のいずれの重量においても粉碎, オガ粉, 破碎, 原型の順となり, 粒度が小さいほどアンモニア減少率が高くなった。粉碎ウメ種子のアンモニア減少率は 1g で 75.3%, 2g で 90.0%, 3g で 94.4% となり, 各重量では最も高く, オガ粉より高い減少率を認めた。



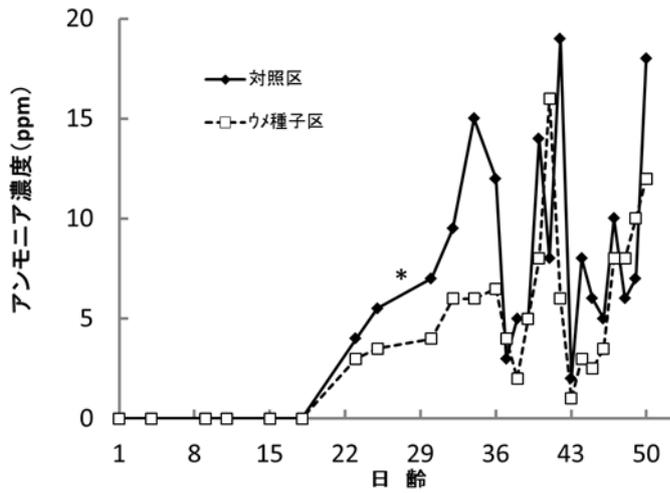
第3図 各形状のウメ種子とオガ粉のアンモニア減少率

試験2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼養環境と生産性に及ぼす影響

飼育環境中のアンモニア濃度を第4図に示した。飼育環境中のアンモニアは両試験区とも 23 日齢から検出され始め, 36 日齢までウメ種子区の濃度が対照区より低かったが, その後, 一定の傾向は認められなかった。42 日齢で対照区にオガ粉, ウメ種子区に粉碎ウメ種子を敷料に同量追加したところ, 追加後 5 日間, ウメ種子区の飼育環境中のアンモニア濃度が対照区より低かった。飼育環境中のアンモニアが検出され始めた 23 日齢以降の各測定点における測定値は, 対照区に比べウメ種子区の方が低くなる回数が有意に多かった ($P < 0.05$)。

敷料の pH の推移を第3表に示した。敷料の pH は, 飼育開始から 4 週齢までウメ種子区の方が数値的に低く推移した。5 週齢, 6 週齢における敷料の pH は, 対照区に比べてウメ種子の方がやや高く, 敷料追加後の 7 週齢では対照区よりウメ種子区の方が低かった。

敷料の水分含量の推移を第5図に示した。敷料の水分含量は, 3 週齢では対照区よりウメ種子区の方が多かったが, 4 週齢から 6 週齢では対照区よりウメ種子区の方が少なくなり, 7 週齢では両試験区でほぼ等しくなった。

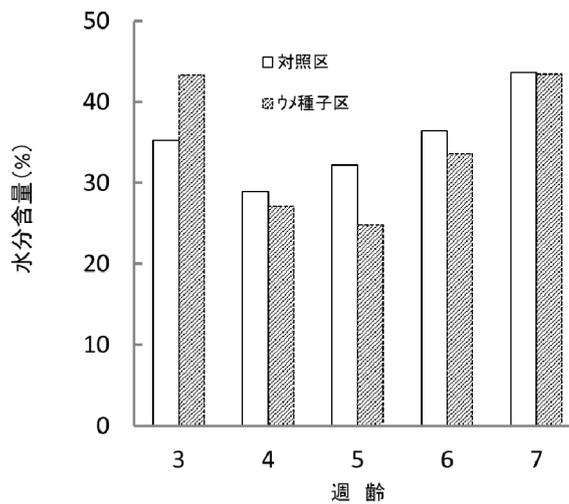


第 4 図 飼育環境中のアンモニア濃度の推移

注) * 対照区との間に有意差あり ($P < 0.05$)

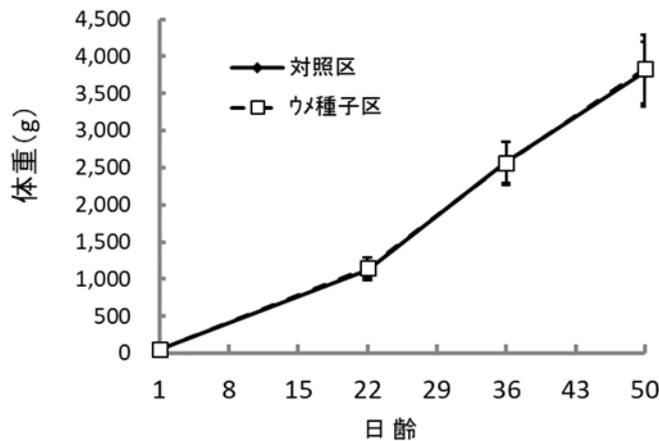
第3表 敷料のpHの推移

週 齢	0	1	2	3	4	5	6	7
対照区	5.71	6.34	6.19	7.80	8.67	8.70	8.79	8.32
ウメ種子区	5.21	5.75	5.97	7.41	8.65	8.79	8.87	7.52



第 5 図 敷料水分含量の推移

ブロイラーの体重の推移を第6図に、ブロイラーの育成率と飼料要求率を第4表に示した。ブロイラーの体重は1日齢, 22日齢, 36日齢, 50日齢において、対照区ではそれぞれ46.4g, 1128.9±108.6g, 2577.9±274.7g, 3793.1±402.9gとなり、ウメ種子区ではそれぞれ、45.3g, 1152.0±139.4g, 2564.1±290.5g, 3831.4±461.9gとなった。22日齢, 36日齢, 50日齢における体重は、対照区とウメ種子区の間には有意な差はなく ($P>0.05$)、同様に推移していた。1日齢から21日齢と22日齢から50日齢の育成率は対照区がともに100%となり、ウメ種子区の育成率を数値的にやや上回ったが、有意な差は認められなかった ($P>0.05$)。飼料要求率は対照区が1.8, ウメ種子区が1.7となり、対照区にくらべウメ種子区がやや優れた。



第6図 ブロイラーの体重の推移

第4表 ブロイラーの育成率と飼料要求率

	対照区	ウメ種子区
育成率 ^z , %	1日齢から21日齢まで	100.0
	22日齢から50日齢まで	100.0
飼料要求率	1.8	1.7

z; 1日齢から21日齢まで対照区n=36, ウメ種子区n=35.

22日齢から50日齢まで対照区n=29, ウメ種子区n=28.

y; nsは対照区との間に有意差なし ($P>0.05$)

考 察

本研究では養鶏環境におけるアンモニア対策資材として、ウメ種子の敷料利用性を調べた。

試験1 ウメ種子の形状がアンモニアガス吸着力に及ぼす影響

簡易脱臭装置を用いたアンモニア減少率から、原型、破碎、粉碎のいずれの形状のウメ種子およびオガ粉において、アンモニア濃度の減少が認められた。また、ウメ種子において、粉碎、破碎、

原型の順に、粒度が小さいほどアンモニア濃度の減少が認められ、アンモニア吸着力が大きいことがわかった。これは、ウメ種子の破碎や粉碎によって、単位重量あたりの表面積、すなわち比表面積が増加したことにより、アンモニアガスとの接触面積が増加したためと考えられる。吸着とは、液体や気体からある物質が固体表面において濃縮され、取り除かれる現象のことであり、木炭や活性炭、シリカゲルなどは、多孔質で比表面積が大きいことにより、古くから脱色剤、脱臭剤、水処理剤として使用されている(立本, 2000a)。さらに、木炭を脱臭剤として利用する場合、対象とする悪臭物質により吸着性能は大きく異なり、木炭を低温で炭化すれば酸性表面の多いものが得られ、アンモニアガスの吸着に有用である(立本, 2000b)。アンモニアは一般的に水分や pH の低い物質に吸着する性質を持っており、粉碎によるウメ種子の表面積の増加はアンモニアガスの吸着に有効であると考えられる。今回、試験に用いたウメ種子の pH は 4.5 であり、梅加工業者が実施した成分分析では、ウメ種子粉末のクエン酸含量は 0.92% であった。ウメに含まれる有機酸のうち、クエン酸がもっとも多いことから(伊藤, 2016)、ウメ種子は含有するクエン酸などの有機酸によりアンモニアガスを吸着しているものと考えられた。谷田貝と大谷(2007)はクエン酸処理布のアンモニアガス低減について報告している。また、杉浦ら(2008a; 2008b)はウメを含む果実のアンモニアガス低減について報告し、この理由として、果実に含まれるクエン酸やリンゴ酸などの有機酸による効果であると考察している。さらに、本試験において粉碎ウメ種子はオガ粉よりアンモニア減少率が高かったことから、ブロイラー飼育時の飼育環境中アンモニア濃度を低減できる可能性もあると考えられる。

試験 2 粉碎ウメ種子混合敷料がブロイラーの飼育環境と生産性に及ぼす影響

粉碎ウメ種子の敷料への混合がブロイラーの飼育環境中アンモニア濃度と生産性に及ぼす影響を調べた。本試験では、オガ粉量の 20%容積を粉碎ウメ種子で代替した敷料でブロイラーの飼育を開始し、42 日齢で対照区の敷料にオガ粉を、ウメ種子区の敷料に粉碎ウメ種子を同量追加して、飼育環境中のアンモニア濃度への影響を調べた。その結果、飼育環境中のアンモニア濃度は、対照区にくらべ、ウメ種子区で低くなる回数が有意に多かった。このことは、各測定点のアンモニアの揮散がウメ種子の敷料への混合により、抑制されている可能性を示している。この要因として、ウメ種子区の敷料の pH が 5 週齢と 6 週齢を除いて、対照区より低かったことが影響していると考えられる。

アンモニアは排せつ物の微生物的分解により敷料の中で産生され、敷料からのアンモニア揮散は、敷料の pH や水分含量、温度に影響されることが知られている(Ritz ら, 2011; AL Homidan A ら, 2003)。海外では、敷料からのアンモニア揮散抑制のため、亜硫酸水素ナトリウムや硫酸アルミニウムなどの酸性物質が一般的に使用され、敷料に添加されている(Tasistro ら, 2007)。前田ら(2014)はウメ種子より pH の低い梅調味廃液を 5%の割合でブロイラーの飼育後敷料に添加することで、堆肥化時のアンモニア揮散量の低下を報告しており、福島と藤原(2013)も同様に梅調味廃液をブロイラーの飼育後敷料に噴霧することで、鶏舎内環境中のアンモニア濃度が低下したと報告している。

今回、飼育環境中のアンモニア濃度は、アンモニアが検出された 23 日齢から 36 日齢まで、ウメ種子区の方が対照区より数値的に低かった。これは、敷料への薬剤散布の効果を調べた河合ら(1994)の報告と一致している。河合らは、硫酸水素ナトリウムを主成分とする酸性物質を、敷料に用いたオガ粉 1 m³に対して 5kg から 20kg 添加し、5 週齢末までの飼育環境中アンモニア濃度が低減する傾向が認められたと報告している。この時、薬剤を添加した区における敷料の pH は、飼育開

始時では0.6から2.4であり、添加しない区と比べて低かったが、6週齢では8.35から8.45となり、添加しない区との間に差は認められなかったとしている。Mooreら(1996)は、敷料のpHはアンモニア：アンモニウム比を決定する重要な要因であり、pHが上昇するとアンモニアが増加して、ガスとして揮散するとしている。尿酸はニワトリの排せつ物中に最も多い窒素化合物で、ウレアーゼによって分解され、アンモニアとなる(村上と藤原, 2012)。アンモニアはpHが8以上でガスとして揮散しやすく(Ritzら, 2011)、pHが8.5付近では微生物の増殖が最適となり、尿酸からアンモニアへの転換も活発となる(Reeceら, 1979)。今回の試験でも、4週齢から6週齢における敷料のpHは、両試験区において、いずれも8.6以上であり、アンモニアが揮散しやすい状況であったと考えられる。敷料のpHの上昇は、ブロイラーの発育に伴って排せつ物量が増加し、敷料中のアンモニア態窒素含量が増加したためと考えられる。

しかし今回、両試験区において敷料のpHが同様に高かった4週齢から5週齢にかけて、飼育環境中のアンモニア濃度は対照区よりウメ種子区の方が低く推移しており、敷料のpH以外の要因が影響していると考えられる。4週齢と5週齢の敷料の水分含量はウメ種子区の方が対照区より低く、むしろウメ種子区の方がアンモニアが揮散しやすい状況と考えられる。敷料の温度については測定していないが、対照区とウメ種子区のブロイラーの飼育条件は同じであり、敷料の温度の影響は少ないと考えられる。一般に、敷料に添加して用いられる種々の化学物質は、微生物の増殖を阻止することで尿酸の分解を阻止(AL Homidan Aら, 2003)、あるいは敷料のpHを低下させることによりアンモニアをイオンの形で保持してアンモニア揮散を抑制する(福本, 2009)。ウメ種子については、敷料への混合により敷料のpHが低下するが、それ以外の詳細については明らかでなく、今後、微生物への影響なども併せて、調査する必要があると思われる。

42日齢に対照区にオガ粉、ウメ種子区に粉碎ウメ種子を敷料に追加したところ、ウメ種子区のアンモニア濃度が対照区より5日間、数値的に低くなった。しかし、飼育後期のブロイラーは排せつ物量が多いため、上述の理由と同様に、効果の持続が見られなくなるものと考えられた。

6週齢から9週齢のブロイラーでは、飼育環境中のアンモニアの増加などの環境性ストレスが誘引となり、呼吸器から大腸菌が感染して大腸菌症を発病し、国内の養鶏産業において大きな経済的損失となっている(中村, 2016; 橋本, 1982)。このため、飼育環境中のアンモニア濃度を低減することはブロイラーの生産性の向上につながると考えられる。今回、ブロイラーの生産性では、対照区とウメ種子区で有意な差は認められず、育成率は対照区に比べウメ種子区が数値的に低かったものの、7週齢の体重の平均値は対照区に比べウメ種子区の方が数値的に大きく、飼料要求率も対照区に比べウメ種子区の方が数値的に優れた。Terzichら(1998)は敷料処理剤の利用により、飼育環境中のアンモニア濃度を低減して生産性が向上したとし、この理由として、呼吸器の病変が少ないと考察している。また、Deatonら(1984)は、ヒナへのアンモニアの暴露により、飼料摂取量と増体が有意に低下したと報告している。これらのことから、飼育環境中のアンモニア濃度を低減し、ニワトリの生産性を向上させる一つの方法として、粉碎ウメ種子を敷料として利用できる可能性があると考えられる。飼育環境中のアンモニア濃度を低減することは、ブロイラーだけでなく、鶏舎内作業者にとっても望ましいことであり、周辺環境へのアンモニアの漏出の低減にもつながると考えられる。さらに、海外ではアンモニア揮散抑制のために、酸性の薬剤が敷料に添加されていることを考えると、ウメ種子をアンモニア対策資材として活用することは、コスト低減にもつながると考えられる。また今回、ブロイラー敷料へのウメ種子の利用を検討したが、平飼い採卵鶏の敷料にもウメ種子を利用できる可能性があると思われる。

今回の試験では、飼育羽数が実用規模の農場と比べて少ないため、ウメ種子の敷料への混合による飼育環境中のアンモニア濃度について、今後、より大きな鶏舎で実用レベルの実験を行う必要があると思われる。また、粉碎ウメ種子混合敷料の堆肥化試験を行い、堆肥としての利用を検討する必要がある。

ウメ種子は和歌山県で恒常的に発生している梅干しの製造副産物であり、養鶏におけるアンモニア対策資材としてウメ種子を有効活用できれば、ウメ種子の再利用だけでなく、養鶏業に貢献できるものと考えられる。

摘 要

鶏ふんから発生するアンモニア対策資材として、未利用資源であるウメ種子の活用の可能性を調べた。

- 1 粉碎ウメ種子をブロイラーの敷料として、オガ粉に 20%の割合で代替して混合することにより、5 週齢頃までの飼育環境中のアンモニア濃度を低減できる可能性が示された。
- 2 ブロイラーの飼育中に粉碎ウメ種子を敷料に添加することにより、数日間程度、飼育環境中のアンモニア濃度を低減できる可能性が示された。
- 3 粉碎ウメ種子をブロイラーの敷料として、オガ粉に 20%の割合で代替して混合することにより（最終的に 33.4%）、ブロイラーの生産性に対照区との間で有意な差は認められなかった。

本研究の実施にあたりウメ種子を提供していただいた株式会社紀州ほそ川に深謝いたします。

なお、本研究は、和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業「ウメ種子活用による養鶏臭気対策」（2015 年度～2017 年度）で実施した。

引用文献

- AL Homidan A, Robertson J.F., Petchey A.M. 2003. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal*. 59(3). 340-349.
- Deaton JW, Reece FN, Lott BD. 1984. Effect of atmospheric ammonia on pullets at point of lay. *Poultry Science*. 63(2). 384-385.
- 福本泰之. 2009. 家畜ふん堆肥化における窒素保持. *農業および園芸*. 84(1). 164-169.
- 福島学・藤原美華. 2013. 梅調味廃液を活用した出荷後ブロイラー敷料の臭気低減技術. 平成 24 年度和歌山農林水産成果情報
- 橋本和典. 1982. 大腸菌症. 堀内貞治編. 鶏病診断. 355-370. 家の光協会. 東京.
- 市原清志. 1990. バイオサイエンスの統計学. 42-45. 南江堂. 東京.
- 五十嵐孝典. 2010a. 主要成分分析法 水分. 堆肥等有機物分析法. 29. 日本土壌協会. 東京.
- 五十嵐孝典. 2010b. 主要成分分析法 pH. 堆肥等有機物分析法. 30. 日本土壌協会. 東京.
- 石井光代. 2003. 脱臭基剤の簡易脱臭効果試験法. 和歌山県工業技術センター技術情報誌テクノリッジ 257. 3.
- 伊藤三郎. 2016. 食物と健康の科学シリーズ・果実の機能と科学. 52. 朝倉書店. 東京.
- 河合恒祐・川島奈美・田口和夫. 1994. ブロイラー飼養管理試験 ウィンドウレスブロイラー用鶏舎

- における敷料処理剤「PLT」の散布効果. 岐阜県養鶏試験場研究報告. 41. 28-32.
- 小松希・福島学・松井望. 2016. 梅調味廃液・微生物資材を活用した養鶏環境改善技術の開発. 和歌山農林水研報 4. 97-100.
- 前田恵助・橋本真穂・林恭弘・豊吉正成. 2014. ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響. 日本家禽学会誌. 51. 33-42.
- Moore Jr PA, Daniel TC, Edwards DR, and Miller DM. 1996. Evaluation of Chemical Amendments to Reduce Ammonia Volatilization from Poultry Litter. Poultry Science. 75. 315-320.
- 村上圭一・藤原俊六郎. 2012. 鶏糞を使いこなす. 39-44. 農文協. 東京.
- 中村菊保. 2016. 大腸菌症. 鶏病研究会編, 家禽疾病学. 鶏病研究会. 106-109. 茨城.
- 農林水産省. 畜産経営に起因する苦情発生状況. 生産局畜産部畜産振興課環境計画班. 2017.
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/kujou28_02.pdf
- Reece FN, Bates BJ, Lott BD. 1979. NH₃ control in broiler houses. Poultry Science. 58. 754-755.
- Ritz CW, Tasistro AS, Kissel DE and Fairchild BD. 2011. Evaluation of surface-applied char on the reduction of ammonia volatilization from broiler litter. Journal of Applied Poultry Reserch. 20. 240-245.
- 坂井隆宏・脇屋裕一郎・岩永致悦. 2004. 畜種の違いが家畜ふん堆肥化過程の発酵, 臭気および堆肥成分に与える影響. 西日本畜産学会報 47. 47-53.
- 杉浦愛子・高柳紅美・浅海真弓・森俊夫・日下部信幸. 2008a. 天然素材のアンモニア消臭性と利用方法. - 果実および野草のアンモニア消臭性-. 繊維製品消費科学. 49. 349-354.
- 杉浦愛子・高柳紅美・浅海真弓・森俊夫・日下部信幸. 2008b. 天然素材のアンモニア消臭性と利用方法. - 布のアンモニア消臭性と綿布の消臭性向上の試み-. 繊維製品消費科学. 49. 355-360.
- Tasistro AS, Ritz CW, Kissel DE. 2007. Ammonia emissions from broiler litter: response to bedding materials and acidifiers. British Poultry Science. 48(4). 399-405.
- 立本栄機. 2000a. おもしろい炭のはなし. 53. 日刊工業新聞社. 東京.
- 立本栄機. 2000b. おもしろい炭のはなし. 123. 日刊工業新聞社. 東京.
- Terzich M, Quarles C, Goodwin MA, Brown J. 1998. Effect of Poultry Litter Treatment (PLT) on the development of respiratory tract lesions in broilers. Avian Pathology. 27. 566-569.
- 谷田貝麻美子・大谷恭子. 2007. クエン酸処理布のアンモニア消臭性能. 繊維製品消費科学. 48. 541-542.