한국환경농학회지 제20권 제2호(2001)
Korean Journal of Environmental Agriculture
Vol. 20, No. 2, pp. 86~92

논오리 방사밀도가 오리의 행동양상 및 벼 생육 · 수량에 미치는 영향

高秉大[1] · 宋榮韓[2] · 萬田正治[1]
鹿兒島大學 農學部 家畜管理學硏究室[1], 강원대학교 동물자원학부[2]

(2001년 4월 2일 접수, 2001년 5월 11일 수리)

Effect of Duck Free-Ranging Density on Duck Behavior Patterns, and Rice Growth and Yield under a Rice-Duck Farming System in Paddy Field

Byeong-Dae Goh[1], Young-Han Song[2] and Masaharu Manda[1] ([1]Lab. of Animal Management, Faculty of Agriculture, Kagoshima University., Kagoshima 890, Japan, Division of Animal Resource Science, Kangwon National Univ., Chunchon 200-701, Korea)

ABSTRACT : The current study was conducted to elucidate the optimum density of free-ranging ducks in a rice-duck farming system in terms of effects on duck behavior, and growth and yield of rice plants. Four paddy fields were used for this experiment, with 6, 9, 12 and 15 birds per plot, respectively. Ducklings at eight days of age were free ranged in experimental paddy plots (4.0 a each) on the 9th day after the transplantation of rice plants. Ducks were kept in the plot for seventy days, at which point rice plants reached the earing stage. Foraging, moving, working, resting, diving and pecking behaviors of the ducks were observed two times during the experimental period. Also, rice plant growth and yield according to the density of ducks per plot were examined. The foraging and moving behavior of free-ranging ducks in paddy fields for 12 hours during the daytime tended to be longer in the 12-bird plot, and working behavior was significantly ($P<0.01$) longer in the 12-bird plot than in the other three plots. The resting behavior was significantly ($P<0.01$) higher in the 9- and 15-bird plots than in the 12-bird plot. The frequency of moving behavior for 6 hours during the daytime in the 15-bird plot tended to be lower than that in the other three plots, but this difference was not significant. The amount of diving and pecking behavior in the 9-bird plot was significantly ($P<0.05$) higher than that in the other three plots, and the number of hills pecked tended to be higher with increasing of duck density. From thirty days after ducks were introduced to the paddy fields, the length of rice plants tended to be significantly ($P<0.05$) shorter in high free-ranging density plots as compared to low free-ranging density plots. The number of tillers per hill was not affected by the free-ranging density. The culm length of rice plants was significantly ($P<0.05$) shorter in the 12- and 15-bird plots than in the other two plots, however, the duck free-ranging density did not affect panicle length. The dry weight of the root of rice plants was increased with high free-ranging density, but there was no such increase in the top parts of the rice plants. The percent of rice plants badly damaged by free-ranging density tended to be lower in the order of 12-, 9-, 6- and 15-bird plots. The number of ears, ripening grains and crop yield per hill of rice plants in the 12-bird plot were significantly ($P<0.05$) higher than those of the other three plots. Therefore, the yield of each rice plant per 10 a was significantly increased in the 12-bird plot.

Key words : duck, free-ranging density, duck behavior, rice growth and yield, paddy field

서 론

최근, 논에 오리를 방사함으로써 고품질의 쌀과 안전한 오리고기를 동시에 생산하는 유기농법이 한국과 일본 그리고 중국을 시작으로 동남아시아에 급속도로 확대되고 있다[1]. 오리특유의 다면적 행동습성을 이용하여 사료급여량의 30~40%를 잡초 및 해충으로 보충하며 잡식성과 군집성을 이용하여 모 이앙후 약 1~2주 전후에 방사하는 농법기술로서 벼농사와 축산이 유기적으로 결합한 복합농업이라 할 수 있다[1,2].

오리농법의 유래는 중국에서 약 800년 전에 해충방제의 목적으로 최초로 시작되었으며[3], 일본에서는 1960년대 오리의 채식성을 이용하여 논 방사를 통한 오리사육의 생산비 절감 및 축산물의 자급율 향상을 위한 일련의 연구가 수행되었다[4-6]. 국내에서도 맥류, 사료작물, 유지작물 및 원예작물 등 작부체계에 관한 유기농법 연구의 일환으로 벼논 물고기 사육과 논 오리 벼농사에 관한 연구가 수행되었다[7,8].

한편, 1980년대 후반부터 세계적으로 심각하게 대두되기 시작한 환경문제에 따라 환경친화적인 유기농법이 새롭게 주목을 받기 시작하였다. 지금까지 오리농법의 기본기술은 농가들에 의해 확립되어 오고 있으며, 그 유용성 및 기술적 효과에 대한 과학적 평가 및 해명에 관한 연구가 다양한 수준에서 진전되어 왔다[7,9-13]. 久米[10] 및 萬田 등[11,14]은 농약을 사용한 관행구와 오리방사구와의 비교에서 오리는 주간뿐 아니라 야간에도 활발한 채식활동을 보여 우수한 제초능력과 해충방제의 효과를 얻었다고 보고하였다.

따라서 방사오리의 기술적 효과를 명확히 구명하여 종합적인 기술체계의 확립을 통한 벼논 오리농법의 성력화를 도모하고, 논오리 방사밀도에 따른 오리의 행동양상 및 벼 생육과 수량반응에 대하여 상세히 검토하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

공시동물 및 사육방법

본 시험에 이용한 공시동물은 가고시마대학 농학부 가축관리학 연구실에서 부화시킨 야생오리(Mallard)와 집오리(Cherry valley)의 2원교잡종 새끼오리 총 42수를 공시하였다. 방사오리에 급여된 사료는 산란계용사료(조단백질 ; 17.5%, 대사에너지 ; 2,770 kcal/kg)를 사내사육의 1일 평균섭취량을 기준하여 70%에 상당하는 양을 매일 오전 10시에 1회 급여하였다. 오리방사는 부화 8일령의 새끼오리를 모 이앙후 9일째인 1999년 6월 27일에 전시험구에 동시 방사하여 출수기인 9월 4일에 종료하였다. 방사기간동안 가로×세로×높이가 각각 1.0 m×1.8 m×0.5 m의 베니어판을 이용하여 오리가 비와 바람을 피하고 자유로이 드나들 수 있도록 논두렁 위에 간이휴식장을 설치하였으며, 방사오리의 도망방지 및 외부로부터의 야생동물 등의 침입방지를 위해 방사구 둘레에 나일론 네트의 전기책을 설치하였다.

시험설계

시험설계는 전시험구 각각 시험논 4 a의 동일면적으로 구획하고, 오리 방사밀도는 6수, 9수, 12수 및 15수씩 각각 방사하는 4처리구로 구분하여 1원배치에 의해 수행하였다.

벼 재배방법

시험은 가고시마대학교 농학부 부속농장 시험논에서 수행하였고, 벼의 재식밀도는 條間×株間을 30 cm×22 cm(15.1 株/m^2)로 하였다. 벼 품종은 자포니카종의 히노히카리를 공시하였으며, 벼 이앙시 1주당 본수는 3~5개로 하여 1999년 6월 18일에 손모 이앙하였다. 한편, 시험전기간에 걸쳐 제초제 및 살충제 등 농약과 화학비료는 일절 사용하지 않았다.

조사항목 및 방법

행동관찰 및 분석방법

오리의 행동관찰은 1999년 7월 12일과 13일의 2일간, 각 처리구로부터 2수씩 완전임의로 추출하여 개체식별이 가능하도록 머리와 날개 부위에 형광색 페인트로 색칠한 후 비디오 카메라를 이용하여 연속관찰법에 의한 행동조사를 2회 수행하였고, 또한 동년 7월 22일과 23일의 2일간은 점 관찰법으로 1분 간격의 육안행동관찰을 2회 실시하였다. 연속관찰법에 의한 조사시간은 오전 3시간(7:00~10:00) 및 오후 3시간(16:00~19:00)으로 일중 6시간 동안의 활동회수에 대하여 분석하였고, 점 관찰법에 의한 육안행동관찰은 오전 7:00를 기점으로, 오후 7:00까지 일중 12시간 동안의 행동변화를 조사하였다. 또한 비디오 카메라(CCD-TRV7, Sony)를 이용하여 연속관찰에 의한 행동해석은 가정용 비디오에 녹화하여 분석하였다.

연속관찰법에 의한 행동형으로는 방사오리의 잠수회수, 이동회수 및 벼포기 쪼는 회수 등으로 나누어 기록하였고, 점 관찰법에 의한 행동형에 대해서는 섭식행동, 이동행동, 휴식행동 및 방사오리의 제초, 해충방제, 중경탁수능력을 판정하는데 지표가 되는 노동행동[13](섭식행동+이동행동)으로 분류하여 기록하였다.

벼 생육상 및 수량성

생육조사는 각 처리구에서 완전임의로 선발한 벼 20포기에 대하여 조사개시시에 미리 정해놓은 후, 1999년 7월 12일부터 방사종료기인 9월 4일까지 방사밀도에 따른 벼의 초장과 경수변화에 대하여 15일마다 1회 조사를 행하였다. 또한 방사밀도에 따른 출수후의 벼 생육변화를 알아보기 위하여 출수후 20일째인 1999년 9월 22일에 각 처리구로부터 벼 20포기를 완전 임의로 선발하여 15포기에 대해서는 벼의 간장, 수장 및 수수에 대하여 조사하였고, 나머지 5포기를 이용하여 벼의 지상부 및 지하부의 건물중량을 측정하였다. 한편, 방사밀도에 따른 벼 피해발생율을 보기 위해 방사 종료후 각 처리구로부터 결손된 벼 포기수를 모두 조사하여 다음의 식으로 산출하였다[12].

벼의 결주발생율(%) = 결손 벼 포기수/총 벼 포기수×100

벼 수량조사에 대해서는 수확전 1999년 10월 7일에 각 처리구로부터 벼 10포기를 완전임의로 채집하여 비닐하우스에서 약 1개월간 자연 풍건상태로 수분함량이 약 15%가 된 시점에서 수량조사를 행하였다. 수량조사 항목으로서는 벼의 수량구성 4요소인 벼 1포기당 이삭수, 1이삭당 평균영화수, 천립중, 등숙율 및 10 a당 수량으로 분류하여 기록하였다. 각 항목에 대해서는 다음과 같은 式에 근거하여 산출하였다[12,15].

1 株 수수 = 실측치 · ①

1 穗 평균영화수 = 1 株 총영화수÷穗數 · · · · · · · · · ②

등숙율(%) = (1 株 총영화수-미등숙립수*)÷1 株 총영화수×100 · ③

*비중 1.06의 염수에 침전시킨 후 위에 뜨는 벼알갱이 수

1000립중(g) = 등숙립중에서 10회 계측의 평균치(g) · · · · · · · · · · ④

벼 수량(kg/10 a) = ①×②×(③/100)×(④/1000)×단위면적당 포기수(15.1 株/m^2)

통계분석

시험에서 얻어진 결과는 SAS package의 GLM Procedure를 이용하여 분산분석하였으며[16], *t*-Test로 처리구간의 유의성을 검정하였다[17].

결과 및 고찰

방사오리의 행동양상

방사밀도에 따른 하루 12시간 동안의 오리행동변화에 대하여 Table 1에 나타냈다. 섭식시간은 12수 방사구에서 243분으로, 9수 및 15수 방사구의 187 및 200분에 비해 유의적으로 긴 섭식시간을 보였다($P<0.05$). 이동시간은 12수 방사구에서 150분으로 9수 방사구의 98분에 비해 유의적으로 길었다($P<0.05$). 섭식시간과 이동시간의 합으로 산출한 노동시간은 섭식 및 이동시간의 추이와 거의 유사한 결과로서 12수 방사구가 다른 3처리구에 비해 유의적으로 길게 나타났다($P<0.01$). 이 결과는 섭식 및 이동시간에서 12수 방사구가 가장 길었던 결과로 비롯된 것이라 판단된다. 논에서 오리의 섭식행동은 오리 벼농사의 효과를 높이는데 중요한 행동이며[13,18], 이동행동은 부리와 다리로 논 토양을 각반증경하여 논물을 항상 탁수상태로 유지하며, 오리가 이동시 부리나 몸 전체로 벼에 접촉자극을 가해 생육을 왕성하게 하는 매우 효과적인 행동이다[9,19,20]. 또한 논 방사에 따른 오리의 노동시간은 제초, 방충 및 탁수효과를 판단하는 중요한 평가기준의 하나[14]로서 12수 방사구에서 노동시간의 증가는 방사효과를 한층 높이는데 기인한 것으로 매우 바람직한 결과로 판단할 수 있다. Ekuremu[21]와 古野[9]는 오리의 이동행동은 논물을 흐리게 하고 벼에 자극을 주어 생장을 촉진하는 유효한 행동이며, 노동행동은 방사오리의 일 능력을 평가하는데 가장 중요한 행동이라고 보고하였다. 이상에서 방사밀도에 따른 오리 행동형의 현저한 차이는 오리 특유의 생태습성의 하나인 군집성에서 비롯되는 것으로 판단된다. 이것은 동일면적 대비 방사밀도를 달리한 6수 방사구의 경우 빈번한 경계행동이 자주 관찰된 바, 무리가 작게 형성되어 오리 본능적인 방어 및 경계행동이 빈번한 결과라 볼 수 있다. 또한 15수 방사구의 경우에는 제한된 공간내에서 한정된 잡초 및 해충 등을 섭식하기 위해서 동료간의 경쟁채식이 과다하여, 다른 3처리구에 비해 군집성이 강하게 작용하였기 때문으로 판단된다. 지금까지 오리행동에 관한 보고는 주로 오리의 조소행동, 포란행동 및 육추행동에 관한 것으로서[22-24] 실제 논 방사에 따른 오리의 행동에 관한 보고는 극소수에 불과하다.

방사밀도에 따른 오리의 휴식시간은 9수 방사구에서 380분으로, 6수 및 12수 방사구에 비해 유의적으로 길었고($P<0.01$), 노동시간과는 상반된 결과를 보였다. 이상에서 방사오리는 일반적으로 동일면적에 대비하여 방사밀도가 높을 수록 연속형의 휴식을 취하는 반면 방사밀도가 작을 수록 단속형의 휴식형태를 취하는 것을 알 수 있었다. 야생오리는 주로 주간에는 안전한 수면 위에서 휴식을 취하고 해가 저물면서부터 논이나 하천으로 먹이를 구하러 날아와 다음날 새벽에 다시 둥지로 돌아가는 생태습성을 지니고 있다고 알려져 있는데[25,26], 본 시험에서 이용한 가축화된 오리에서도 주간에는 왕성한 섭식행동이 관찰되었으며, 특히 오전 7시에서 10시 사이와 오후 4시에서 7시 사이에 매우 활발한 활동이 관찰되었다. 이상의 결과로부터 섭식시간, 이동시간 및 노동시간에서 다른 3처리구에 비해 12수 방사구가 가장 긴 활동시간을 보여 4 a당 12수를 방사하는 것이 가장 효과적이라는 것을 알 수

Table 1. Comparison of time spent each behavior category of ducks for 12 hours during the daytime by duck free-ranging densities in the paddy field

Free-ranging density (bird/4 a)	6	9	12	15
	Min/12 hrs			
Foraging behavior	219±9.0^{AB}	187±2.0^{B}	243±12.7^{A}	200±15.2^{B}
Moving behavior	124±7.2^{AB}	98±10.4^{B}	150±12.0^{A}	123±10.0^{AB}
Working behavior[1]	343±1.7^{b}	285±8.4^{c}	393±3.0^{a}	323±6.6^{b}
Resting behavior	325±6.6^{bc}	380±2.3^{a}	299±10.1^{c}	356±9.2^{ab}
The other behavior[2]	52±4.9^{A}	55±7.5^{A}	29±5.5^{B}	41±6.6^{AB}

Values are mean±SE.

Means with different superscript letters significantly differ (^{a,b}:$P<0.01$, ^{A,B}:$P<0.05$).

[1] Foraging behavior+moving behavior.

[2] Preening and wing-flap behaviors.

Table 2. Frequency of behavioral activities of ducks for 6 hours during the daytime by duck free-ranging densities in the paddy field

Free-ranging density (bird/4 a)	6	9	12	15
	No./6 hrs			
Number of moving	180.3±8.7^{A}	164.3±8.7^{AB}	173.0±8.7^{AB}	150.7±8.7^{B}
Number of diving	549.0±13.1^{b}	598.7±14.1^{a}	522.0±5.3^{b}	510.3±3.5^{b}
Number of pecking[1]	265.0±21.9^{A}	266.3±11.1^{A}	195.3±15.6^{B}	209.3±11.3^{B}
Number of hill[2]	179.3±14.8^{b}	149.3±6.2^{b}	195.7±9.8^{ab}	242.7±10.7^{a}

Values are mean±SE.

Means with different superscript letters significantly differ (^{a,b}:$P<0.01$, ^{A,B}:$P<0.05$).

[1] Number of a duck pecks at hills of the rice plants.

[2] Number of hill of the rice plants are pecked by free-ranging ducks.

있었다. 또한 방사기간동안 벼의 생육이 진전됨과 함께 오리가 성장함에 따라 논에서의 활동시간은 점차로 감소하고 휴식장에서의 체류시간이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 이것은 벼 생육후기로 갈수록 잡초나 해충 등의 먹이가 줄어들고 기온상승으로 인해 극히 활동이 둔해졌기 때문으로 보여진다. 이런 점으로 보아 벼 생육후기에 있어서 오리 방사효과를 유리하게 할 수 있도록 하는 보완연구가 요구된다.

한편 방사오리가 논에서 가장 집중적으로 활동하는 오전 7:00에서 10:00사이와 오후 16:00에서 19:00까지의 일중 6시간 동안의 행동회수의 변화에 대하여 Table 2에 나타냈다. 오리의 방사효과를 높이고 특히 벼 생육촉진에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 알려진 오리의 활동변화 중에 이동행동회수는 6수 방사구에서 180.3회로 9수 및 12수 방사구와는 유의적인 차이가 인정되지 않았으나, 15수 방사구에 비해 유의적으로($P<0.05$) 증가하였다. 잠수회수는 9수 방사구에서 198.7회로 다른 3처리구에 비해 유의적으로 증가하였고($P<0.01$) 나머지 3처리구에서는 유사한 경향을 나타냈다. 벼포기 쪼는 회수는 6수 및 9수 방사구가 12수 및 15수 방사구에 비해 현저히 많았으며($P<0.05$), 특히 방사밀도가 낮을 수록 벼포기 쪼는 회수가 증가함을 알 수 있었다. 반면 오리가 쪼은 총 벼포기수에서는 방사밀도가 높은 15수 방사구에서 242.7포기로, 6수 및 9수 방사구에 비해 유의적으로 많았고($P<0.05$), 12수 방사구와는 유의성이 인정되지 않았다. 이상에서 방사오리가 가장 왕성한 활동변화를 보이는 일중 6시간 동안의 이동 및 잠수행동회수는 각처리구간에서 방사밀도가 낮은 6수 방사구에서 활동회수가 많았고, 방사밀도가 높았던 15수 방사구에서는 벼포기 쪼는 행동이 증가하는 경향으로 나타났다. 전술한 바와 같이 6수 방사구는 무리가 적게 형성 한데서 오는 오리 본능의 방어 및 경계행동이 빈번한 결과로 인해 논안에서의 총활동시간이 많았던 것으로 판단되며, 반면 15수 방사구에서는 한정된 자급먹이로 인해 동료간의 경쟁채식이 많이 발생된 결과라 판단된다.

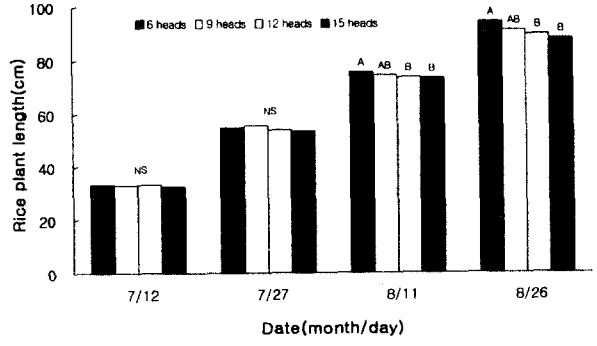

Fig. 1. Changes in the length of rice plant after introducing the ducks into the paddy field.
Means not sharing a common letter (A and B) are significantly different ($P<0.05$), NS : Not significant.

벼의 생육반응

오리 방사밀도에 따른 벼 초장의 추이를 Fig. 1에 나타냈다. 초장은 전처리구에서 직선적인 경향를 보였고, 12수 및 15수 방사구에서는 오리방사전기에 초장의 신장이 촉진됨을 볼 수 있었으며, 후반기로 갈수록 초장의 신장이 둔해지는 것을 알 수 있었다. 오리 방사후 1개월부터는 동일면적 대비 방사밀도가 낮은 6수 및 9수 방사구에 비해 방사밀도가 높은 12수 및 15수 방사구에서 유의적으로 짧았다($P<0.05$). 또한 벼 출수기에는 그 차이가 더욱 뚜렷하게 나타났는데 이 결과로 동일면적 대비 방사밀도가 높을 수록 벼의 신장이 억제되고 방사밀도가 낮을 경우에는 초장변화에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 일반적으로 벼에 물리적 접촉자극을 주면 초장의 신장이 억제되는데 이것은 물리적 자극에 따른 식물생장호르몬의 하나인 에칠렌의 생성이 증가하여 식물의 종신장이 둔해지는 반면 횡신장이 촉진되기 때문이라고 보고되어 있다[27]. 廣谷 등[4,5] 및 曾我部 등[16]도 오리방사에 의해 벼의 초장이 무방사구에 비해 다소 짧은 경향을 보였다고 보고하였는데, 본 시험에서도 이와 같은 결과를 얻었다. 그러나 오리 방사밀도에 따른 벼 초장의 신장억제 및 경수의 증가를 포함한 벼의 생육변화에 대한 과학적인 메커니즘 등은 차후 오리에 의한 벼 접촉자극과 식물 생장호르몬과의 관련성으로부터의 보다 세밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 한편 방사밀도에 따른 벼의 茎數변화를 Fig. 2에 나타냈다. 경수는 오리방사전기에 각 처리구간에서 거의 유사한 수준을 보였으나 후반기로 갈수록 방사밀도가 높은 12수 및 15수 방사구에서 유의적인 경수의 증가를 나타냈다($P<0.05$). 萬田 등[12]은 오리방사에 의해 벼 분얼경수가 무방사구에 비해 유의적으로 증가한다고 보고하였는데 본 시험에서도 이와 같은 결과를 볼 수 있었다. 벼의 재식밀도가 동일한 조건하에서 각 처리구간 분얼경수의 차이는 방사밀도에 따른 오리의 배설물 및 부리나 다리에 의한 각반증경, 그리고 오리에 의한 접촉자극의 차에서 기인하는 것으로 추측할 수 있는데 Uchikawa 등[28]은 벼 재식밀도에 따른 오리행동과 벼 생육변화에 관한 시험에서 재식밀도가 넓을 수록 오리가 벼포기를 자극하거나 쪼는 행동이 증가하고 동시에 벼의 경수도 유의상관으로 증가한다고 보고하였다.

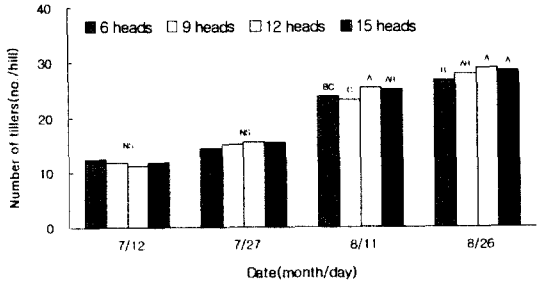

Fig. 2. Changes in the number of tillers per hill of rice plant after introducing the ducks into the paddy field.
Means not sharing a common letter (A, B and C) are significantly different ($P<0.05$), NS : Not significant.

Table 3. The growth and dry weight of rice plant by duck free-ranging densities after earing of the rice plant in the paddy field

Free-ranging density (bird/4 a)	6	9	12	15
Culm length(cm)	76.1±0.6^{A}	75.0±1.0^{AB}	74.4±0.7^{AB}	73.7±0.3^{B}
Panicle length(cm)	21.4±0.3	21.5±0.3	21.9±0.6	22.2±0.4
No. of fruitfull panicles(no./hill)	24.8±0.5^{B}	25.9±0.5^{AB}	26.3±0.3^{A}	26.6±0.3^{A}
Dry weight of Shoot (g/m^2)	1423.7±57.1^{A}	1346.2±26.0^{AB}	1309.9±40.9^{B}	1312.6±18.2^{B}
Dry weight of Root (g/m^2)	365.7±18.3^{B}	391.9±8.4A^{B}	414.4±14.2^{A}	398.1±19.0^{AB}

Values are mean±SE (n=15).
Means with different superscript letters significantly differ (^{A,B}:P<0.05).

그러나 廣谷 등[4]은 오리 논방사에 의해 최고분얼기에는 무방사구와 비교해 오리 방사구에서 분얼경수가 유의적으로 증가하였으나 벼 황숙기에 접어들어서는 그 차이를 볼 수 없었다고보고한 바, 이것은 벼 재식밀도 및 오리의 방사방법 등의 차에서 비롯된 결과로 판단된다. 오리 방사밀도에 따른 출수후의 벼 생육변화에 대해서는 Table 3에서 보는 바와 같다. 벼의 稈長은 전술한 초장의 추이와 유사한 경향으로 6수 및 9수 방사구에 비해 12수 및 15수 방사구에서 유의적으로 짧았는데(P<0.05), 초장의 추이와 마찬가지로 동일면적의 조건하에서 방사밀도가 높을 수록 稈長의 신장이 둔해지는 것을 알 수 있었다. 그러나 穗長에서는 각 처리구간에서 비슷한 수준을 보여 방사밀도에 의한 차이는 나타나지 않았다. 한편 출수후 20일째에 측정한 방사밀도에 따른 벼의 건물중량에 있어서 벼 지상부의 건물중량은 방사밀도가 높을 수록 감소하고, 방사밀도가 작을 수록 증가하는 경향을 보였다. 지하부의 건물중량에서는 지상부의 건물중과는 상반된 방사밀도가 높을 수록 증가하는 경향을 나타냈다. 太田[29]은 벼 및 보리에 대하여 인위적인 물리적 접촉자극을 부여한 시험에서 지상부의 건물중량은 접촉자극에 의해 현저히 감소함을 시사하였고, 中山과 太田[30]도 에칠렌의 생리작용에 관한 보고에서 작물에 주입하는 에칠렌의 양을 증가시킬 수록 뿌리의 신장은 억제되지만 건물중은 증가한다고 보고하였다. 또한 鄭과 太田[27]은 물리적 접촉자극에 따른 벼의 생체중 및 건물중량은 현저하게 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다.

본 시험에서 방사밀도가 높을 수록 벼 지상부의 건물중량은 감소하고 지하부에서는 증가하는 경향을 얻었는데 이것은 상기의 보고와 마찬가지로 동일면적내에서 방사밀도가 높을 수록 방사오리에 의한 벼에의 접촉자극이 많았던 것에서 오는 영향으로 판단되나 이에 대한 명확한 해명은 차후 오리행동이 가져오는 벼에의 접촉자극과 벼 생육반응과의 관계에 관한 세밀한 검토가 있어야 할 것으로 사료된다.

Table 4. The yield components and vacant hill of the rice plant at different duck free-ranging densities in paddy fields

Free-ranging density (bird/4 a)	6	9	12	15
Number of panicles (no./hill)	25.9±1.0	27.5±1.3	27.3±1.2	26.5±0.9
Number of spikelets (no./panicle)	106.5±1.2^{B}	107.3±1.0^{B}	110.8±0.9^{A}	110.6±1.5^{A}
1000 grains weight (g)	25.4±0.1^{b}	25.7±0.2^{ab}	25.5±0.1^{ab}	25.9±0.1^{a}
Percentage of ripened grain(%)	64.6±0.6^{ab}	65.5±0.6^{a}	65.6±0.5^{a}	63.9±0.4^{b}
Yield[1] (kg/10a)	682.4±13.4^{b}	714.4±8.6^{Ab}	726.5±14.3^{A}	685.4±11.6^{B}
Vacant hill (%)	9.5	8.9	8.2	9.7

Values are mean±SE (n=10).
Means with different superscript letters significantly differ (^{a,b}:P<0.01, ^{A,B}:P<0.05).
[1] Grain yield per hill(g)×number of the hill per unit area(15.1/m^2)×1000.

벼의 수량구성 4요소 및 수량성

오리 방사밀도에 따른 벼 결주발생율 및 수량반응에 대하여 Table 4에 나타냈다. 벼 결주발생율은 15수 방사구에서 9.7%로 가장 높았고, 다음으로 6수 방사구, 9수 방사구 및 12수 방사구의 순으로 나타났다. 다른 3처리구에 비해 동일면적 대비 방사밀도가 높은 15수 방사구에서 결주발생율이 높았던 이유로는 오리가 섭취할 수 있는 한정된 논잡초 및 해충 등의 감소와 또한 이로 인한 오리 동료간의 섭취경쟁이 증가하여 벼에 대한 식해 및 밟아 넘어뜨리는 것이 많았던 것에서 기인하는 것으로 판단된다.

한편 방사밀도에 따른 벼 수량구성요소에서 株當穗數는 12수 방사구에서 27.3개로 다른 3처리구에 비해 다소 높은 수치를 보였으나 유의차는 인정되지 않았다. 穗當영화수는 12수 및 15수 방사구가 6수 및 9수 방사구에 비해 유의적으로 많았으나 (P<0.05), 12수 방사구와 15수 방사구간은 유사한 경향을 나타냈다. 벼알갱이 1000개의 무게로 표시하는 천립중량에 대해서는 15수 방사구가 6수 방사구에 비해 유의적으로 높았고(P<0.01) 다른 2처리구간에는 거의 유사한 수준를 보였다. 등숙율은 15수 방사구에서 다른 3처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보인 (P<0.01) 반면, 나머지 3처리구간에서는 차이를 볼 수 없었다. 한편 오리 방사밀도에 따른 10 a당 벼수량은 12수 방사구에서 726.5 kg으로 9수 방사구와 현저한 차이를 볼 수 없었으나 6수 및 15수 방사구에 비해서는 유의적으로 높은 수량의 증가를 보였다

(P<0.05). 萬田 등[12,15]은 오리방사에 의해 벼 1포기당 수수, 등숙율 및 10 a당 수량은 무방사에 비해 현저한 증가를 보였고, 특히 등숙율은 벼 등숙기에 있어서 질소공급량에 의해 결정되는 것으로 질소부족과 일조량의 부족이 많을 경우 불완전 쌀의 비율이 증가하지만 오리 벼농사에 있어서는 이 같은 현상이 보이지 않는다고 보고하였다.

이상의 결과에서 방사밀도에 따른 오리 행동형은 4 a당 12수를 방사한 처리구에서 섭식 및 이동시간과 노동시간이 가장 길게 나타남을 볼 수 있었는데, 이것은 방사오리의 기술적효과를 높이는데 이상적인 행동으로서 벼의 생육촉진 및 수량 증가에 크게 기여하는 유효한 행동변화임을 알 수 있었다. 방사밀도에 따른 벼 생육 및 수량반응에서도 동일면적 대비 4 a당 12수 방사구에서 다른 3처리구에 비해 벼 초장과 稈長의 신장을 억제시킴에도 불구하고 莖數, 稈重, 穗重 및 根의 건물중량을 증가시켜 벼 생육을 왕성하게 촉진하는 개선효과가 있었음을 알 수 있었다. 이것은 최종적으로 벼 수량의 증가를 가져와 오리의 적정방사밀도는 4 a당 12마리를 방사하는 것이 가장 바람직하다는 것이 시사되었다. 차후 벼 재배면적 및 논방사에 따른 오리의 기술적 효과 등에 관한 연구를 통해 오리농법의 종합기술체계의 확립과 지속성이 높은 농업생산방식으로서 농가에 보다 넓게 보급되고, 환경조화형 농법으로서 정착시키기 위한 과학적인 해명 검토가 이어져야할 것으로 사료된다.

요 약

벼논 오리농법에 있어서 오리 방사체계를 명확히 하기 위해 각 처리구를 4 a의 동일면적으로 구분하고, 방사 오리수를 각각 6수, 9수, 12수 및 15수씩으로 하는 4처리구를 설계하여 방사밀도에 따른 오리의 행동형 및 벼 생육과 수량반응에 미치는 영향에 대하여 검토하였던 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

오리 방사밀도에 따른 일중 12시간 동안의 행동변화에서 섭식 및 이동행동은 12수 방사구에서 가장 길었고, 노동행동에서도 다른 3처리구에 비해 12수 방사구에서 유의적으로 길게 나타났다(P<0.05). 반면 휴식행동은 12수 방사구에 비해 9수 및 15수 방사구에서 현저히 길게 나타났다(P<0.05).

방사오리가 가장 활발한 활동을 보이는 일중 6시간 동안의 이동회수는 15수 방사구에서 가장 적었고 나머지 3처리구간에서는 거의 비슷한 수준을 보였다. 잠수회수는 9수 방사구에서 다른 3처리구에 비해 유의적으로 많았으며(P<0.01), 벼 포기 쪼는 회수도 9수 방사구에서 12수 및 15수 방사구에 비해 현저히 많았다(P<0.05). 그러나 오리가 쪼은 총 벼포기수에서는 방사밀도가 낮은 6수 및 9수 방사구에 비해 15수 방사구에서 유의적으로 많았다(P<0.01).

벼 초장은 오리 방사후 30일째부터 방사밀도가 높을 수록 짧아지는 경향을 보였고(P<0.05), 莖數는 방사밀도에 의해 대차없었다. 출수후 벼 생육변화에서 稈長은 방사밀도가 높은 12수 및 15수 방사구에서 짧았고(P<0.05), 穗長은 오리 방사밀도에 의해 대차없었다. 벼 지상부의 건물중량은 방사밀도가 높을 수록 낮은 값에 편중됨을 보인 반면, 지하부의 건물중량은 증가하는 경향을 나타냈다.

오리 방사밀도에 따른 벼 결주발생수은 15수 방사구에서 가장 많았고, 다음으로 6수, 9수 및 12수의 순으로 나타났다. 한편 穗當 영화수는 6수 및 9수 방사구에 비해 12수 및 15수 방사구에서 유의적으로 많았고(P<0.05), 등숙율은 다른 3처리구에 비해 15수 방사구에서 낮은 경향을 보였다. 10 a당 수량은 12수 방사구에서 726.5 kg으로 가장 높은 수량증가를 보였고, 다음으로 9수, 15수 및 6수 방사구의 순으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 萬田正治. (1992) 農家の暮らしと環境を守るアイガモ農法. 日本の科學者. 27, 49-54.
2. 萬田正治. (1994) アイガモと水稻作. 勞働の科學. 49, 21-24.
3. 中山大學昆蟲學研究所編著. (1984) 養鴨除蟲, 害蟲生物防治的および方法(第2版). 科學出版社. 北京. p.287-291.
4. 廣谷陽一. (1949) アヒルの水田放飼試驗. 畜産の研究. 3, 131-136.
5. 廣谷陽一. (1953) アヒルの水田放飼試驗. 畜産の研究. 7, 57-58.
6. 廣谷陽一. (1955) 水田放飼を中心とにしたアヒルの飼育管理. 畜産の研究. 9, 477-480.
7. Cagauan, A. G., Van Hove, C., Orden, E. A., Ramilo, N. M. and Breakwater, R. D. (1996) Preliminary results of a case study on integrated rice-fish-azolla-ducks production system in the philippines, *Proc. 8th Asian-Australasian Animal production Congress*. 1, 51-61.
8. 金熙東, 朴仲洙, 方寬虎, 趙英哲, 朴景烈, 權圭七, 盧永德. (1994) 벼논 오리飼育方法에 따른 벼生育 및 收量反應. 韓國作物學會誌. 39, 339-347.
9. 古野隆雄. (1997) アイガモ水稻同時作. 農山漁村文化協會. 東京. p.37-70.
10. 久米小十郎. (1952) アヒルの水田放飼による驅除·除草とその要領. 畜産の研究. 6, 243-246.
11. 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 weed pest control in the paddy fields, *Jpn. Poult. Sci.* 30, 365-370.
12. 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 production of rice plant in paddy fields, *Jpn. Poult. Sci.* 30, 443-447.

13. Liu, X., Takayama K., Yamashita, K., Nakanishi, Y., Manda, M., Inanaga, J., Matsumoto, S. and Nakayama A. (1998) The effects of integrated Azolla-Duck-Rice farming system weeding, pest control and the behavior of ducks, *Jpn. J. Livest. Management.* 34, 13-22.
14. Manda, M., Uchida, H., Nakagama, A., Matsumoto, S., Shimoshikiryo, K. and Watanabe, S. (1993) Growth and behavior of *Aigamo* ducks(crossbred of wild and domestic ducks) in paddy fields, *Jpn. Poult. Sci.* 30, 383-387.
15. 星川清親. (1995) イネの生長. 農山漁村文化協會. 東京. p.287-289.
16. SAS. (1989) SAS/STAT User's guide : Statistics, Version 6, SAS Institute Inc. Cray, NC. U.S.A.
17. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. (1980) Principles and procedures of statistics, McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y.
18. Manda, M. (1998) Recent findings and problems of the rice-duck farming system in Japan, *Proc. 6th Asian Pacific Poul. Cong. Jpn.* p.218-223.
19. 曾我部要, 中村商洋, 半田成次郎, 中村國次, 中村幸男. (1953) アヒルの水田 放飼試驗 大阪府立種畜場彙報. 1, 1-10.
20. Nakanishi, Y. and Manda, M. (2000) Future research needs in regard to farm animal behavior for sustainable agriculture in Japan, *Jpn. J. Live. Management.* 35, 78-80.
21. Ekurem, E., Yabuki, R., Takayama, K., Manda, M., Nakanishi, Y., Watanabe, S., Matsumoto, S. and Nakayama, A. (1996) Comparative studies on behaviour, weeding and control of ducks(Mallard, Cherry valley and their crossbred) free-ranged in paddy field. *J. Poult. Sci.* 33, 261-267.
22. Matsuzawa, Y. and Fujita, M. (1981) Some observations on the nest building behavior of the domestic duck, *Jpn. Poult. Sci.* 18, 313-318.
23. Matsuzawa, Y., Fujita, M. and Sugimura, M. (1981) Some observations on the incubation behavior of the domestic duck, *Jpn. Poult. Sci.* 18, 335-341.
24. Matsuzawa, Y., Sugimura, M. and Fujita, M. (1983) Observations on the rearing behavior of the domestic duck, *Jpn. Poult. Sci.* 20, 312-318.
25. 日高敏雄, 桶口廣芳, 森岡弘之, 山岸 哲. (1996) 日本動物大百科. 3券. 鳥類 I, 平凡社. 東京. p.69.
26. 高野伸二. (1990) 日本の野鳥. 山と溪谷社. 東京. p.96-97.
27. 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.
28. Uchikawa, M., Harada, H., Sakoda, H., Rikitaka, H., Hiramatsu, K., Kagehigashi, S., Umezaki, T. and Sonoda, T. (1996) Rice cultivation with *AIGAMO-DUCK*: Relationships between duck behavior and rice plant growth. *Proc. The 8th AAAP Animal Science Congress. Japan.* 2, 976-977.
29. 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.
30. Nakayama, M. and Ota, Y. (1980) Physiology action of ethylene in crop plants. VII. ethylene in the soil atmosphere in the seedling growth of soybean and rice, *Jpn. J. Crop. Sci.* 49, 575-581.