

## 방사오리의 접촉자극이 벼 생육, 내도복성 및 수량에 미치는 영향

高秉大 · 中西良孝 · 萬田正治 · 宋榮韓<sup>1)\*</sup>

鹿兒島大學 農學部 家畜管理學研究室 · <sup>1)</sup>강원대학교 동물자원학부

(2001년 8월 16일 접수, 2001년 10월 9일 수리)

### Effect of Physical Stimulation by Free-Ranging Ducks on Growth, Lodging Resistance and Yield of Paddy Rice

Byeong-Dae Goh, Yoshitaka Nakanishu, Masaharu Manda and Young-Han Song<sup>1)</sup> (Lab. of Animal Management, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan, <sup>1)</sup>Division of Animal Resource Science, Kangwon National Univ., Chuncheon 200-701, Korea)

**Abstract :** This study was conducted to clarify the effects of physical stimulation to the rice plant by free-ranging ducks (Chinese native ducks) on growth, lodging resistance and yield of the rice plants in a rice-duck farming system. Two paddy fields were used for this experiment, one exposed to physical stimulation (PS) and the other with no physical stimulation (NPS). Fifteen days after ducks were introduced into the paddy plot, rice plants in the PS field were significantly ( $P<0.05$ ) shorter than those in the NPS field. Measurements of lodging characteristics showed that, the 3rd internode was significantly ( $P<0.05$ ) shorter in the PS treatment than in the NPS treatment, but neither the 4th internode length nor the center of gravity of the rice plants differed between treatments. The breaking strength of  $N_4$  in PS rice was significantly ( $P<0.05$ ) higher than in NPS rice, however the bending moment and the lodging index of  $N_3$  (distance between fulcra - 5 cm) was significantly ( $P<0.05$ ) lower in PS than in NPS. The number of panicles per  $m^2$  was significantly ( $P<0.05$ ) greater in PS rice than in NPS, but there was no such difference in spikelet number per panicle, percentage of ripened grain or weight per 1000 kernels. Paddy rice yield per  $m^2$  in the PS treatment was significantly ( $P<0.05$ ) higher than that in the NPS treatment.

**key words :** rice-duck farming system, duck, physical stimulation, rice growth and yield, lodging resistance, paddy rice

## 서 론

최근, 농업과 환경을 조화시켜 지속 가능케 하는 농업형태로서 농업생산의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 환경조화형 농업이 다양한 측면에서 개발 유지되고 있다. 21세기의 농업은 지역성, 환경성을 고려하는 구조개선 및 경쟁력 강화를 위한 환경농업기술의 개발이 절실히 요구되고 있는 가운데, 환경농업은 화학투입재의 사용을 최대한 줄이면서 지역자원과 환경을 보존하는 장기적인 이익추구, 개발과 환경의 조화, 순환적 농업생산체계 및 생태계의 메커니즘을 활용하는 고도의 농업기술이라 할 수 있다.

이와 같은 목적으로 농업, 임업, 축산업 등의 기간산업을 중심으로 복합경영이 전개되고 있지만 수입자유화에 따른 생산물 가격의 불안정, 생산자의 고령화, 후계자 부족 등의 심각한 경영환경에 처해 있는 실정이고 또한 축산에 있어서는 대량의 수입사료

의존에 따른 과잉분뇨처리문제와 수입사료가격의 변동이 경영의 불안정 요인으로 되고 있다. 특히, 농업에 있어서 대표적인 기간작물인 수도작은 제한된 면적에서 집약성을 추구하는 다수확 재배방법을 위해 합성농약 및 화학비료 등, 화학투입재의 사용이 불가결한 상황으로 직면해 왔다<sup>1)</sup>. 이같은 농업과 축산이 안고 있는 제문제들을 해결하는 방책으로서 양자를 유기적으로 결합시킨 벼논 오리농법이 한국, 일본 및 중국을 시작으로 동남아시아 각지에서 활발히 수행되고 있으며, 그 효과 또한 매우 높게 평가되고 있다<sup>2)</sup>. 그러나 유축복합 생산체계를 구축하기 위해서는 오리농법 등을 포함한 환경친화형 또는 자원순환형 유기농법의 뿌리깊은 정착이 필요하며, 특히 식생, 가축, 토양, 물의 보전기능 및 시설가격 등을 포함한 벼의 재배면과 축산면을 종합적으로 고려한 기술적인 평가가 절실히 요구되고 있다.

지금까지 벼논 오리농법에 있어서 선정의 대상으로서 오리의 제조, 해충방제 능력<sup>3)</sup>과 방사오리의 성장 및 육생산 능력<sup>1,7)</sup> 등에 대해 검토되어 본 농업의 보급과 정착 및 지속가능성을 높게 시사하였고, 또한 유기농법에서 화학제 기능에 상당할 만한 수량이나 경제성 확보에 도달치 못하여 실용화에는 한계가 있었지만

\*연락처:

Tel: +82-33-250-8617 Fax: +82-33-244-2433

E-mail: yhsong@kangwon.ac.kr

오리농법에서는 많은 연구와 농가재배에 의해 화학제 대체효과가 크게 입증되었다<sup>5,8-10</sup>. 특히, 논안에서 오리 활동은 이와 같은 기술적 효과를 직접 반영하고 있으며 또한 벼 생육 및 수량에도 밀접하게 관계하고 있는 것으로부터 방사오리의 다면적 기능이나 그 기술적 효과는 벼 생산성을 논하는 상에서 매우 중요한 과제라 볼 수 있다. 벼 이앙후 논에 방사한 오리는 방사 전기간에 걸쳐 자유로이 유영하며 해충을 포식하고 잡초 등을 채식한다. 또한 벼 포기과 포기사이를 빈번히 왕래하며 토양을 각반중경하는 동시에 포기 밑부분을 중심으로 한 줄기와 잎 등의 벼 지상부 전체에 대해 접촉자극하는 것을 볼 수 있다. 古野<sup>9)</sup>와 萬田<sup>11)</sup>는 오리가 벼를 접촉자극 함으로 인해 분얼경수가 증가하고, 포기가 開帳하는 등의 벼 생육이 왕성해진다고 보고하고 있으며, 또한 작물분야에서는 인위적 접촉자극과 식물의 생장억제와의 관련성에 대한 활발한 연구가 수행되어 왔다<sup>12-14)</sup>. 그러나 실제 논 방사에 있어서 오리에 의한 벼 접촉자극효과에 관한 실증적 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 약 2개월간 논 방사하는 오리가 벼 포기사이를 자유로이 유영하며 포기 밑부분을 포함한 지상부 전체에 대해 접촉자극하는 행동이 벼의 생육반응과 내도복성 및 수량형질에 미치는 영향을 구명하였다.

## 재료 및 방법

### 벼 재배방법

본 시험은 2000년 6월에서 10월까지 가고시마대학교 농학부 부속농장 시험은 4 a에서 수행하였으며, 재식밀도는 3.3 m<sup>2</sup>/당 50 포기로 하였다. 공시품종은 자포니카종 (*Japonica*)의 히노히카리를 이용하였고, 본답 移植은 1주당 本數를 3本으로 하여 6월 19일에 손모 이앙하였다. 또한 시험전기간에 걸쳐 농약 및 화학비료는 일절 사용하지 않았다.

### 공시동물

공시동물은 가고시마대학 농학부 가축관리학 연구실에서 부화시킨 중국계재래종의 새끼오리 12마리를 공시하였고 방사기간동안 오리에 급여된 사료는 산란계용사료 (조단백질; 17.5%, 대사 에너지; 2,770 kcal/kg)를 사내사육시 1일 평균섭취량의 70%에 상당하는 양을 1일 1회 오전 10시에 급여하였다.

### 오리방사 및 관리

오리방사는 시험은 4 a에 7일령의 새끼오리 12수를 모 이앙후 11일째인 동년 6월 30일에 방사하여 벼가 패기 시작하는 (출수기) 8월 24일에 방사종료하였다. 또한 방사기간동안 오리가 비와 바람을 피하고 논과 휴식장을 자유로이 드나들 수 있도록 가로×세로×높이가 각각 1.2 m × 1.8 m × 0.8 m의 베니어판을 이용하여 논두렁 위에 간이휴식장을 설치하였고, 논으로부터의 탈주 및

외적 침입방지를 위해 방사는 전체에 높이 1.5 m의 나일론망으로 된 전기책을 설치하였다.

### 시험설계

시험구는 일원배치로 하여 방사오리에 의한 벼 접촉자극구 (이하, 자극구) 와 무자극구의 두 시험구로 구분하였으며, 무자극구의 설치는 자극구내로부터 벼 50포기를 완전무작위로 선발한 후, 1포기씩을 직경과 높이가 각각 35 cm, 65 cm의 원통형 철망으로 둘러치어, 오리에 의한 접촉자극은 완전히 억제하고, 각반중경에 의해 발생하는 탁수는 자유로이 드나들 수 있도록 설치하였다.

### 조사항목 및 방법

벼 생육조사는 조사개시시에 각 시험구로부터 완전무작위로 벼 20포기를 선정한 후, 오리 방사후 5일째부터 방사종료기인 55일째까지 벼 초장변화에 대해 10일 간격으로 조사하였고, 벼의 건물중량은 출수전 8월 1일과 출수후 8월 27일에 각구에서 각각 5포기를 완전무작위로 채취하여 60~80℃의 건조기에서 72시간 통풍건조한 후, 지상부와 지하부로 나누어 측정하였으며, 지하부 근계 (직경 15 cm × 깊이 20 cm) 채취는 스텐레스제 원통 (두께 2 mm × 직경 15 cm × 높이 40 cm)을 이용하여 벼 포기 밑부분과 포기 사이의 근계를 포함한 원주상의 토양 모노리스를 채취하는 원통 모노기스법에 의해 채취하였다. 또한 출수기 및 동숙기의 2회에 걸쳐 측정된 줄기의 직경과 건물중량에 있어서 줄기 직경은 稈基部에서 지상 5 cm부위에 대해 줄기의 長軸의 직경을 평균하였고, 건물중량은 稈基部로부터 지상 20 cm까지의 건물 무게로 나타내었다.

출수후 벼 생육반응에 대해서는 출수후 15일째 각구로부터 완전임의로 각각 5포기를 선발하여 간장, 수장, 수수, 제3절간의 길이 및 제4절간의 길이로 나누어 조사하였고, 또한 출수후 20일째에 벼 10포기를 완전무작위로 선발하여 도복관련형질(제3절간 및 제4절간의 직경, 좌절중, 중심고, 힘 모멘트, 도복지수)에 대하여

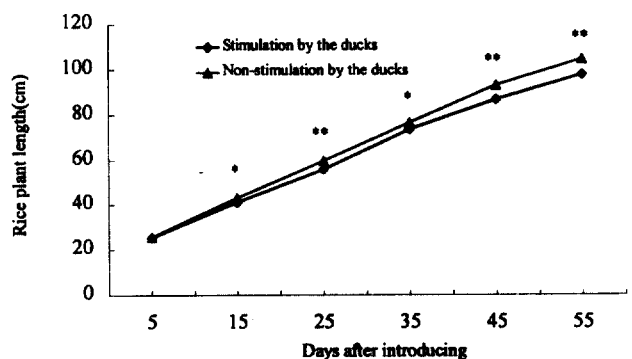


Fig. 1. Changes in the length of rice plant after introducing ducks into the paddy field. (\*: P<0.05, \*\*: P<0.01)

**Table 1. Effect of physical stimulation by free-ranging ducks on top and root dry matter of rice plant**

Treatment	Top dry weight(g/m <sup>2</sup> )		Root dry weight <sup>1)</sup> (g/m <sup>2</sup> )	
	Maximum tiller number stage	Heading stage	Maximum tiller number stage	Heading stage
Stimulation	566.8±26.5 <sup>a</sup>	1216.6±33.7 <sup>a</sup>	267.7±13.4 <sup>a</sup>	250.8±16.9 <sup>a</sup>
Non-stimulation	512.6±17.1 <sup>b</sup>	1131.9±31.6 <sup>b</sup>	218.7±15.9 <sup>b</sup>	218.0±12.6 <sup>b</sup>

Values represent means ± standard deviation of five samples.

<sup>a,b</sup>Means with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

<sup>1)</sup> Diameter 15cm × depth 20cm.

측정하였다. 제3절간 및 제4절간의 직경은 잎집 1장이 붙어있는 신선한 줄기를 이용하여 중중앙부의 長軸의 반경을 측정하였고, 좌절중 (breaking strength)은 지점간 거리를 5 cm 로 하고 줄기 중앙부의 직각방향으로 힘을 가하여 줄기가 굴절할 때까지의 최대 하중을 하중측정기 (9500-B형, Aiko社, Japan)를 이용하여 계측하였다. 또한 휨 모멘트 (bending moment)는 稈長과 지상부의 생체중을 곱한 값이며, 도복지수 (lodging index)는 휨 모멘트/좌절중×100의 식에 의해 산출하였다.

벼 수량조사에 대해서는 수확전 9월 27일에 각구로부터 각각 벼 10포기를 완전임의로 채취하여 비닐하우스에서 약 1개월간 자연풍건한 후 1포기당 수수, 1이삭당 평균영화수, 천립중, 등숙율 및 10 a당 벼수량으로 나누어 계측하였으며, 각 항목은 이하의 식에 근거하여 산출하였다<sup>15,16</sup>.

- 1株 수수 = 실측치 . . . . . ①
- 1穗 평균영화수 = 1株 총영화수 ÷ 穗數 . . . . . ②
- 등숙율 (%) = (① × ② - 1株 미등숙립수\*) / (① × ②) × 100 . . . . . ③
- \*비중 1.06의 염수선에서 위에 뜨는 벼알갱이 수
- 1000립중 (g) = 등숙립중에서 10회 계측의 평균치(g) . . . . . ④
- 수량 (kg/10 a) = ① × ② × (③/100) × (④/1000) × 단위면적당 포기수 (15.1株/m<sup>2</sup>) × 1/1000 × 1000

**통계분석**

시험에서 얻어진 Data 분석은 Turbo Statview, Ver 4.5 통계프로그램<sup>17)</sup>을 이용하였고, 처리구간 유의성 유무는 t-test로 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**생육반응**

오리의 접촉자극이 벼 초장에 미치는 영향은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 초장은 오리 방사후 15일째부터 두 시험구간에서 차

**Table 2. Effect of physical stimulation by free-ranging ducks on stem thickness and dry weight of rice plant**

Treatment	Stem thickness(mm) <sup>1)</sup>		Stem dry weight(g/m <sup>2</sup> ) <sup>2)</sup>	
	Heading stage	Ripening period	Maximum tiller number stage	Heading stage
Stimulation	6.3±0.7 <sup>a</sup>	6.7±0.6 <sup>a</sup>	243.4±8.2 <sup>a</sup>	267.6±20.4 <sup>a</sup>
Non-stimulation	5.9±0.6	6.3±0.5 <sup>b</sup>	211.4±10.6 <sup>b</sup>	234.9±18.4 <sup>b</sup>

Values represent means ± standard deviation of five samples.

<sup>a,b,A,B</sup>Means with different superscript letters significantly differ (a,b : P<0.01, A,B : P<0.05).

<sup>1)</sup> Not significant.

<sup>1)</sup> Maximum axis diameter at 5cm above ground.

<sup>2)</sup> Weight from the bottom to the 20cm of a ground part with leaf sheath attached.

이가 보이기 시작하여, 방사후기까지 무자극구에 비해 자극구에서 유의적으로 짧게 나타났다 (P<0.05). 자극구에서 초장이 짧았던 것은 오리의 접촉자극에 의해 초장의 신장생장이 억제되었기 때문으로 추찰되었다. Umezaki 등<sup>18)</sup>은 벼에 대한 인위적인 접촉자극에 의해 초장은 대조구에 비해 자극처리구에서 유의적으로 짧게 나타났다고 보고하였으며, 또한 Jeong과 Ota<sup>14)</sup>도 물리적 접촉자극에 의해 초장의 신장생장이 크게 억제됨을 볼 수 있었다고 하고, 그 이유는 물리적 접촉자극에 의해 식물의 신장생장을 억제하는 에틸렌 생성량의 증가에 의한 것으로 고찰하고 있다. 본 연구에서도 이와 같은 결과로서 초장의 억제요인 또한 동일 메커니즘에 의한 것으로 생각되었다. 그러나 廣谷<sup>5)</sup> 및 曾我部 등<sup>20)</sup>은 오리 방사에 의해 초장은 무방사구보다 오리방사구에서 다소 긴 경향을 나타내는 본 연구와는 상반된 결과를 보였는데, 이것은 오리의 수용밀도, 방사시간, 방사기간 및 품종간 등의 차이에서 비롯된 기술적효과 (접촉자극, 중경탁수, 배설분량 및 활동성) 및 벼 재배조건 (재식밀도, 이식본수, 품종, 토양성질) 등의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

오리의 접촉자극이 벼 지상부 및 지하부의 건물중량에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 최고분얼기 및 출수기에 있어서 지상부의 건물중량은 무자극구에 비해 자극구에서 유의적으로 증가하였고 (P<0.05). 지하부의 건물중량에서도 지상부와 유사한 경향으로 최고분얼기 및 출수기에 있어서 무자극구보다 자극구에서 현저한 증가를 나타냈다 (P<0.05). Jeong과 Ota<sup>12)</sup>는 물리적 접촉자극에 의해 지상부의 건물중량은 감소하였고 지하부에서는 증가하는 경향을 나타냈다고 보고하고 있으나, 본 연구에서는 지상부에서도 건물중량의 증가가 인정되어 상기의 보고와 상반된 결과를 얻었다. 본 연구에서 지상부의 건물중량의 증가는 오리 접촉자극에 의한 줄기의 횡방향 비대와 분얼경수의 증가로 인한 것으로 추찰되었다 (Table 2와 3 참조). 또한 Nakayama와 Ota<sup>17)</sup>는 벼

**Table 3. Effect of physical stimulation by free-ranging ducks on growth of rice plant at 20 days after heading**

Treatment	Productive tiller (no./m <sup>2</sup> )	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	N <sub>3</sub> diameter <sup>1)</sup> (mm)	N <sub>4</sub> diameter <sup>1)</sup> (mm)
Stimulation	404.7±28.5 <sup>a</sup>	75.7±3.1 <sup>A</sup>	19.8±1.1 <sup>A</sup>	7.2±0.7 <sup>A</sup>	6.7±0.8 <sup>ns</sup>
Non-stimulation	363.9±22.9 <sup>b</sup>	78.2±3.5 <sup>B</sup>	20.8±1.3 <sup>B</sup>	6.7±0.5 <sup>B</sup>	6.6±0.6

Values represent means±standard deviation of ten samples.

<sup>a,b,A,B</sup> Means with different superscript letters significantly differ (a,b: P<0.01, A,B: P<0.05).

<sup>ns</sup> Not significant.

<sup>1)</sup> : N<sub>3</sub> and N<sub>4</sub> indicate the 3rd and 4th internodes from the top, respectively.

접촉자극과 동일한 효과를 내는 에틸렌 주입에 의해 뿌리의 신장생장은 억제되었으나 건물중량은 증가하였고 또한 줄기의 횡비대 성장이 현저하게 나타났다고 보고하였는데, 이에 대한 명확한 해명을 위해서는 오리 접촉자극과 식물생장호르몬과의 관련에 대한 추가적인 검증과정이 있어야 할 것으로 판단된다.

오리의 접촉자극이 줄기의 생장에 미치는 영향은 Table 2에서 보는 바와 같다. 출수기의 줄기직경은 무자극구에 비해 자극구에서 다소 긴 경향을 보였으나, 두 시험구간에서 통계적인 차이는 볼 수 없었으며, 반면 등숙기에서는 무자극구보다 자극구에서 유의적인 증가를 나타내어 (P<0.05), 오리의 접촉자극이 줄기의 횡방향의 비대성장을 촉진함을 볼 수 있었다. 한편, 줄기 건물중량에서는 무자극구에 비해 자극구에서 현저한 증가를 보였으며 (P<0.05), 이 결과로부터 오리 접촉자극이 줄기 하위부위의 건물중량의 증가에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 식물에 물리적인 접촉자극을 가하면 종신장의 생장은 둔해지거나 억제되고 횡방향으로의 신장생장이 촉진된다고 보고되고 있는데<sup>21)</sup>, 이는 본 연구에서도 같은 경향을 나타내었다.

오리의 접촉자극이 출수후 벼 생육변화에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 유효분얼경수는 무자극구에 비해 자극구에서 현저하게 증가하였고 (P<0.05), 간장 및 수장은 Fig. 1의 초장추이와 유사한 경향으로 무자극구에 비해 자극구에서 유의적으로 짧게 나타났다고 (P<0.05). 또한 하위절간의 직경에서 제3절간의 직경은 무자극구보다 자극구에서 유의적으로 길었으나 (P<0.05), 제4절간에서는 두 시험구간에 큰 차이가 없었다. 이상에서 방사오리에 의한 접촉자극은 유효분얼경수를 증가시키며, 간장 및 수장의 신장생장은 억제하는 것으로 나타났다. Ota<sup>13)</sup>는 인위적 접촉자극에 의해 식물의 신장생장은 억제되고, 분얼경수는 증대한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 이와 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

#### 도복형질의 변화

오리의 접촉자극이 벼 도복관련형질에 미치는 영향을 Table 4

에 나타내었다. 제3절간의 길이는 무자극구에 비해 자극구에서 유의적으로 짧았고 (P<0.05), 제4절간은 두 시험구간에 거의 동일한 수준이었다. 본 연구에서 제3절간이 짧았던 것은 Table 3에 나타난 바와 같이 오리 접촉자극에 의한 제3절간의 횡방향 비대성장으로 인한 것으로 추찰되었다. 또한 벼 지상부의 무게중심으로부터 지상부 맨 밑부분까지의 길이로 나타내는 중심고는 두 시험구간에 대차없이 거의 동일한 수준을 나타내었으며<sup>22)</sup>, 줄기 좌절저항력을 나타내는 좌절중에서는 무자극구에 비해 자극구에서 유의적으로 (P<0.05) 높은 수치를 나타내어<sup>22,23)</sup>, 오리 접촉자극에 의한 줄기 좌절저항력의 증가를 볼 수 있었다. 또 줄기에 실려 있는 힘의 크기로 나타내는 휨 모멘트<sup>25)</sup>에 있어서도 자극구에서 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다 (P<0.05). 이 결과에서 오리에 의한 접촉자극은 줄기 좌절에 필요한 구부리는 힘을 감소시킴으로서 좌절저항력을 크게 하는 효과가 있음이 시사되었고, 이는 최종적으로 벼 도복경감에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 결과치가 작을수록 내도복에 강함을 나타내는 도복지수는 무자극구의 186.9에 비해 자극구에서 유의적으로 낮은 150.7로 나타나 (P<0.05), 오리 접촉자극에 의한 벼 도복억제 효과를 볼 수 있었다. Ota<sup>13)</sup>는 물리적 접촉자극에 식물의 줄기 강도가 현저하게 증가하고 稈長の 단축으로 인해 도복이 감소한다고 보고하고 있다. 또한 줄기부위의 휨 모멘트의 크기는 줄기 길이의 영향이 크며, 내도복에 강한 벼는 短稈이며 줄기가 굵고, 稈壁이 두꺼운 반면에 간장이 길고 뿌리와 대가 약한 경우에는 도복이 심하다고 보고되고 있다<sup>15,24)</sup>. 이 결과는 본 연구에서 오리의 접촉자극에 의한 초장 및 하위절간의 신장억제, 간장의 단축, 좌절중의 증가 및 줄기의 횡비대 성장이 도복억제 또는 도복경감에 직결된다는 사실을 증명해주는 것이라 볼 수 있다. Lim 등<sup>25)</sup>은 도복과 관련하는 유용형질중에 간벽의 두께, 좌절저항력 및 稈長이 도복지수에 큰 영향을 미치는 주요인이며, 短稈으로서 간벽이 두껍고, 좌절저항력이 클수록 직접적인 도복 억제효과가 있다고 보고하고 있다. 이는 본 연구에서도 일치되는 경향이었다.

#### 수량반응

오리의 접촉자극이 벼 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 1 m<sup>2</sup>당 이삭수는 무자극구에 비해 자극구에서 유의적인 증가를 보였으나 (P<0.05), 1이삭당 평균영화수, 등숙율 및 천립중에서는 두 시험구간에 현저한 차이는 인정되지 않았다. 일반적으로 벼 1포기당 이삭수가 증가하면 1이삭당 평균영화수는 감소하는 경향이 높다고 알려져 있는데<sup>15)</sup>, 이는 본 연구에서도 같은 경향이었다. 벼 수량 (g/m<sup>2</sup>)에 있어서는 자극구에서 734.2 g으로 무자극구의 690.5 g에 비해 높은 수량의 증가를 보였다 (P<0.05). 자극구에서 수량의 증가는 이삭당 평균영화수, 등숙율 및 천립중은 두 시험구간에 거의 유사한 수준을 보였던 결과로, 이것은 오리 접촉자극에 의한 1포기당 이삭수의 현저한 증가로 인한 것으로 추찰되었다. Umezaki 등<sup>16)</sup>은 벼에 대한 인위적 접촉자극에 의해 수량구성요소에서는 대조구와 큰 차이가 없었으며,

Table 4. Effect of physical stimulation by free-ranging ducks on characteristics related to lodging of rice plant

Treatment	N <sub>3</sub> length (cm)	N <sub>4</sub> length (cm)	Height of gravity center <sup>1)</sup> (cm)	Breaking strength <sup>2)</sup> (g)	Bending moment <sup>3)</sup>	Lodging index <sup>4)</sup>
Stimulation	11.8±2.2 <sup>a</sup>	5.9±1.1 <sup>ns</sup>	45.0±1.4 <sup>ns</sup>	793.0±96.6 <sup>a</sup>	1159.6±136.5 <sup>a</sup>	150.7±28.3 <sup>a</sup>
Non-stimulation	14.1±1.7 <sup>b</sup>	6.2±1.1	45.8±1.8	702.9±79.5 <sup>b</sup>	1291.0±131.3 <sup>b</sup>	186.9±20.8 <sup>b</sup>

Values represent means ± standard deviation of ten samples.

<sup>a,b</sup> Means with different superscript letters significantly differ ( $P < 0.01$ ).

<sup>ns</sup> Not significant.

N<sub>3</sub> and N<sub>4</sub>: Refer to Table 3.

<sup>1)</sup> This product is equivalent to the maximum moment of plant weight with respect to base of the stalk.

<sup>2)</sup> Distance between fulcra was set as 5cm and measured the 4th internode with leaf sheath attached.

<sup>3)</sup> Length from the base of an internode that measured breaking resistance to the top of ear × fresh weight of the same part.

<sup>4)</sup> Bending moment/breaking strength × 100.

Table 5. Effect of physical stimulation by free-ranging ducks on yield and yield components of paddy rice

Treatment	Number of Panicle (no./m <sup>2</sup> )	Number of spikelet (no./panicle)	Percentage of ripened grain (%)	1000 grains weight (g)	Yield (g/m <sup>2</sup> )
Stimulation	415.3±18.2 <sup>a</sup>	93.2±3.8 <sup>ns</sup>	72.7±2.9 <sup>ns</sup>	26.2±0.2 <sup>ns</sup>	734.2±31.7 <sup>a</sup>
Non-stimulation	360.9±22.9 <sup>b</sup>	96.4±3.6	75.4±3.1	26.3±0.3	690.5±31.4 <sup>b</sup>

Values represent means ± standard deviation of ten samples.

<sup>a,b</sup> Means with different superscript letters significantly differ ( $P < 0.01$ ).

<sup>ns</sup> Not significant.

이 결과로 벼 수량에서도 접촉자극에 의한 영향은 인정되지 않았다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 오리 접촉자극에 의한 유효경수 및 1포기당 이삭수의 현저한 증가가 인정되어, 벼 수량에 대해서도 유의적인 증가를 볼 수 있었다. 이것은 벼에 대한 인위적인 접촉자극의 차이, 즉 자극방법, 횡수, 강도, 정도, 시간 및 자극부위 등의 차이에서 기인된 것으로 추찰된다. 曾我部 등<sup>20)</sup> 및 Manda 등<sup>20)</sup>은 무방사구에 비해 오리방사구에서 1포기당 수수, 이삭당 영화수 및 등숙율이 현저하게 증가함을 나타내었다고 보고하고 있는데, 이 결과는 본 연구의 경우와는 다른 부분도 있어 이것은 오리방사에 의한 종합적 효과 (접촉자극을 포함한 제초, 구충, 비료 및 중경탄수의 효과)와 접촉자극만의 효과와의 차이에 기인하는 것으로 생각되었다.

## 요 약

이상의 결과에서, 방사오리의 벼 접촉자극에 의해 줄기를 포함한 지상부 및 지하부의 건물중량은 유의적으로 증가하고, 벼초

장, 간장 및 하위절간의 신장생장은 현저하게 억제되는 것이 인정되었다. 또한 오리 접촉자극에 의해 줄기의 좌절저항력은 크게 증가하는 반면, 휨 모멘트는 감소함을 보여 벼 도복억제 또는 도복경감의 효과가 시사되었다. 수량형질에 있어서 오리의 접촉자극에 의해 1이삭당 평균영화수, 등숙율 및 천립중은 대차 없었으나 유효분얼경수 및 포기당 이삭수의 현저한 증가가 인정되어 최종적으로 벼 수량의 증가를 볼 수 있었다. 금후, 본 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 방사오리의 접촉자극과 벼 생장과의 메커니즘을 보다 과학적으로 해명할 필요가 있고, 이를 위해서는 오리행동을 모방한 인위적인 접촉자극에 의한 영향 및 식물의 생장반응에 영향을 것으로 알려진 테치오닌, 에칠렌, 지베렐린 등의 식물생장호르몬과 접촉자극과의 관련성에 대한 추가적인 검증과정이 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Ono, Y., Goto, T., Nasu, R., Iwamoto, H., Takayama, K., Nakanishi, Y. and M. Manda. (1998) Comparative studies of

- muscle histochemical characteristics of ducks between free ranged and housed, and among three types of breeds. *Jpn. Poult. Sci.* 35, 367-375.
2. Manda M. (1998) Recent findings and problems of the rice-duck farming system in Japan. *Proc. 6th Asian Pacific Poultry Congress.apan.* p.218-223.
  3. Edar, E., Yabuki, R., Takayama, K., Nakanishi, Y., Manda, M., Watanabe, S., Matsumoto, S. and Nakagama, A. (1996) Comparative studies on behavior, weeding and pest control of ducks (mallard, cherry valley and their crossbred) free-ranged in paddy fields. *Jpn. Poult. Sci.* 33, 261-267.
  4. Kim, H. D., Park, J. S., Bae, K. H., Cho, Y. C., Park, K. Y., Kwon, K. C. and Rhoe, Y. D. (1994) Rice growth and yield response under rice-duck farming system in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 39, 339-347.
  5. 久米小十郎. (1952) 아힐의 수田放飼による 驅除·除草とその要領. 畜産の研究. (6), 243-246.
  6. Manda, M., Uchida, H., Nakagama, A., Matsumoto, S., Shimoshikiryo, K. and Watanabe, S. (1993) Effects of Aigamo ducks (crossbred of wild and domestic ducks) herding on weeding and pest control in the paddy fields. *Jpn. Poult. Sci.* 0, 365-370.
  7. Edar, E., Yabuki, R., Takayama, K., Nakanishi, Y., Manda, M., Watanabe, S., Matsumoto, S. and Nakagama, A. (1996) Comparative studies on growth and meat production of ducks (mallard, cherry valley and their crossbred) free-ranged in paddy fields. *Jpn. Poult. Sci.* 33, 198-204.
  8. 金廣殷 (1994) 오리농법. 서원. 서울.
  9. 古野隆雄 (1997) 아이가모水稻同時作. 農山漁村文化協會. 東京. pp. 37-70.
  10. Kang, Y. S., Kim, J. I. and Park, J. H. (1995) Influence of rice-duck farming system on yield and quality of rice. *Korean J. Crop Sci.* 40, 437-443.
  11. 萬田正治. (1994) 아이가모と水稻作. 勞働の科學. 49, 21-24.
  12. Nakayama, M., and Ota, Y. (1980) Physiological action of ethylene in crop plants VII. Role of ethylene in the soil atmosphere in the seedling growth of soybean and rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 49, 575-581.
  13. 太田保夫. (1983) 接觸刺激による作物の生育制御法. 農業および園藝. 58, 499-504.
  14. Jeong, Y. H., and Ota, Y. (1980) A relationship between growth inhibition and abscisic acid content by mechanical stimulation in rice plant. *Jpn. J. Crop Sci.* 49, 615-616.
  15. 李殷雄 外 14人 共著. (1997) 水稻作. 郷文社. 서울. p.86-91, 274-275.
  16. 星川清親. (1995) イネの生長. 農山漁村文化協會. 東京. p. 287-289.
  17. Turbo STAT version 4.5, 統計處理ソフトウェア. p.12-160. メディウェル株式会社, 福岡. 1989.
  18. Umezaki, T., Kagehigashi, S., Uchikawa, M. and Sonoda, T. (1996) The effects of mechanical stimulation on plant type of rice plants. The Bulletin of Kyushu in *Jpn. J. Crop Sci.* 62, 41-42.
  19. 廣谷陽一 (1955) 水田放飼を中心としたアヒルの飼育管理. 畜産の研究. 9, 477-480.
  20. 我部要, 中村商洋, 半田成次郎, 中村國次, 中村幸男 (1953) アヒルの水田 飼試験. 大阪 立種畜場彙報. 1, 1-10.
  21. 勝見充行, 植物のホルモン (1995) 裳華房, 東京. p.108-134.
  22. Ogata, T., and Matsue, Y. (1966) Studies on direct sowing culture of rice in Northern Kyushu I. Evaluation of lodging tolerance. *Jpn. J. Crop Sci.* 65, 87-92.
  23. Terashima, K., Ogata, T. and Akita, S. (1994) Eco-physiological characteristics related with lodging tolerance of rice in direct sowing cultivation. *Jpn. J. Crop Sci.* 63, 34-41.
  24. 趙東三 外 38人 共著. (1995) 벼의 生理와 生態. 郷文社. 서울. p.274-288.
  25. Lim, J. T., Lee, H. J., Cho, K. S. and Song, D. S. (1992) Analysis of lodging related characteristics in rice plants. *Korean J. Crop Sci.* 37, 78-85.
  26. Manda, M., Uchida, H., Nakagama, A., Matsumoto, S., Shimoshikiryo, K. and Watanabe, S. (1993) Effects of Aigamo ducks (crossbred of wild and domestic ducks) herding on growth and production of rice plant in paddy fields. *Jpn. Poult. Sci.* 30, 443-447.