

原著論文

沖縄県内での植物におけるアンモニア濃度低減効果の検討

玉城政信・屋良朝宣¹⁾・波平知之¹⁾・安里昌弘¹⁾・村田正将¹⁾・鈴木直人²⁾・辻本卓郎³⁾

元琉球大学農学部・¹⁾琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター・²⁾元沖縄県畜産研究センター・

³⁾一般財団法人 沖縄県環境科学センター

(受付2019年11月4日:受理2020年4月6日)

要 約

沖縄県内で生垣として扱われているブッソウゲなどを鉢植えし、土のみの鉢を対照として、実験Ⅰではそれらをアクリルボックス内に置き、1%アンモニア液5 ml を注入し揮発アンモニア濃度の低減効果を検討した。

アンモニア液注入2時間後の濃度は、カエンカズラ区が 4.1 ± 2.6 ppm と対照区より有意 ($p < 0.01$) に低くなった。4時間後にはカエンカズラ区 < ブッソウゲ区 $\approx$ アカリファ区 < マツリカ区 < 対照区の順になり、カエンカズラ区、ブッソウゲ区、アカリファ区は対照区より有意 ($p < 0.01$) に低くなった。葉面積 100 cm^2 あたりの揮発アンモニア低減では、アンモニア液注入4時間後にはカエンカズラ区で 2.3 ± 1.3 ppm と高く、アカリファ区とブッソウゲ区より有意 ($p < 0.01$) に優れていた。カエンカズラ、ブッソウゲとアカリファは揮発性アンモニア低減に有効と考えられた。

実験Ⅱの葉を落とした影響では、樹高、樹幅で各区とも影響は少なく、葉の枚数は、155日後には再生・回復した。

キーワード: アカリファ, アンモニア除去能, カエンカズラ, ブッソウゲ。

緒 論

沖縄県では亜熱帯の温暖な自然特性を活かし、畜産の産出額が457億円と農業産出額の45.5%を占め、農業の基幹的部門となっている(沖縄県農林水産部畜産課 2019)。しかしながら、畜舎と一般住宅が混住化し、畜産経営体の環境問題がクローズアップされている。沖縄県内でも畜産経営体からの環境問題が2018年度には32件発生し、そのうち悪臭問題に関する割合は62.5%に達している(沖縄県農林水産部 2019)。そこで、畜舎から発生する悪臭の低減・除去、敷地外への拡散防止などが必要である。その方法の一つとして景観を配慮した生垣が考えられる(高橋 2004)。畜舎から排出される悪臭物質の一つであるアンモニアは、「悪臭防止法」において特定悪臭物質として規制されている。国内では群馬県内において高橋ら(1994)が、樹木にアンモニア除去能力があることを報告している。しかし、亜熱帯地域での植物については石田ら(2018)の報告はあるものの例数が少ない。そこで、本研究ではさらに沖縄県内で生垣等に用いられ、又は生け垣等への利用の可能性がある植物4種のアンモニア濃度低減効果および植物の剪定等を考慮し、その再生能について検討を行ったので報告する。

材料および方法

実験Ⅰは、琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター(以下、フィールド科学センターとする)8番圃場内ビニールハウス室にて、2019年1月28日から同月31日に実施し、供試植物は沖縄で一般的に取り扱われている

ブッソウゲ (*Hibiscus rosa-sinensis* L.), ニシキアカリファ (以下, アカリファとする) (*Acalypha wilkesiana* Muell.-agr. cv. Musacia), カエンカズラ (*pyrostegia Vonusita* (Ker-Gawi) Miers), マツリカ (*Jasminum Sambac* (L.) Aiton) を用いた (表1, 写真1). 供試植物の中では, ブッソウゲは葉の数 (428.7 ± 67.5 枚), 葉面積 (2933.0 ± 171.0 cm²), 葉の生重量 (76.6 ± 4.8 g) の値が高く, アカリファは葉1枚あたりの面積が最大 (12.7 ± 1.6 cm²) で, カエンカズラは葉面積 (438.0 ± 141.5 cm²), 1枚あたり面積 (4.8 ± 1.1 cm²) が供試植物中最小である.

表1 供試植物の樹高, 葉の数, 面積および重量

樹木名	n	樹高(cm)	葉数/鉢	葉面積(cm ²)	1枚あたり面積(cm ²)	葉の生重量(g)
ブッソウゲ	3	50.7 ± 1.2	428.7 ± 67.5	2933.0 ± 171.0	6.9 ± 0.8	76.6 ± 4.8
アカリファ	3	55.0 ± 3.0	184.7 ± 9.1	2345.7 ± 373.7	12.7 ± 1.6	54.8 ± 8.6
カエンカズラ	3	28.3 ± 7.6	91.3 ± 20.6	438.0 ± 141.5	4.8 ± 1.1	10.8 ± 2.0
マツリカ	3	56.7 ± 11.5	157.7 ± 49.8	1294.0 ± 551.7	8.0 ± 0.9	35.0 ± 18.6

注) 植物以外に, 土のみの鉢を対照区として3鉢用いた.

鉢(高さ330 mm, 上部直径270 mm, 下部直径215 mm, 容積15.2 ℓ)に植えている各供試植物をビニールハウス室の床の上に設置したコンクリートパネルの塗装面に置き, 透明アクリル板(厚さ3 mm)で作成したボックス(457 mm×457 mm×高さ915 mmの四角柱で底の部分はアクリル板なし, 容積191 ℓ(以下, アクリルボックスとする)内に設置し, 1%アンモニア水(試薬アンモニア28.0% 関東化学株式会社 東京)を11時から各アクリルボックス内下に置いたシャーレ内に5 ml注入し, アンモニアガスを発生させた. アクリルボックスとコンクリートパネルとの接点は粘着テープ(50 mm幅)で密閉した. 実験区分として供試植物ごとにブッソウゲ区, アカリファ区, カエンカズラ区およびマツリカ区とし, 土のみの鉢を対照区として, 鉢は各区3個用いた.



写真1 供試ブッソウゲ, アカリファ, カエンカズラ, マツリカ(左から)

調査項目は樹高, 葉の枚数, 葉面積, アクリルボックス内揮発アンモニアガス濃度 (以下, アンモニア濃度とする), 照度, 温度および湿度とした. アンモニア濃度の測定は, 検知管式気体測定器 (アンモニア 3L および 3M 株式会社ガステック 神奈川) を用いアクリルボックス中央に開けられた直径 6 mm の穴から行った. 調査時間はアンモニア液注入後 2 時間および 4 時間に行い, 測定のための穴は測定時以外には透明粘着テープにより密閉した. アクリルボックス内の気温および湿度は温湿度記録計 (おんどとり ティアンドデイ社 長野), 照度は照度計 (LX-1332D 株式会社カスタム 東京) によりアンモニア濃度測定時に計測した. 葉面積は実験終了後に自動面積計 (AAM-8 林電工株式会社 東京) により測定した. 植物によるアンモニア低減濃度は同時刻の対照区の値から供試植物区の値を差し引いたものとした. 葉面積あたりアンモニアの低減濃度は, 各植物の低下濃度/各植物の葉面積 100 cm^2 あたりとした.

実験Ⅱは, 前述実験Ⅰで葉面積測定のため葉を取った同じ鉢の供試植物を用い, その再生能について検討した. 場所はフィールド科学センター上原研究園のビニールハウス室横の露天にて, 2019 年 1 月 31 日から同年 7 月 2 日に実施した. 灌水は降雨のない日に適宜行った. 調査項目は葉の枚数, 樹高, 樹幅とし, おおむね 31 日間隔で調査した.

得られたデータについては, 多重比較検定により区間の比較をおこなった.

結果および考察

実験Ⅰにおけるアクリルボックス内の実験実施日の温度は $23.2 \sim 34.3^\circ\text{C}$, 湿度は $41 \sim 71\%$, 照度は $13.3 \sim 37.8 \text{ Klux}$ の範囲であった.

アクリルボックス内の揮発アンモニア濃度の推移を表 2 に示した. 1%アンモニア液 5 ml の注入 2 時間後にカエンカズラ区は $4.1 \pm 2.6 \text{ ppm}$ と対照区の $18.1 \pm 1.6 \text{ ppm}$ より有意 ($p < 0.01$) に低い値を示した. 4 時間後にはカエンカズラ区 ($2.6 \pm 2.0 \text{ ppm}$) < ブッソウゲ区 ($3.2 \pm 1.7 \text{ ppm}$) $\approx$ アカリファ区 ($3.2 \pm 1.3 \text{ ppm}$) < マツリカ区 ($7.2 \pm 5.4 \text{ ppm}$) < 対照区 ($11.3 \pm 1.1 \text{ ppm}$) の順になり, カエンカズラ区, ブッソウゲ区, アカリファ区は対照区より有意 ($p < 0.01$) に低い値を示した. 植物は大気中のアンモニアを吸収する性質 (宮澤と宮尾 2014) があり, 本実験の各区のアンモニア液注ぎ込み 2 時間後と 4 時間後の揮発アンモニア合計値では, カエンカズラ区 < ブッソウゲ区 < アカリファ区 < マツリカ区 < 対照区の順となったことから, カエンカズラ, ブッソウゲ, アカリファのアンモニア吸収能力が高いことが示唆された.

対照区 (土のみの鉢) に対する供試植物の揮発アンモニア低減では, アンモニア液注入 2 時間後の低減濃度でカエンカズラ区が $13.9 \pm 2.6 \text{ ppm}$ と優れていたが, 他の区と有意な差は認められなかった.

鈴木ら (2007) は豚舎内アンモニア濃度を $1.4 \sim 6.0 \text{ ppm}$, 長田 (2010) は豚舎内最大で 10 ppm と報告している. このことを本実験に当てはめると豚舎内のアンモニア濃度はアンモニア液注ぎ込み 4 時間後の対照区の $11.3 \pm 1.1 \text{ ppm}$ 程度と仮定される. その時間の揮発アンモニアの低減は, カエンカズラ区が $8.7 \pm 2.0 \text{ ppm}$, ブッソウゲ区 $8.1 \pm 1.7 \text{ ppm}$, アカリファ区 $8.1 \pm 1.3 \text{ ppm}$ となり, カエンカズラ, ブッソウゲ, アカリファはアンモニア低減効果に優れていた. 本実験の 4 区のうちでは, マツリカ区は低減効果が少ないと考えられる. 高橋 (2004) は樹木によるアンモニア除去は, 葉などへの吸着や気孔からの吸収を要因としており, 本実験でも同様なことがなされたと考えられる. また, 鉢の中の濡れた土壌もアンモニア吸着の要因と考えられた. 加えて, 樹木等はバイオフィルターの役割を果たし, 景観美化効果も示されており (一般財団法人畜産環境整備機構 2017), 臭気低減も含めた有効な方策と考えられた.

供試植物の葉面積 100 cm^2 あたりの揮発アンモニア低減濃度では, アンモニア液注入 4 時間後の葉面積あたり揮発アンモニアの低減濃度がカエンカズラ区で $2.3 \pm 1.3 \text{ ppm}$ と高く, アカリファ区とブッソウゲ区より有意 ($p < 0.01$) に高かった.

表2 アクリルボックス内揮発アンモニア濃度の推移

(単位:ppm)

試験区分	アンモニア濃度		低減濃度		葉面積100cm ² あたり低減濃度	
	2時間後	4時間後	2時間後	4時間後	2時間後	4時間後
ブッソウゲ区	7.0±3.3	3.2±1.7 ^A	11.0±3.4	8.1±1.7	0.4±0.1 ^B	0.3±0.1 ^B
アカリファ区	7.7±2.9	3.2±1.3 ^A	10.4±2.9	8.1±1.3	0.5±0.2 ^B	0.4±0.1 ^B
カエンカズラ区	4.1±2.6 ^A	2.6±2.0 ^A	13.9±2.6	8.7±2.0	3.6±1.9 ^A	2.3±1.3 ^A
マツリカ区	12.4±9.7	7.2±5.4	5.6±9.7	4.1±5.4	0.7±0.8	0.5±0.5
対照区	18.1±1.6 ^B	11.3±1.1 ^B	—	—	—	—

注1)各区ともアンモニア1%液を5ml注入後の1,2日目の平均値(温度補正值). 注2)値は平均値±標準偏差.

注3)低減濃度=対照区の値-各区の値. 葉面積あたり低減濃度=低減濃度/葉面積(cm²).

注4)列間の異符号間には1%水準で有意差あり.

実験Ⅱにおいて葉を落とした後の供試植物の再生状況を表3に示した. 樹高については, 32日後の3月1日には各区とも実験前と同様かそれ以上であった. アカリファ区は127日後に実験前と比べ有意($p<0.01$)に高くなった. カエンカズラ区は64, 99, 127日後で実験前を下回ったものの有意差は認められなかった.

樹幅については, ブッソウゲ区が127日目後に47.0±2.6 cmと実験前と比べ有意($p<0.01$)に広くなった. アカリファ区, マツリカ区において32日後に低い値を示したが, 実験前との有意な差は認められなかった.

葉の枚数は, ブッソウゲ区において実験前は428.7±67.6枚で, 99日後までは有意($p<0.01$)に少なく, 127日後には332.7±63.1枚(実験前の77.6%), 155日後には431.7±59.7枚(実験前の100.7%)に再生・回復した. アカリファ区, マツリカ区とも155日後には実験前に比較してそれぞれ125.2%, 136.8%に達した. カエンカズラ区では155日後に87.7±23.8枚と, 実験前より少ないものの有意差は認められなかった.

これらのことから, 葉を落とした影響は樹高, 樹幅においては, 各区ともほぼ影響は少なく, 葉の枚数については, 155日後には再生・回復することが示唆された.

表3 葉を落とした後の供試植物の再生状況

(各区ともn=3)

試験区分	実験前(1/28)	32日後(3/1)	64日後(4/2)	99日後(5/7)	127日後(6/4)	155日後(7/2)
樹高(cm)						
ブッソウゲ区	50.7±1.2 ^c	52.7±0.6 ^{bc}	58.3±2.9 ^{ab}	60.3±5.5 ^a	60.3±5.5 ^a	60.3±5.5 ^a
アカリファ区	55.0±3.0 ^{Cb}	55.0±3.0 ^{Cb}	57.3±2.3 ^{BCb}	61.0±3.6 ^a	62.3±2.5 ^{ABa}	65.7±1.5 ^A
カエンカズラ区	28.3±7.6	28.3±7.6	26.7±7.6	26.7±7.2	27.7±4.6	36.0±3.6
マツリカ区	56.7±11.5	60.0±8.7	66.7±10.4	65.7±9.3	68.7±8.1	68.7±8.1
樹幅(cm)						
ブッソウゲ区	40.3±3.1 ^{Bc}	41.0±1.7 ^{bc}	44.3±1.2	46.0±3.6 ^a	47.0±2.6 ^{Aa}	47.0±2.6 ^{Aa}
アカリファ区	34.0±1.7 ^b	29.3±1.2	33.7±1.5	38.0±6.1	37.3±8.7	40.3±5.8 ^a
カエンカズラ区	38.3±7.6	38.3±7.6	32.7±6.8	29.0±6.6	30.0±5.0	40.0±5.0
マツリカ区	32.7±3.8 ^{Bb}	32.0±2.6 ^{Bb}	33.0±3.6 ^{Bb}	38.3±2.9 ^a	39.0±1.7 ^a	42.0±2.6 ^A
葉の枚数						
ブッソウゲ区	428.7±67.6 ^{Aa}	60.7±12.5 ^C	102.3±32.7 ^{BCb}	195.3±27.3 ^{Bc}	332.7±63.1 ^{Ab}	431.7±59.7 ^{Aa}
アカリファ区	184.7±9.1 ^{AB}	23.3±4.2 ^E	40.7±11.6 ^{DEc}	97.3±42.1 ^{CDb}	162.7±31.4 ^{CBa}	231.3±33.8 ^A
カエンカズラ区	91.3±20.6 ^A	1.3±1.5 ^D	39.0±14.9 ^{Cb}	64.7±11.0 ^{ABCa}	74.7±2.5 ^{ABCa}	87.7±23.8 ^A
マツリカ区	157.7±49.8 ^a	74.7±38.4 ^{Bb}	83.7±37.6 ^B	95.0±37.0 ^B	141.7±82.8	215.7±30.5 ^A

注1): 値は平均値±標準偏差. 同行間の異符号間に有意差あり(大文字1%水準, 小文字5%水準).

注2): ()内は測定月日.

引用文献

- 道宗直昭. 2010. 畜産環境保全支援指導マニュアル. pp.79-80. 社団法人中央畜産会. 東京.
- 一般財団法人 畜産環境整備機構. 2017. 日本型悪臭防止最適管理手法(BMP)の手引き. pp.11-12. 一般財団法人 畜産環境整備機構. 東京.
- 石田千華・波平知之・屋良朝宣・安里昌弘・村田正将・玉城政信・鈴木直人・二宮恵介・風岡雅樹. 2018. 植物によるアンモニア濃度低減効果と葉に及ぼす影響. 沖縄畜産研究会誌, 53:21-25.
- 宮澤真一・宮尾光恵. 2014. 光呼吸で発生した NH_3 は植物の NH_3 ガス交換に影響を与えるのか?. 光合成研究, 24(2): 56-61.
- 長田 隆. 2010. 家畜排せつ物起源アンモニア発生の測定. 第 32 回酸性雨問題研究会シンポジウム-我が国におけるアンモニアの大気・生態系動態と削減対策. 1-5. 酸性雨問題研究会. 東京.
- 沖縄県農林水産部. 2017. 沖縄の農林水産業. pp.4-10. 沖縄県. 沖縄.
- 沖縄県農林水産部畜産課. 2019. おきなわの畜産. pp.2-3, 56-57. 沖縄県. 沖縄.
- 鈴木直人・稲嶺 修・宮城正男. 2007. 効率的臭気対策技術の確立(2)豚房への浄化处理水散布による臭気低減効果の解明. 沖縄県畜産試験場研究報告, 45:37-41.
- 高橋朋子. 2004. 畜産環境対策大事典第2版. 社団法人農山村文化協会編. pp.474-478. 社団法人農山村文化協会. 東京.
- 高橋朋子・鈴木睦美・福光健二. 1994. 樹木による悪臭防止技術. 群馬県畜産試験場研究報告, 1:136-142.