

採卵鶏における木炭及び木酢液添加飼料の給与試験

野口宗彦¹、高橋一郎²、小池則義³、北條享、眞方優

¹栃木県塩谷農業振興事務所

²栃木県北家畜保健衛生所

³栃木県経営技術課

要約 本試験は木酢添加区及び木炭・木酢混合給与区と対照区を比較検討した試験1と、木酢添加区の添加濃度を変えて検討した試験2を行った。

両試験とも試験期間中の飼料消費量、要求率には有意な差は認められなかった。また、期間中の平均産卵率に大きな差は見られなかったが、両試験ともに木酢液1%添加区が低い傾向にあった。

次に生産物の品質という点では、両試験ともに試験開始10週目及び終了時の卵質においては、大きな差は認められなかった。また、鶏卵の品質保持に与える影響を見るため、保存日数の違いによるハウユニットの変化を検討したところ、試験1では3日目で木酢液1%添加区が有意に低い結果となったが、10日目における数値に差は見られなかった。一方、試験2では、0、3、5、10日目のいずれにおいても大きな差は見られなかった。これらの結果から、木炭及び木酢液の飼料添加は卵の生産性や品質及びその保持に対する影響が少ないことが考えられた。

臭気については、試験1においては木酢液1%添加区と木炭・木酢混合給与区共に鶏糞中のアンモニア、硫黄化合物、低級脂肪酸のいずれの臭気強度にも大きな差は見られなかった。また、試験2では試験区のみで考慮した場合、終了時の木酢液1%添加区が僅かに低い傾向を示した。しかし、両試験においても対照区と比較した場合臭気強度が添加区の方が高くなる傾向を示した。これらのことから、木酢や木炭・木酢の飼料への混合添加が臭気に及ぼす効果は少ないことが考えられた。

以上のことから、木酢液の飼料添加による生産性向上および臭気の抑制に対する効果は、本試験においては特に認められなかった。

結 言

近年、有機農法や自然農法への取り組みが広く行われており、消費者の関心を引いている。その一環として、木炭や木酢液が農業分野における生産資材のひとつとして注目を集めている。これらはすでに植物栽培の領域においては広く活用されているが、畜産、水産といった動物の飼養管理や環境改善への応用も検討され始めており、その効果が期待されている。

現在、畜産については、主に環境対策の一環として消臭効果を目的とした技術の検討が多く行われており、家畜排泄物からのアンモニアを初めとする臭気濃度の低減に効果を上げている例も報告されている¹⁾。そして、この様な技術をさらに推進したものとして、家畜の飼料に直接添加することで排泄物の臭気抑制、及び生産性や生産物の品質向上を図ることが検討されている²⁾。

現在、木酢液を主成分とする飼料添加製剤は既に実用化されており、採卵鶏への給与試験で産卵成績、飼料要求率、卵質、孵化率についても有意に改善されたという報告がされている³⁾。この報告により、林業部門の副産物である木炭、木酢液の新たな活用方法が見出されただけではなく、木炭、木酢液が地域の林業振興の一翼を担う可能性も考えられる。

現在、生産された木酢液を用いた様々な研究が行わ

れており、その添加濃度の検討等がなされているが、良好な結果は得られていない⁴⁾。しかしながら、木酢液の直接飼料添加による給与技術が確立されれば、製品化され特許まで取得している製剤を利用する場合よりも低コストであることが考えられ、さらには各地域で生産されている木酢液の活用法を新たに開拓することにもつながる。

この様な背景から、栃木県では、畜産試験場と林業センターの共同による横断的研究のテーマとして木炭・木酢の施用効果に関する研究を取り上げ、本県産木炭、木酢液の活用法について検討することとなった。

本試験では、畜産分野でもこうした技術の普及性が比較的高いと考えられる採卵鶏部門で、木炭、木酢液を飼料に添加して給与することによる産卵性、卵質、消臭効果について検討した。

材料及び方法

試験1

1. 試験期間

試験期間は平成13年12月5日(176日齢)から平成14年4月23日(315日齢)までの20週間とした。

2. 使用木酢液

木酢液は栃木県林業センターより提供されたものを分析し、性状を把握した上で用いた。また試験期間

中使用したものについては、全て同一ロットとなるよう留意した。性状はpH2.86、比重1.011、酸度8.26%の赤褐色透明で浮遊物は認められず、いずれの項目も日本木酢液協会で適合基準とされる範囲内にあり、品質的に安定したものである事が考えられた。

3. 試験区分及び供試羽数

試験区分は、対照区を市販成鶏用配合飼料(CP17%、ME2850kcal)のみを給与したものとした。試験区は、対照区と同じ市販成鶏用配合飼料に重量比で木酢液を1%添加したものを木酢添加区とし、同様に市販成鶏用配合飼料に木酢液を1%添加し、さらに木炭を1%加えたものを木酢・木炭区とした。

供試鶏は赤玉系コマーシャル鶏を用い、供試羽数は1試験区当り25羽とし、3試験区各3反復の合計225羽で実施した。

4. 管理方法

餌づけから28日齢時までは電熱バタリーで飼育し、29日齢時から123日齢時までは中大すうバタリーで群飼、124日齢以降は試験鶏舎に収容し、単飼ケージ飼いとす。また、悪癖防止のため8日齢時でデビーク(断嘴)を行った。

その他の管理については畜産試験場の慣行法により実施した。

点灯は141日齢時から実施し、自然日照と合わせて14時間になるよう設定した。なお、全期間を通じて自由採食、自由飲水とした。

5. 調査項目

調査項目は、試験期間中の生存率、1羽当たりの平均産卵個数、平均産卵率、平均日産卵量、飼料消費量、飼料要求率、試験開始時と終了時の平均体重、卵質検査、及び糞中の臭気調査とした。なお卵質検査は、飼料給与後10週時及び20週時に行い、さらに、20週時において17℃に保存し産卵後0、3、5、10日経過時のハウユニットについても検査を行った。そして、糞中の臭気調査については、試験開始後15週時及び試験終了時において100リッター臭い袋法で実施した。本法は、100リッターのポリビニール袋に新鮮な鶏糞1kgを採集し開放状態で20℃の恒温室に23時間放置後無臭空気を充填し、1時間後に内部の空気を回収し、検知管によるアンモニアの濃度測定とガスクロマトグラフィーによる揮発性脂肪酸及び硫黄化合物濃度の分析を行った。

試験2

1. 試験期間

試験期間は平成14年9月26日(141日齢)から平成15年2月17日(285日齢)までの20週間とした。

2. 試験区分及び供試羽数

試験区分は、対照区を市販成鶏用配合飼料(CP17%、

ME2850kcal)のみを給与したものとした。試験区は、対照区と同じ市販成鶏用配合飼料に重量比で木酢液を0.5%添加したものを木酢液0.5%添加区とし、同様に市販成鶏用配合飼料に木酢液を1.0%添加したものを木酢液1.0%添加区とした。

供試鶏及び供試羽数は試験1と同様とした。

3. 管理方法

管理方法については、全て試験1と同様とした。

4. 調査項目

調査項目は試験1と同様とした。

結果及び考察

表1には供試木酢液の性状について示した。その結果、本試験で用いた木酢液の品質は、日本木酢液協会の適合基準と照らし合わせても、品質的に安定したものであることが考えられた。

表2、3には生産性についての結果を示した。生存率については対照区試験区ともに100%と良好であった。飼料の消費量、飼料要求率、及び試験終了時体重、については木酢添加区でやや低い数値となったものの有意な差は見られなかった。さらに表3の産卵性の結果において、木酢添加区が一貫してやや低い数値を示していることも、この飼料摂取量の差による影響であることが考えられたが、表2の結果同様有意な差とは認められなかった。木酢添加区のみがやや低い数値になった原因としては、木酢液添加が鶏の飼料摂取に対し何らかの悪影響を及ぼした事が考えられる。しかし、木酢・木炭区の結果が対照区と大きな差がなかったことから、木炭添加によるこの要因をうち消す効果があることが推測された。この結果と木酢液単独添加の結果とを考慮すると、これらのことから、木酢液及び木炭の添加による生産性向上に与える効果は認められなかった。

表4は、木酢及び木炭の添加が卵の保存性に与える影響をハウユニットの経日変化により示したものである。その結果、保存開始3日目、木酢添加区が有意に低い結果となった以外に大きな差は認められなかった。また、全体と比較すると、両試験区とも保存開始時からハウユニットが低く、その後の推移も対照区とほぼ同じ、もしくは低い傾向にあった。開始時のハウユニットが試験区で低い理由として、前述の飼料摂取量の影響が挙げられる。すなわち、試験区と対照区の飼料摂取量に大きな差はなかったが、試験区は対照区に比べ木炭及び木酢液が混合されている分、栄養価が低く、これらの要因が開始当初のハウユニットに影響しているものと思われる。また、開始時と終了時とのハウユニットの差については、対照区が24であるのに対し、木酢区が27.7、木酢・木炭区が27.5と共に大きな値を示しており、この事は、両試験区とも対

照区よりも鮮度保持の点で劣る事を示している。これらのことから、木炭及び木酢液の飼料添加は卵の保存性向上に対し有効ではないと考えられる。

次に生産物の品質そのものに与える影響を調べるため、卵質調査を行った。その結果を表 5 に示した。試験開始 10 週時で試験区において卵殻強度やハウユニットで高い傾向が見られたが、終了時においては、いずれも大きな差とは認められず、卵質そのものに与える効果についても小さいことが考えられた。また、試験区はいずれも肉斑出現率が対照区よりも高い傾向にあり、これは木酢液添加が鶏の生理へ何らかの影響を与えた結果と思われる。

表 6 には試験開始 15 週目及び終了時における糞中の臭気成分の強度について示した。アンモニアについては、終了時で試験区の臭気強度が下がる傾向が見られたが、有意な差は認められなかった。硫黄化合物のうち硫化水素及び二硫化メチルは対照区、試験区とも

に 15 週目及び終了時で検出値以下であった。また、硫化メチルについては添加による抑制効果は認められず、メチルメルカプタンについては、添加区でむしろ高い数値となった。結果的に硫黄化合物についてはアンモニア以上に差が認められなかった。次に低級脂肪酸については、15 週目と終了時を比較すると、終了時において木酢・木炭添加区が低い傾向にあり、特にノルマル酪酸が低い数値を示した。しかし、全体としてみた場合、対照区も同様に低下傾向を示していることから、木酢液や木炭との混合添加による影響に加えて、別な要因が臭気強度の低下を引き起こしている可能性も考えられ、添加による実質的な影響がどの程度のものであったかを類推することは困難である。以上のことから、木酢の単独あるいは木炭との混合給与が鶏ふんの臭気に及ぼす効果は非常に小さいと考えられる。

表 1 供試木酢液の性状

	適合基準	供試木酢液
pH	1.5~3.7	2.86
比重	1.005 以上	1.011
酸度	1~18%	8.26%
色調・透明度	黄色～淡赤褐色 ～赤褐色透明 (浮遊物無し)	赤褐色透明 (浮遊物無し)

表 2 生存率及び飼料の利用性(176~315 日齢)

区 分	生存率 %	飼料	飼料	平均体重	平均体重
		消費量 g/日	要求率	(試験開始時) g	(試験終了時) g
対照区	100.0	101.8	1.80	1935.4	2149.3
木酢添加区	100.0	95.28	1.74	1937.1	2087.7
木酢・木炭区	100.0	101.1	1.80	1911.5	2120.4

表 3 産卵性(176~315 日齢)

区 分	平均	産卵	平均	平均
	産卵率 %	個数 個	日生産量 g	卵重 g
対照区	90.4	126.5	56.5	62.5
木酢添加区	87.9	123.0	54.7	62.3
木酢・木炭区	89.2	124.8	56.2	63.0

表 4 保存卵の経過日数によるハウユニットの変化

区 分	HU	経過日数			
		0	3	5	10
対照区	HU	93.1	85.0	76.3	69.1
木酢添加区	HU	92.4	77.5*	73.2	64.7
木酢・木炭添加区	HU	91.6	83.1	76.4	64.1

* : 有意差あり (5%水準)

表5 卵質(試験開始10週目及び終了時)

区分	卵重 g	卵殻厚 mm	卵殻 強度 kg/c m ²	肉斑 出現率 %	卵黄色	卵黄重 g	HU
対照区10週目	62.7	0.35	3.7	30.0	12.0	15.8	92.9
木酢添加区10週目	64.4	0.35	4.0	50.0	11.8	15.8	93.8
木酢・木炭添加区10週目	65.5	0.36	4.2	60.0	11.3	15.7	96.3
対照区終了時	66.5	0.35	3.4	20.0	11.7	16.5	93.1
木酢添加区終了時	65.3	0.34	3.5	50.0	11.7	17.4	92.4
木酢・木炭添加区終了時	69.4	0.36	3.5	50.0	11.4	18.1	91.6

表6 試験開始15週時及び終了時における臭気強度表示

試験区分	アンモニア 検知管	硫化 水素	メチルメ ルカ プタン	硫化 メチル	二硫化 メチル	プロピ オン酸	カルバ ル酸	イギ草 酸	カルル 吉 草酸
対照区開始15週目	3.5~4	0	0	3~3.5	0	1~2	3.5~4	3~3.5	3.5~4
木酢添加区開始15週目	3.5~4	0	0	2.5~3	0	2~2.5	4~5	3~3.5	3.5~4
木酢・木炭添加区開始15週目	3.5~4	0	0	3~3.5	0	1~2	4~5	0	3.5~4
対照区試験終了時	3.5~4	0	0	3.5~4	0	1	3~3.5	0	0
木酢添加区試験終了時	3~3.5	0	3.5	3.5~4	0	1~2	3~3.5	0	0
木酢・木炭添加区試験終了時	3.5~4	0	3.5~4	3.5~4	0	0~1	2.5~3	0	0

※臭気強度表示法

0：無臭、1：やっと感知できる臭い（検知閾値）、2：何の臭いかわかる弱い臭い（認知閾値）、3：楽に感知できる臭い、4：強い臭い、5：強烈な臭い

試験2の結果を表7~11に示す。

表7は生存率及び飼料の利用性を示している。生存率については、全区ともに100%と良好で差は見られなかった。また、飼料の消費量については、試験1とは異なり木酢添加区でやや高い傾向にあったが、有意な差は見られなかった。このため、飼料要求率及び試験終了時体重においても木酢添加区が同様に高い傾向を示したが有意な差は見られなかった。木酢液添加による飼料摂取量の低下が試験1より推測されたが、試験2の結果と共に考慮すると木酢液添加は飼料摂取量に影響を与えない事が示唆された。一方、産卵性については、木酢液1.0%添加区がやや低い傾向を示した(表8)。飼料摂取量に差が認められなかった事を考慮すると、木酢液の添加濃度の差が産卵率に悪影響を与えている事が示唆された。一方、0.5%添加区と対照区を比較した場合、僅かではあるが0.5%添加区が高い傾向にあった。

表9は卵の保存性に与える影響をハウユニットの経日変化によって比較した結果を示したが、特に大きな差は認められなかった。だが、木酢液添加区は全区を通してハウユニットが低い傾向にあった。この結果は試験1と同様の傾向であるが、飼料摂取量は試験1と比べ高い傾向にある。このことから、木酢液添加による卵質の悪化は、木酢液添加による嗜好性の低下を原因とした間接的なものというよりも木酢液添加による直接的なものである事が考えられたが、産卵開始後の加齢の影響が最も大きいと考える事が妥当である。

開始時と終了時とのハウユニットの差については試験1とは異なり、対照区が19.8に対し木酢0.5%添加区が17.0、木酢1.0%添加区が14.5と添加区で小さくなる傾向にあった。だが、前述の結果と共に推測すると、試験1で論じた木酢液添加による保存性への悪影響についても有意な差はないと思われる。

卵質調査の結果を表10に示す。試験開始10週時及び終了時の結果は各項目において明確な差は見られなかった。ハウユニットの値が終了時で低下した理由としては、前述した様に試験鶏の加齢が影響していると思われ、木酢液の添加及び添加濃度による卵質への影響は小さいと思われる。その一方で、試験1と同様に試験区において肉斑出現率が高い傾向にある理由は前述と同様に詳しい原因が不明なため、今後の課題である。

表11には試験開始15週目及び終了時における糞中の臭気成分の強度について示した。アンモニアについては、木酢液0.5%添加区に僅かな抑制効果が見られたが、試験1と同様に有意な差はなかった。一方、硫黄化合物については二硫化メチル以外で試験1とは異なった結果が得られ、以下の通りである。硫化水素の臭気強度が試験1では全区とも閾値に達していなかったのに対し、試験2では終了時の全区において認知閾値に達していた。また、メチルメルカプタンについても試験1で15週目が全区とも閾値に達していなかったのに対し、試験2では対照区及び1%添加区において閾値に達していた。これらは試験終了時におい

て抑制効果が認められない点で一致しているが、その原因については不明であり、今後の課題である。次に低級脂肪酸については、試験開始 15 週目で比較した場合は木酢液 1% 添加区が他の区よりも僅かに低い傾向にあったが、試験終了時では対照区が添加区より

も低い傾向にあった。以上の事から、本実験における木酢液の添加による臭気低減効果は殆ど見られず、場合によっては臭気強度が増加する事が示唆された。

表 7 生存率及び飼料の利用性(141~286 日齢)

区 分	生存率	飼料 消費量	飼料 要求率	平均体重 (試験開始時)	平均体重 (試験終了時)
	%	g/日		g	g
対照区	100.0	108.2	2.12	1662.3	2066.6
木酢液 0.5% 添加区	100.0	110.2	2.16	1645.7	2101.7
木酢液 1.0% 添加区	100.0	112.4	2.24	1653.9	2072.9

表 8 産卵性(141~286 日齢)

区 分	平均 産卵率	産卵 個数	平均 日生産量	平均 卵重
	%	個	g	g
対照区	87.4	127.6	51.3	58.7
木酢液 0.5% 添加区	87.6	127.8	51.1	58.4
木酢液 1.0% 添加区	85.4	124.7	50.2	58.8

表 9 保存卵の経過日数によるハウユニットの変化

区 分	HU	経過日数			
		0	3	5	10
対照区	HU	93.0	81.0	82.6	73.2
木酢液 0.5% 添加区	HU	91.2	81.4	80.6	74.2
木酢液 1.0% 添加区	HU	90.6	80.4	79.8	76.1

表 10 卵質(試験開始 10 週目及び終了時)

区 分	卵重	卵殻厚	卵殻 強度	肉斑 出現率	卵黄色	卵黄重	HU
	g	mm	kg/c m ²	%		g	
対照区 10 週目	60.4	0.34	3.9	30.0	11.8	14.6	98.4
木酢液 0.5% 添加区 10 週目	58.9	0.36	4.1	30.0	11.9	14.1	97.8
木酢液 1.0% 添加区 10 週目	60.4	0.34	3.9	30.0	11.8	14.6	98.5
対照区 終了時	62.8	0.36	3.8	20.0	11.5	15.8	92.6
木酢液 0.5% 添加区 終了時	63.2	0.35	3.7	50.0	11.6	16.4	91.7
木酢液 1.0% 添加区 終了時	63.6	0.35	4.0	40.0	12.1	16.3	93.2

表 11 試験開始 15 週時及び終了時における臭気強度表示

試験区分	アモニア 検知管	硫化水 素	メチルメカ プタ	硫化 メチル	二硫化 メチル	プロピ オン酸	ルナル酪 酸	イ吉草 酸	ルナル吉 草酸
対照区開始 15 週目	3.5~4	0	4~5	3.5~4	0	1~2	4~5	0	2~2.5
木酢 0.5% 区開始 15 週目	3.5~4	2~2.5	0	3.5~4	0	1~2	4~5	0	2~2.5
木酢 1% 添加区開始 15 週目	3.5~4	0	3.5~4	3.5~4	0	1~2	3.5~4	0	2~2.5
対照区試験終了時	4~5	2.5~3	4~5	4~5	0	0	2.5~3	0	1~2
木酢 0.5% 区試験終了時	3~3.5	2~2.5	4~5	3.5~4	0	2~2.5	4~5	2~2.5	2.5~3
木酢 1% 添加区試験終了時	3.5~4	2.5~3	4~5	3.5~4	0	1~2	4~5	0	1~2

※臭気強度表示法

0 : 無臭、1 : やっと感知できる臭い (検知閾値)、2 : 何の臭いかわかる弱い臭い (認知閾値)、3 : 楽に感知できる臭い、4 : 強い臭い、5 : 強烈な臭い

総合考察

本試験では、木炭及びその製造時の副産物である木酢液について畜産分野における新たな利用効果を明らかにするため、採卵鶏を用いて飼料への直接添加が与える影響を検証した。

試験1では、木酢液1%及び木炭1%・木酢液1%混合添加飼料の給与が卵の生産性や品質、その保持に対する影響、及び糞中の臭気に与える影響について検討した。さらに試験2では、木酢液の添加濃度を0.5%と1.0%に設定し、その違いが与える影響について同様に検討した。その結果、木炭及び木酢液の添加による効果は、卵の生産性、生産物の品質向上及び臭気の抑制に対し顕著には認められなかった。このことから、木酢液の効果的な利用法としては、従来通りに臭気等低減を目的として畜舎や堆肥舎へ直接散布する方法が最も望ましいと思われる。また、木酢液の飼料添加効果が低い事他に飼料添加が困難である理由としては、下記の事が挙げられる。すなわち、労力的な問題、経済的な問題、及び安全性の問題である。

労力的な問題としては、木酢液添加時における飼料調整作業の問題が挙げられる。本試験を実施するにあたり、当場では大型の攪拌機を用いた。しかし、一般生産農家の立場を考慮した場合、このような施設の整備は困難であり、添加方法の検討が必要となる。しかし、どのような方法を用いるとしても機械を用いずに行うとすると相当な労力を要すると思われる。また、現行の添加方法が最善策とは断言できず、検討の余地があると思われる。現行以外の方法で労力低減を図る方法として、スプレー等による飼料への直接散布が考えられる。しかし、この方法では木酢液の添加濃度を一定に保つ事が困難であり、鶏への飼料摂取量にバラツキが生じてしまう可能性がある。

次に経済的な問題としては、木酢液添加による飼料コストの増加とその採算性との兼ね合いの問題が挙げられる。本試験で用いた木酢液は500円/Lであり、1%添加したとすると飼料費が1kg当たり5円高くなる。鶏の飼料費で考えた場合、これはかなりの高コストである。更に、本試験で判明した様に効果の程度や安定性に大きな問題がある事を考慮すると、付加価値として反映させることが難しいと思われる。これらの事から、コスト回収が困難である事は否定しかねる。

最後に安全性の問題としては、その安全性が確実に保証されていない点が挙げられる。もし、木酢液を飼料に添加する場合には、その安全性を確認するために様々な検査を行う必要がある。また、これらの検査費用は当然の事ながら生産者が負担する事となる。本試験において、これらの点についての検討を行わなかった理由は、その添加効果を確認した結果、その安全性を検討するに足る程の結果が得られなかったと判断したためである。その上、前述した検査等にかかわるコストを考慮したとしても、その生産物の価格に反映

できるとは断言しがたい。

本試験の意図として地域資源の活用という側面がある。しかし、現時点においては本県産の木炭及び木酢液を飼料添加して付加価値卵を生産し利潤を得る事は、技術的に困難である。しかし、それは現段階ではこのような結論に至ったという事に過ぎない。すなわち、木酢液が単に効果が認められなかったと結論づけるのではなく、現時点では従来のような利用方法が技術的にも経済的にも妥当であると暫定的に試験結果を捉えるべきである。今後、木酢液に対する知見や技術がより発達していく事が考えられるが、その時にこの事について再検討することで、詳細な効果が判明するであろう。また、その上で木酢液及び生産された食品についての品質基準や安全基準等が検討され確立される必要があると考える。

謝辞

本試験を実施するにあたり、木炭及び木酢液を供与していただき、また貴重なご助言、ご指導をいただいた栃木県林業センター研究部粕谷嘉信技師に感謝します。

文献

- 1) 殿内正芳・清水幸次・永田信一・杉浦銀治・遠藤正男・雲林院源治. ビニールハウス利用の鶏糞乾燥における消臭試験. 東京都畜試試験研究報告, 14:103-109. 1975
- 2) 芝角周三・大角清之・海老沢昭二・関谷龍吉. 鶏に対するゼオライトおよび木酢の飼料混合投与試験. 岐阜県種鶏場研究報告, 24:42-46. 1977.
- 3) 坂井田節・塩谷栗夫・田中稔治. 木酢液を主成分とする製剤が鶏の産卵成績および卵質に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 24:44-49. 1987.
- 4) 坂井田節・塩谷栗夫・田中稔治. 木酢液を主成分とする製剤が鶏の孵化成績に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 24:374-377. 1987.
- 5) 明間基生・松田隆一・笠原香澄・垣内秀志・高島孝一・加藤武市. 木酢液を添加した飼料が鶏の産卵、発育及び鶏ふんの臭気に及ぼす影響. 福井県畜産試験場研究報告, 14:47-59. 2000.