



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

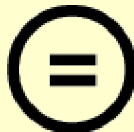
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학박사 학위논문

지난 50년간 과학기술 논문을 통해 본
수산 동물 유전육종연구 동향



2020년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

서 윤 기

수산학박사 학위논문

지난 50년간 과학기술 논문을 통해 본
수산 동물 유전육종연구 동향

지도교수 김 동 수

이 논문을 수산학 박사 학위논문으로 제출함

2020년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

서 윤 기

서윤기의 수산학박사 학위논문을 인준함.

2020년 2월 23일

위 원 장 수 산 학 박 사 방 인 철



위 원 수 산 학 박 사 노 충 환



위 원 이 학 박 사 백 상 규



위 원 수 산 학 박 사 남 윤 권



위 원 이 학 박 사 김 동 수



Trends in fish genetics and breeding research over 5 decades based on the review of scientific publications

Yoon gi Seo

Department of Fisheries Biology, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

This study analyzed tendencies and technologies in the 50,543 papers published related to genetic breeding of marine animals in 9 major academic journals for the last 5 decades. The objective of this study is to implement policies to improve productivity by introducing genetic breeding technologies for the breeding industries in Korea which is facing various obstacles.

For this, the published papers which includes induced spawning/breeding, sex reversal, hybridization, chromosome engineering, and selective breeding technologies were chosen by 5 years period. From this data, major technologies in each period were found through the changes in the number of papers. The successful cases in each period were studied by the technologies in each species of fish, shellfish and crustacean. Additionally, the information on the species that are bred recently using each technology was analyzed. In particular, the objectivity of the

study was enhanced by applying 'text mining technique' using the "Orange" program to the abstracts from the papers which studied Grouper species which are used widely for the breeding in recent years.

As a result, the percentage of publications on induction of artificial spawning has reached 25% of the total number of published papers at its highest which has increased gradually from the early 1970's until the late 1980's, and decreased until today. This also underlines that the diversity of species for culture has increased globally from the early 1970's to late 1980's. The success cases of sex reversal were only reported among fish. In the 1990's, approximately 40% of the reports have been made. It seems that significant growth in productivity through sex reversal of various species was accelerated by the stabilization of spawning induction. Hybridization has increased rapidly in the 1980's when the induced spawning was introduced. There has been 777 reports in the last 50 years. It has the most number of reports among the 11 breeding technologies in this study. Prior to the 1990's, less than 10% of the papers were reported on the induction of gynogenesis diploid. However, the reports were increased by 25 and 35% constantly which is noted as the newest significant breeding technology. Only one paper was reported in the 1970's on androgenesis diploid. For 35 years

since 1985, 18 papers were published. This technology not only increases the homozygosity but also crucial in producing clones along with the above mentioned gynogenesis diploid induction. It is projected that the development of methods to efficiently inhibit the first cleavage of the species would be a very important technology in the future. Excluding the 5 papers reported in the 1970's, 346 papers have been reported in the last 50 years on triploids. They were all published after 1980's. The number of published papers have been increased constantly with time which became a very important genetic breeding technology of marine animals. 47 reports on the production of tetraploid was published since 1980's with average of one published paper each year. This is a very low number of papers considering the importance in the industry. This maybe because of the difficulty in inhibiting the first cleavage. However it is necessary to have further studies for the 100% sterility to prevent pollutions from transformed marine animals. Since 1985, the number of papers on induction of tetraploid of hybrids was more than 25. This small number might have been because of the small necessity in the industry. There should be more studies on this because it is a technology that is used to overcome the low survival rates of hybrids, and that could realize a 100% sterility. Only 5 papers have been published on the induction of tetraploid of hybrids

which was on the introduction of chromosome engineering using the tetraploid Cyprinidae.

The selective breeding technology to stabilize the new breeds by cross breeding the valid characters is one of the oldest breeding technologies. It was increased constantly from the 1970's and rapidly increased after 1985 with 56 reports. Most of the reports were on the use in the industry by breeding fast growing species. However, no reports has been published on their industrial use.

In conclusion,

First, as the proportion of breeding industry is growing globally, the number of papers published in marine animals breeding journals has also increased.

Second, the increase in the number of papers in genetic breeding was apparent which proved that the genetic breeding technologies are also developed as it is needed in the industry.

Third, the biota and its main species which were chosen for the genetic breeding are the species that are actively bred in the industry. Therefore, the development of the breeding technologies plays great role in the development of breeding industry by productivity enhancement.

Fourth, by applying text mining technique in measuring the similarities of literatures, and writing the results using a

software that creates various word clouds, the possibility of objective analysis eliminating possible subjective judgment was proved.

This study provided insights on marine animal breeding technologies and industries globally. Further studies on the trend of Korean marine animal breeding industries are suggested to establish policies for Korean industry.



목 차

영문요약 (Abstract)	i
목차 (Content)	vi
표 목차 (List of Tables)	x
그림 목차 (List of Figures)	x iv
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	11
1. 문헌의 선택	11
1-1. Aquaculture (A)	11
1-2. Aquaculture international (AI)	11
1-3. Aquaculture research (AR)	11
1-4. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (CJFAS)	11
1-5. Fisheries science (FS)	12
1-6. Journal of Applied Aquaculture (JAA)	12
1-7. Journal of the world aquaculture society (JWAS)	12
1-8. North American Journal of Aquaculture (NAJA)	12
1-9. Transactions of the American Fisheries Society (TAFS)	12
2. 문헌의 분석	13

2-1. 연도별 분석	13
2-2. 육종기법별 분석	14
2-3. 생물군별 분석	14
2-4. 육종 기법에 따른 종별 빈도수 분석	14
3. 텍스트 마이닝 기법에 의한 연구 동향 분석	15
III. 결과	18
1. 각 저널별 논문 수	18
1-1. 각 저널별 논문 수	18
1-2. 연도별 논문 수	20
2. 유전육종기법에 따른 논문 수의 변화	24
2-1. 인공산란 유도	24
2-2. 성전환	29
2-3. 잡종화	32
2-4. 자성 발생성 2배체 유도	36
2-5. 융성 발생성 2배체 유도	40
2-6. 3배체	43
2-7. 4배체	46
2-8. 잡종 3배체	49
2-9. 잡종 4배체	52
2-10. 이수체	55
2-11. 선발육종	58
3. 유전육종기법에 따른 양식대상 분류군별 빈도수	61
3-1. 인공산란유도	61
3-2. 성전환	63
3-3. 잡종화	63

3-4. 자성 발생성 2배체 유도	66
3-5. 웅성 발생성 2배체 유도	68
3-6. 3배체	70
3-7. 4배체	70
3-8. 잡종 3배체	73
3-9. 잡종 4배체	75
3-10. 이수체	77
3-11. 선발육종유도	77
4. 양식 대상 종 및 종류 별 빈도수	80
4-1. 인공산란	80
4-2. 성진환	82
4-3. 잡종화	82
4-4. 자성 발생성 2배체 유도	82
4-5. 웅성 발생성 2배체 유도	86
4-6. 3배체	86
4-7. 4배체	89
4-8. 잡종 3배체	89
4-9. 잡종 4배체	89
4-10. 이수체	89
4-11. 선발육종 유도	94
5. 텍스트 마이닝 기법에 의한 연구 동향 분석	96
5-1. 웅성 발생성 2배체 유도	96
5-2. 잡종 3배체	96
5-3. Grouper (바리과 어류)	98
IV. 토의 및 결론	101

국문초록	106
참고문헌	110
감사의 글	114



표 목차(List of Tables)

Table 1. Analysis of period, number of volume and SCI impact factor for each journal	19
Table 2. Number of articles by journal and over the past 50 years	21
Table 3. The number of induced ovulation/spawning papers published in each journal over the past 50 years	27
Table 4. The number of induced sex reversal papers published in each journal over the past 50 years	30
Table 5. The number of induced hybrid papers published in each journal over the past 50 years	33
Table 6. The number of induced gynogenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years	37
Table 7. The number of induced androgenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years	41
Table 8. The number of induced triploid papers published in each journal over the past 50 years	44
Table 9. The number of induced tetraploid papers published in each journal over the past 50 years	47
Table 10. The number of induced allotriploid papers published in each journal over the past 50 years	50
Table 11. The number of induced allotetraploid papers published in each journal over the past 50 years	53
Table 12. The number of induced aneuploid papers published in each journal over the past 50 years	56

Table 13. The number of selective breeding papers published in each journal over the past 50 years	59
Table 14. Number of induced ovulation/spawning articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	62
Table 15. Number of induced sex reversal articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	64
Table 16. Number of induced hybrid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	65
Table 17. Number of induced gynogenetic diploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	67
Table 18. Number of induced androgenetic diploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	69
Table 19. Number of induced triploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	71
Table 20. Number of induced tetraploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	72
Table 21. Number of induced allotriploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	74

Table 22. Number of induced allotetraploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	76
Table 23. Number of induced aneuploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	78
Table 24. Number of selective breeding articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years	79
Table 25. The species for induced ovulation/spawning published in each journal over last 50 years	81
Table 26. The species for induced sex reversal published in each journal over last 50 years	83
Table 27. The species for induced hybrid published in each journal over last 50 years	84
Table 28. The species for induced gynogenetic diploid published in each journal over last 50 years	85
Table 29. The species for induced androgenetic diploid published in each journal over last 50 years	87
Table 30. The species for induced triploid published in each journal over last 50 years	88
Table 31. The species for induced tetraploid published in each journal over last 50 years	90
Table 32. The species for induced allotriploid published in each journal over last 50 years	91

Table 33. The species for induced allotetraploid published in each journal over last 50 years	92
Table 34. The species for induced aneuploid published in each journal over last 50 years	93
Table 35. The species for selective breeding published in each journal over last 50 years	95



그림 목차(List of Figures)

Fig. 1. Various genetic manipulation techniques for farmed animal in aquaculture	3
Fig. 2. Flowchart of text mining technique in this experiment	16
Fig. 3. Map of text mining	17
Fig. 4. All the papers published in each journal in the past 50 years	22
Fig. 5. Frequency of articles by journal and over the past 50 years	25
Fig. 6. Frequency distribution of induced ovulation and spawning papers published in each journal over the past 50 years	28
Fig. 7. Frequency distribution of induced sex reversal papers published in each journal over the past 50 years	31
Fig. 8. Frequency distribution of induced hybrid papers published in each journal over the past 50 years	34
Fig. 9. Frequency distribution of induced gynogenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years	38
Fig. 10. Frequency distribution of induced androgenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years	42
Fig. 11. Frequency distribution of induced triploid papers published in each journal over the past 50 years	45
Fig. 12. Frequency distribution of induced tertaploid papers	

published in each journal over the past 50 years	48
Fig. 13. Frequency distribution of induced allotriploid papers	
published in each journal over the past 50 years	51
Fig. 14. Frequency distribution of induced allotetraploid papers	
published in each journal over the past 50 years	54
Fig. 15. Frequency distribution of induced aneuploid papers	
published in each journal over the past 50 years	57
Fig. 16. Frequency distribution of selective breeding papers	
published in each journal over the past 50 years	60
Fig. 17. Abstract analysis of induced androgenetic diploid	
papers using software to generate various word clouds	97
Fig. 18. Abstract analysis of induced allotriploid papers	
using software to generate various word clouds.	99
Fig. 19. Abstract analysis of grouper fish papers using	
software to generate various word clouds	100

I. 서 론

전 세계 어획량은 1989년에 최대 수준에 도달 한 후, 환경 악 화 및 기후 변화와 광범위한 개발 등 여러 요인에 의해 최근 쇠퇴 기간에 들어갔으나, 양식업은 사람이 소비할 수 있는 고품질 수산 식품을 생산할 수 있는 지속 가능한 수단으로 인식되어, 지난 반년 간 빠르게 발전하여 1990년대 들어 지난 10년 동안 전 세계 해양 및 담수산수산물 생산의 20% 이상을 차지할 정도로 생산량이 급속 히 증가했다(FAO, 1994).

그러나 오늘날 전 세계 생산량의 약 53%의 어류 및 패류 생산 은 주로 지구 표면의 1%에 불과한 담수에서 발생하며, 아직껏 해수 및 기수로 덮인 넓은 지역은 현재 거의 활용되지 않고 있어 수산물 로부터 동물성 단백질에 대한 미래의 수요를 충족시키기 위해 미래 양식업을 늘리는 것이 매우 중요시 되고 있다(FAO/UNEP, 1981, FAO, 1995).

수산 양식업에 있어 번식, 영양, 질병관리 및 육종이 매우 중요 시 되고 있다. 농업의 경우 제한된 수의 포유류 및 조류 종에 초점 을 맞추고 있으나, 양식 생산에는 각각 고유한 생물학적 특성을 가 진 수많은 다른 종이 포함되므로 개별 종의 온도, 염분, 산소 농도, pH, 탁도, 유수량 및 광주기에 따라 변하는 특정 수서환경 조건에 적합한 과학적 지식의 축적이 요구되므로 특정 종을 위해 개발된 생물학적 기술이 다른 종에 직접 사용할 수 없는 특징을 지닌다.

이에 수산 양식업에 있어 생산성 향상을 위한 유전 육종 기법은 Fig. 1에서 보듯이 양질의 정자와 난자를 필요시 쉽게 얻을 수 있도록 하는 산란유도 기법을 필두로, 성전환, 잡종유도, 염색체공학 및 선방육종 기법을 통해 생산성 향상을 꾀하고 있고, 특히, 자연계에서 포획한 어류에서 생존 가능한 자손을 생산할 수 있는 능력은 경제적으로 중요한 수산양식의 첫걸음이다. 채포한 어류의 생식은 성공적인 종자생산, 육성 및 시장 규모로 판매하기 위한 시금석이다. 이 중 채포한 어류의 생식 주기의 조절은 유전자 개량을 통한 육종을 가능하게 한다(Donaldson and Hunter, 1982).

어류의 생식은 내부 메커니즘을 작동시키는 외부 환경 요인에 의해 조절 된다. 산란 및 정자의 분비를 일으키는 생식주기의 조절은 적절한 환경에 물고기를 노출시키거나, 호르몬이나 또는 이들의 유사물질로 어류의 내부 조절 인자를 변경함으로써 생식 주기를 조절할 수 있다(Woynarovich and Horvath, 1984). 그러나 산란을 조절하는 내부 메커니즘은 대부분의 어류에서 비슷하나 생식을 통제하는 외부 환경 요인은 종마다 상당히 다르므로 생식의 내부 조절 메커니즘은 많이 알려져 있으나 종의 산란을 위한 특정 환경 요인에 대한 정보는 거의 알려져 있지 않아 이제까지 호르몬에 의한 인공 산란이 어류들의 번식을 유도할 수 있는 유일한 방법으로, 지난 60년간 사용되고 있다(Yamasaki, 1983). 이러한 호르몬 유도 산란 기술은 프로세스를 촉진하거나 억제함으로써 여러 수준에서 이 순차적 메커니즘에 영향을 미치는 것으로 알려져 있고 호르몬 유발 산란에 사용되는 주요 물질은 (1)난소와 고환을 자극하는 뇌하수체

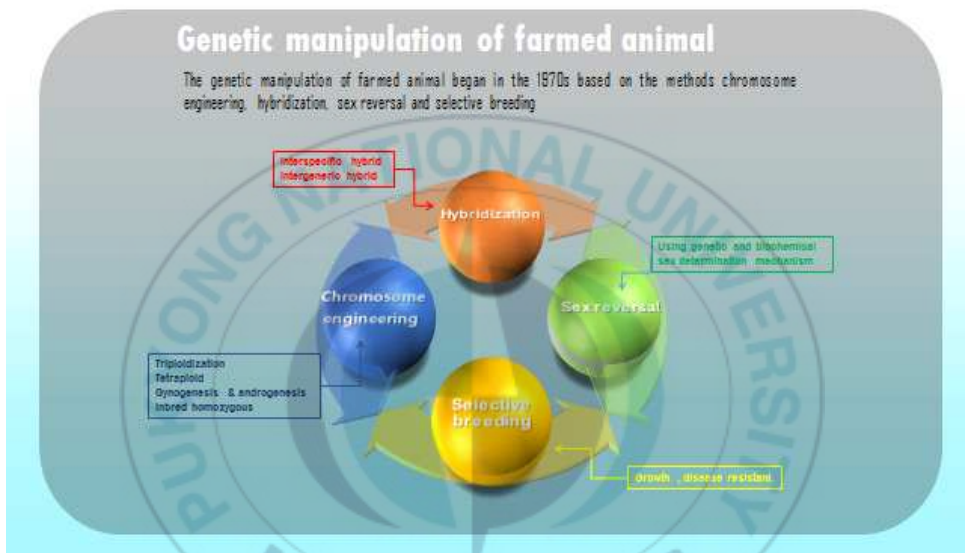


Fig. 1. Various genetic manipulation techniques for farmed animal in aquaculture.

추출물과 정제된 성선 자극 호르몬 (2) LHRH 유사체 (LHRHa) 단독 또는 뇌하수체를 자극하는 LHRHa의 효능을 향상시키는 도파민 차단제와의 조합 등으로 대표될 수 있다(Alestrom et al., 1992).

그런데 생식주기에서 중요한 역할을 하는 것으로 나타난 환경 요인은 광주기, 수온, 수질 (예 : 용존 산소, pH, 경도, 염도, 알칼리도) 및 달의 조수 간만 등과 함께 수산생물이라 하여도 날씨주기 (예 : 대기압, 강우)와 산란 기질 (예를 들어, 수생 식물, 스틱, 자갈, 산란 매트, 산란 동굴) 등과 함께 영양, 질병 및 기생충과 그리고 다른 물고기의 존재 등에 의해 영향을 받게 된다. 이러한 요소들은 서로 독립적으로 작동하지 않고 서로 관련되어 있어 적절한 환경 조건이 생식 과정을 자극하지만 부적합할 경우 어류의 생식 과정을 조절하는 내부 메커니즘인 뇌하수체-뇌하수체-생식소 사슬을 파괴할 수도 있다(Colombo et al., 1990).

성 결정의 메커니즘이 발견된 후 수서생물의 성 조절 기술의 개발과 응용이 양식업에 적용되어 이들의 성전환 기법은 생산 시스템과 경제적 효율성을 극대화하는데 중요시 되었다. 특히 수서 생물 중 많은 종에서 하나의 성이 더 빨리 자라거나, 성숙 시기가 서로 다른 종의 시장 가치가 높은 경우 일반적으로 성전환 기법에 의한 생산성 향상이 기대되며 또한 일부 불임어류의 생산은 생식 억제제의 수단으로 중요하므로 불임 개체군의 양식은 탈출한 양식 어류와 야생 어류간의 생식 상호 작용을 줄이거나 제거할 수 있어 성전환 기법의 사용은 수서생물 유전 육종에 있어 매우 유용하게 사용

되고 있어 향후 성 조절 기술은 유전자 변형 어류의 생식 억제에도 사용될 수 있다(Nam et al., 2004).

19세기 후반부터 자연계에 존재하는 잡종으로 보이는 어류들이 자연계에서 흔히 발견되며 잡종화에 대한 연구가 활성화 되었다(Purdom, 1993). 어류의 경우 체외 수정을 하며 경쟁이 제한된 산란 서식지를 공유하고 이에 따라 최근에 진화된 종들 사이에 이차 접촉에 대한 감수성이 적어 다른 척추동물보다 어류에서 잡종화가 널리 발생하는 것으로 보고하고 있다. 특히 어종 간 비호환성의 유전자 쌍을 가진 경우가 여타 척추동물보다 많아 잡종화가 쉽게 이루어지고 생산된 잡종의 발생율의 높음이 보고되어 있다(Thorgaard and Allendorf, 1988).

잡종을 생산하기 위한 교배는 우수한 후대, 즉 잡종강세를 나타내는 후손을 생산하기 위하여 한 어류 계통을 다른 계통과 여러 조합으로 교배시켜서 우수한 자손을 생산하는 조합을 찾는 육종프로그램이다. 잡종 교배는 수확량을 증가시키는 검증된 방법이지만, 이전부터 잡종교배를 해오지 않았다면 그 결과는 예측할 수 없기 때문에, 우수한 후손이 생산된다고 확신할 수 없다. 잡종강세를 보이는 후손을 생산하는 하나의 잡종 교배조합을 찾기 위해서는 많은 교배조합에 대해 평가하게 된다. 보통 잡종교배 프로그램은 한 종 내에 여러 계통(strains)을 이용하는 종내 잡종과 다른 종을 이용하는 이종 간 교배가 있다. 최근까지, 어류 잡종연구의 대부분은 틸라피아를 대상으로 이루어져 왔으며, 생산성 향상의 목적의 전 수컷 잡종(all-male hybrid)을 생산하기 위해 여러 종 내의 잡종교배가

행해졌다.

자성 발생성 2배체와 융성 발생성 개체는 처녀 생식을 설명하는 용어로써 자연계에서 자성 발생성 개체는 척추동물 군에서 파충류, 양서류 및 어류 등에서 자발적인 일어남이 보고되어 있다. 그러나 융성 발생성 개체는 관찰된 바 없다. 파충류는 진정한 parthenogenesis, 즉 수정 없이 번식하는 반면에, 모든 양서류 및 어종은 배아 발생을 시작하기 위해 정자의 자극을 필요로 하며 이들 종은 밀접하게 관련된 종으로부터 동종 정자 또는 정자에 의해 활성화되는 이배체 (또는 때때로 3배체) 난모세포를 생성한다. 이배체 난모세포가 생성되는 메커니즘은 다양하다. 가장 일반적인 형태는 계놈 복제와 관련이 있으며 자매 염색체가 우선적으로 짝을 이루는 정상적인 세포 분열이 뒤따르는 것으로 알려져 있다. 이러한 생식 메커니즘은 인위적인 자성 발생성 개체와 융성 발생성 개체의 유도를 가능케 하여 Streisinger et al. (1981)는 제브라피쉬의 감수 분열과 유사 분열성을 억제하여 동형 접합성 및 이형 접합성 클론 계통을 생산한 바 있다. 이후 정자 (생식에서) 또는 난자 (안드로겐에서)의 DNA는 감마 (γ) 또는 UV를 조사하여 유전 물질을 불활성화 시켜 난자 또는 정자와 융합되어 반수체 배아를 형성한 후, 제 1 세포 분열의 억제에 의해 반수체 배아를 이배체로 유도한다. 이때 첫 번째 유사 분열의 전 단계에 열 또는 압력 충격을 가해 세포분열을 억제하나, 압력 충격과 비교하여 열을 가하는 최적의 시간은 종마다 특이성이 보고되어 있다. 이러한 기법으로 여러 종의 해양 및 담수 어종의 생산이 보고되어 있다.

3배체의 유도는 동물에서 불임을 생성하기 위한 대안적 접근법이다. 일부 무척추 동물과 척추동물에서는 3배체가 쉽게 유발될 수 있으나, 왜 고등척추 동물에서 이를 유도하는 것이 일반적으로 어렵거나 불가능한지는 분명하지 않아 적용 영역은 양식업으로 제한되며 육상 축산은 제외된다.

생식세포의 분열시, 패류는 감수 분열 I의 prophase 또는 metaphase에서 체포되는 반면, 물고기 알은 방출될 때 감수 분열 II의 metaphase 단계에 있다(Colas and Dubé, 1995). 정자의 유입에 의해 난의 발달이 유도되어 조개류에서 감수 분열 I 또는 물고기에서 감수 분열 II가 재개된다. 감수 분열 I 또는 감수 분열 II 동안 적용된 물리적 또는 화학적 충격은 세포 분열을 억제하고 염색체 분열을 허용하면서 극체(갑각류의 경우 첫 번째 또는 두 번째이지만 어류의 경우 두 번째 중 하나)의 방출을 방지할 함으로써 3배체를 유도한다. 따라서 첫 번째(갑각류) 또는 두 번째(어류 및 갑각류) 극체의 방출을 방지하는 것은 3배체의 생산에 있어 매우 중요하다.

대부분의 양식종인 어패류는 인공 산란으로 난과 정자를 얻어 쉽게 3배체를 유도할 수 있다. 그러나 굴과 일부 갑각류에는 알이 맨틀 공동에 모여 있거나 복부 아래에 있어 정확한 수정 모멘트를 제어할 수 없어, 실질적으로 제약이 따른다. 예컨대 새우 중에서 일부 종은 내부 배아 배양을 하므로 생식 세포를 인공 수정에 사용할 수 없다. 또한 어류에 있어서도 구강 부화를 하는 tilapias와 같은 일부 어종에서는 자연 산란이 처리 효율을 떨어져 3배체의 유도 효

율이 매우 낮음이 보고되어 있다.

4배체는 어류에 있어 제 1난활을 억제하여 얻어지며 2배체와 교배하여 3배체를 대량생산하기 위한 목적으로 생산되나 그의 초기 생존율이 낮고 어떤 경우 2배체 이외의 정자를 생산하여 아직 산업에 사용하는데 큰 걸림돌들이 남아 있다. 그러나 굴에 있어서는 생존 가능한 3배체 굴은 3배체로부터 성숙된 2배체의 정 난자를 이용하여 생산되고 있다(Guo and Allen, 1994).

잡종의 배수체는 먼 관련이 있는 두 종의 자연 교잡 또는 F1 간 상호 특이적 잡종 중 부모 종 중 하나에 역 교배함으로써 유도될 수 있다. 특히 인공으로 유도된 잡종 이배체가 생존 능력이 현저히 떨어질 경우 이에 대한 대안으로 생존력을 증가시킬 수 있다 (Scheerer and Thorgaard, 1983). 이미 연어과 어류 등에서 잡종3배체는 그 효과가 크게 인정받고 있다.

배수체 및 잡종의 배수체를 생산하여 산업에 이용하기 위해 100% 3배체를 얻으려면 정확한 프로토콜을 적용해야 한다. 이에 따라 Piferrer 등(2003)은 압력 및 온도 충격의 효과에 영향을 미치는 주요 변수는 중요도, 타이밍, 강도 및 충격 지속 시간이 감소하는 순서 등을 제안한 바 있다.

어류, 패류 및 갑각류에 있어 선택적 프로그램을 통해 양적인 유전적 이득을 축적시키기 위한 선발 육종은 특정유용 유전자를 가지고 있는 개체로 하여금 더 많은 후손과 유전율을 남기도록 하여 그 유전자 빈도를 증가시키는 것으로써, 그의 기준은 국가별, 지역별 그리고 종에 따라 다를 수 있으나 그 대상은 대체로 사료효

율, 성장률, 내병성 등 생산력의 향상과 육질의 개선 등이 될 수 있다(Tave, 1984).

모든 선발육종 프로그램의 궁극적인 목적은 양식하고자 하는 집단의 육종 값을 개선하는 일로써 육종 값은 어류의 유전자에 의해 결정된다. 육종 값을 개선시키는 이유는 어류의 표현형에 의해 결정되는 부가가치가 높아지기를 희망하기 때문으로, 이를 위해 특정 표현형은 보존하여 선택하고, 원하는 표현형이 발현되지 않는 개체들은 제거함으로써 개량된 집단을 만드는 것이다. 이렇게 함으로써 선발된 어류의 유전자들이 선발 어류를 더 빨리 자라게 하거나 더 바람직한 체색을 가지게 하기 때문에 다음 세대의 어류는 더 많은 부가가치를 갖게 된다(Ihssen, 1976).

비록 선발육종 프로그램이 추구하는 궁극적인 목적이 어류집단의 유전자를 조작하여 더 좋은 어류를 생산하는 것이지만, 유전자를 직접적으로 검사하거나 조작하는 것은 불가능한 일이다. 그 대신 한 개체의 유전자는 해당 개체의 표현형을 검사하여 간접적으로 시험하게 된다. 선발육종 프로그램의 목적이 생물의 유전자를 조작하지 않고, 부모 개체로부터 후손으로 유전자가 어떻게 전달되는지, 또 유전자가 표현형을 어떻게 발현시키는지 이해하여 형질개량에 활용하는 것이므로 다양한 표현형을 만들어내는 기작을 통해 빠르고 효과적으로 목적을 달성할 수 있는 선발육종프로그램을 선택할 수 있다(Tave, 1995).

이에 본 연구에서는 지난 50년간 전 세계적으로 양식업의 발달을 위해 연구되어 국제지에 출판된 수산동물의 유전 육종 논문들

의 경향을 분석함으로써 전 세계적으로 미래 양식업의 나아가야 할 방향과 아울러 여러 가지 어려움에 직면해 있는 우리나라의 수산 양식업에 있어 국내 실정에 맞는 유전육종 기법의 도입을 통한 생산성 향상을 시키기 위한 정책 마련을 위해 본 연구를 실시하였다. 특히 본 연구에서는 일부 자료에 대하여 비정형 텍스트자료에서 가치와 의미를 지닌 정보를 찾아내는 기법인 텍스트 마이닝 기법(Lu, 1998)을 이용하여 그간 학술지에 발표 된 모든 용성 발생성 2배체와 잡종 3배체와 앞으로 전 세계적으로 중요한 양식 어종으로 자리 잡게 될 것으로 기대되는 그루퍼 관련 어종 논문의 초록을 “ORANGE” 프로그램에 접목하여, 텍스트 마이닝 기법을 통해 기존 논문들의 군집 분석 후 유사도를 측정하였고, 다양한 word cloud를 만드는 소프트웨어를 이용하여 이를 작성함으로써 각 기법에 따른 단어들의 빈도수와 가중치를 확인하였다.

II. 재료 및 방법

1. 문헌의 선택

1-1. aquaculture (A)

(<https://www.sciencedirect.com/journal/aquaculture>)

이 저널의 목표는 양식업에 최고 수준의 국제적인 과학적 기여를 할 수 있는 논문을 발표하고 제공하는 것 이며 저널은 학계 간 교류 양식 연구를 발표한다. 양식업의 범위에 해당 섹션의 우선순위가 포함된다.

1-2. aquaculture international (AI)

(<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10499>)

양식업의 모든 측면을 다루는 국제 저널로 양식 어류, 갑각류, 연체동물 및 식물의 생물학, 생리학, 병리학 및 유전학 검사와 시설 디자인, 지속가능한 생산, 수질, 마케팅, 품질 개선 및 사회적 영향을 다루고 유럽 양식 협회의 공식 저널임.

1-3. aquaculture research (AR)

(<https://onlinelibrary.wiley.com/loi/13652109>)

1970년 이후 John Wiley & Sons가 발행한 수산 과학 및 양식업에 대한 학술 저널임.

1-4. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences(CJFAS)

(https://www.nrcresearchpress.com/loi/cjfas?open=1980#id_1980)

1901년 이후 (여러 가지 제목으로) 지속적으로 출판되는 이

월간 저널은 수산 과학 분야의 주요 저널이다. 이 저널은 ISI에 의해 지난 10년 동안 해당 분야에서 3대 저널 중 하나로 분류되었다.

1-5. Fisheries science (FS)

(<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/fishsci1994/list/-char/en>)

일본 수산 학회에서 발표 하는 영문 공식 저널이다.

1-6. Journal of Applied Aquaculture (JAA)

(<https://www.tandfonline.com/loi/wjaa20>)

양식 실무를 위한 최신 개발 및 기술을 다루는 혁신적인 논문을 제공 하는 것을 목표로 한다.

1-7. Journal of the world aquaculture society (JWAS)

(<https://onlinelibrary.wiley.com/loi/17497345/year/2019>)

세계 양식 학회 (World Journal of the World Aquaculture Society)에서 출판 하는 영어 논문으로 분기별로 출판 되는 이 저널은 영양, 질병, 유전학 및 육종, 생리학, 환경 품질, 문화 시스템 엔지니어링, 축산 관행, 경제학 및 마케팅은 물론 수생 생물의 문화와 관련된 여러 가지 주제를 다룬다.

1-8. North American Journal of Aquaculture (NAJA)

(<https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/loi/15488454>)

집중적이고 광범위한 어류 양식의 모든 분야에서 새로운 연구와 실제 경험에 관한 논문을 발표한다. 어미관리와 산란, 영양 및 사료 공급, 건강 및 수질, 시설 및 생산 기술, 연못, 수조, 레이스웨이 수조 관리 등이 주제에 포함된다.

1-9. Transactions of the American Fisheries Society (TAFS)

(<https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/loi/15488659>)

1872년 이후 지속적으로 발표 된 미국 수산 협회의 가장 유명한 과학 저널이다. 이 논문들은 다양한 양식 분야가 폭넓게 다루어지고 어업 과학에 큰 영향을 미치며 새로운 과학적 결과를 이루었다.

2. 문헌의 분석

2-1. 연도별 분석

- Aquaculture (A)

1972-2019년까지 512개의 볼륨에 15,785개의 논문이 출판
수록 되었고 2019 SCI I,F는 3.022로 본 연구에서 조사된 논문
수는 15,785개이다.

- Aquaculture international (AI)

1993-2019년까지 1~27개의 볼륨에 1,811개의 논문이 출판
수록 되었고 2019 SCI I,F는 1.455개로 본 연구에서 조사된 논문
수는 1,811개이다.

- Aquaculture research (AR)

1970-2019년까지 3~50 개의 볼륨에 6,121개의 논문이 출판
수록 되었고 2019 SCI I,F는 1.502로 본 연구에서 조사된 논문
수는 6,121개이다.

- Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (CJFAS)

1980-2019 년까지 37~76개의 볼륨에 9,583개의 논문이 출판
수록 되었고 2019 SCI I,F는 2.935로 본 연구에서 조사된 논문
수는 9,583 개이다.

- Fisheries science (FS)

1994-2019년까지 60~85개의 볼륨에 4,757개의 논문이 출판
수록 되었고 2019 SCI I,F는 0.929로 본 연구에서 조사된 논문
수는 4,757개이다.

- Journal of Applied Aquaculture (JAA)

1991-2019년까지 1~31개의 볼륨에 838개의 논문이 출판

수록 되었고 SCI급 학술지가 아니어서 2019 SCI I,F는 0으로 본 연구에서 조사된 논문 수는 838개이다.

- Journal of the world aquaculture society (JWAS)

1970-2019년까지 3~50개의 볼륨에 3,071개의 논문이 출판 수록 되었고 2019 SCI I,F는 1.386으로 본 연구에서 조사된 논문 수는 3,071개이다.

- North American Journal of Aquaculture (NAJA)

1970-2019년까지 32~81 개의 볼륨에 3,137개의 논문이 출판 수록 되었고 2019 SCI I,F는 1.135으로 본 연구에서 조사된 논문 수는 3,137개이다.

- Transactions of the American Fisheries Society (TAFS)

1970-2019년까지 99~148개의 볼륨에 5,440개의 논문이 출판 수록 되었고 2019 SCI I,F는 1.781로 본 연구에서 조사된 논문 수는 5,440개이다.

2-2. 육종기법별 분석

① 인공산란유도, ② 성전환, ③ 잡종화, ④ 자성 발생성 2배체 유도, ⑤ 융성 발생성 2배체 유도, ⑥ 3배체, ⑦ 4배체, ⑧ 잡종 3배체, ⑨ 잡종 4배체, ⑩ 이수체, ⑪ 선발육종 등으로 분류 하였다.

2-3. 생물군별 분석

어류 패류 갑각류 및 기타로 분류하였다.

2-4. 육종 기법에 다른 종별 빈도수 분석

상기 방법론 2-2의 육종 분류 기법에 따라 유도된 생물종의 빈도를 측정하였다.

3. 텍스트 마이닝 기법에 의한 연구 동향 분석

연구 경향 분석을 위해 육종 기법으로는 음성 발생성 2배체, 잡종 3배체 자료를 그리고 미래의 전략 어종으로 최근 국내외 양식 산업에 있어 각광을 받고 있는 grouper를 대상으로 분석하였다. 이를 위해, 관련 논문의 초록을 그의 제목별로 text. 파일의 형태로 발췌 한 후, Orange 텍스트 마이닝 프로그램으로 각 주제별로 발췌한 파일들 읽어 들이고 초록에서 중복되는 빈도수가 높은 순서대로 나열하였다. 이후 나열된 텍스트 중 주제에 연관되지 않는 의미 없는 문장의 연결구나 지시어 등을 제거하고 핵심 단어들을 선정한 후 주제와 연관된 핵심어들의 빈도수를 다양한 방법으로 표현하여 가장 잘 이해할 수 있게 하고 이들을 이용하여 주제와 연관되는 텍스트로 경향을 분석하였다(Fig. 2 & 3).

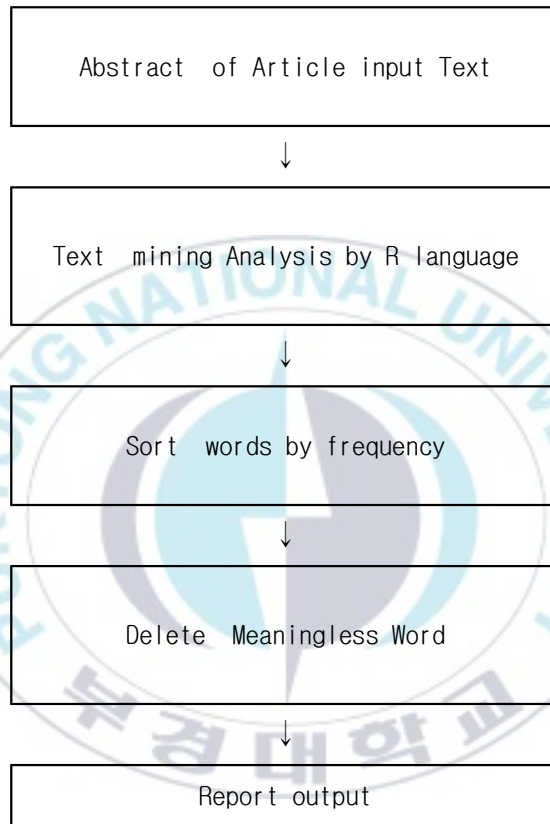


Fig. 2. Flowchart of text mining technique in this experiment.

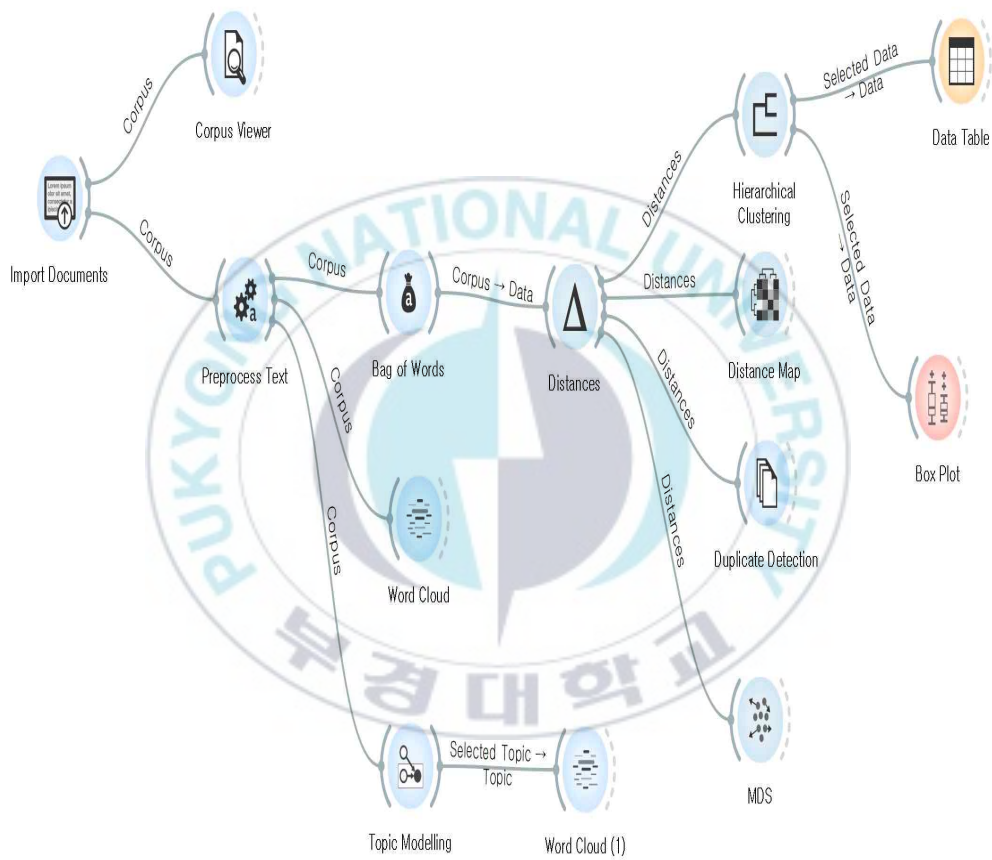


Fig. 3. Map of text mining.

Ⅲ. 결 과

1. 각 저널별 논문 수

1-1. 각 저널별 논문 수

Table 1은 각 저널별 분석 연도와 분석 볼륨 수 그리고 분석된 논문수와 2019년을 기준으로 한 각 학술지의 impact factor (I,F)를 보여주고 있다. Table 1에서 보듯이 2019년 기준으로 I,F는 Aquaculture가 가장 높아 3.022였고, Journal of applied aquaculture의 경우 저명한 국제 학술지이긴 하나 SCI급 학술지는 아닌 것으로 조사되었다. 따라서 이 학술지를 제외한 8개 수산 양식 분야의 I,F는 평균 1.768로 나타났다.

A지의 경우 1972-2019년까지 512개의 볼륨에 15,785개의 논문이 검색 되어 9개 학술지중 가장 많은 논문이 발표되었으며, AI는 1993-2019년까지 27개의 볼륨에 1,811개의 논문이 발표되었고 이 학술지의 2019년 SCI I,F는 1.455였다. AR는 1970-2019년까지 3-50개의 볼륨에 6,121개의 논문 수를 기록하였고 SCI I,F(2019)는 1.502였다.

CJFAS는 1980-2019년까지 37~76개의 볼륨에 9,583개의 논문이 발표되었고 SCI I,F(2019)는 2.935였다. FS는 1994-2019년까지 60-85개의 볼륨에 4757개의 논문이 발표되었고 SCI I,F는(2019) 0.929였다. JAA는 1991-2019년까지 31개의 볼륨이 출판되었고 838개의 논문이 발표된 것으로 검색되었고 2019년 현재 SCI I급 학술지가 아닌 것으로 나타났다. JWAS는 1970-2019년까지 3-50개의 볼륨에 3071개의 논문이 출판되었으며 SCI I,F는(2019) 1.386이었다.

Table 1. Analysis of period, number of volume and SCI impact factor for each journal

Journal	Analysis of period	No. of volume	SCI I,F (2019)
A	1972-2019	1~512	3.022
AI	1993-2019	1~27	1.455
AR	1970-2019	3~50	1.502
CJFAS	1980-2019	37~76	2.935
FS	1994-2019	60~85	0.929
JAA	1991-2019	1~31	-
JWAS	1970-2019	3~50	1.386
NAJA	1970-2019	32~81	1.135
TAFS	1970-2019	99~148	1.781

NAJA는 1970-2019년까지 32-81개의 볼륨에 3,137개의 논문이 출판되었고, SCI I,F는(2019) 1.135였다. TAFS는 1970-2019년까지 99-148개의 볼륨에 5,440개의 논문이 수록되어 있었고, SCI I,F (2019)는 1.781이었다.

따라서 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 15,785편으로 타 학술지에 비해 월등히 많은 발표 논문을 기록하였으며, AI 저널은 1811편, AR 저널은 6,121편, CJFAS 저널은 9,583편, FS 저널은 4,757편, JAA 저널은 838편, JWAS 저널은 3,071편, NAJA저널의 경우 3,137편 그리고 TAFS 저널은 5,440편이 게재되어 총 5,0543편이 조사되었다(Fig. 4).

1-2. 연도별 논문 수

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체 수산양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 2와 같다.

1970-'74의 5년 동안 Aquaculture 저널은 147편 그리고 AR 저널은 56편이 검색 되었다. JWAS 저널은 173편, NAJA저널의 경우 416편 그리고 TAFS 저널에는 567편이 게재되어 총 1,359편이 조사되었고, 1975-'79 5년 동안은 A 저널은 493편, AR 저널은 70편, JWAS 저널은 329편, NAJA저널의 경우 404편 그리고 TAFS 저널은 552편이 게재되어 총 1,848편이 조사 되어 1970년대에는 모두 3,207개의 수산양식 관련 논문이 저명 국제 학술지에 발표된 것으로 나타났다.

이후 1980년대 들어 1980-'84 5년 동안 A 저널 895편, AR 저널은 99편, CJFAS 저널은 1,228편, JWAS 저널은 326편, NAJA저널의 경우

Table 2. Number of articles by journal and over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74	147		56				173	416	567	1,359
1975-'79	493		70				329	404	552	1,848
1980-'84	895		99	1228			326	395	497	3,440
1985-'89	1368		188	1466			170	313	477	3,982
1990-'94	1421	42	391	1518	206	111	251	304	506	4,750
1995-'99	1468	201	531	1498	1039	140	277	272	485	5,911
2000-'04	2048	270	768	1062	1487	163	328	260	554	6,940
2005-'09	2740	249	1027	1058	906	137	360	218	661	7,356
2010-'14	2345	483	1086	870	626	166	467	334	689	7,066
2015-'19	2860	566	1905	883	493	121	390	221	452	7,891
Total	15,785	1,811	6,121	9,583	4,757	838	3,071	3,137	5,440	50,543



Fig. 4. All the papers published in each journal in the past 50 years.

395편 그리고 TAFS 저널은 497편이 게재되어 총 3,440편이 조사 되었다. 1985-'89 5년 동안은 A 저널, 1,368편 AR 저널은 188편, CJFAS 저널은 1,466편, JWAS 저널은 170편, NAJA저널의 경우 313편 그리고 TAFS 저널은 477편이 게재되어 총 3,982편이 조사되어 1980년대에는 7,422 편의 논문이 발표되어 1970년대 보다 2배 이상의 수산 양식 관련 논문이 발표된 것으로 나타났다.

1990-'94의 5년의 경우 A 저널은 1421편, AI 저널은 42편, AR 저널은 391편, CJFAS 저널은 1518편, FS 저널은 206편, JAA 저널은 111편, JWAS 저널은 251편, NAJA저널의 경우 304편, 그리고 TAFS 저널은 506편이 게재되어 총 4,750편이 조사되었으며, 1995-'99 5년 동안 A 저널은 1468편, AI 저널은 201편, AR 저널은 531편, CJFAS 저널은 1498편, FS 저널은 1039편, JAA 저널은 140편, JWAS 저널은 277편, NAJA저널의 경우 272편 그리고 TAFS 저널은 485편이 게재되어 총 5911편이 조사되어 1990년대에는 수산양식 관련 논문이 모두 10,661편이 발표되어 연 평균 1,000편이 넘는 논문이 국제 학술지에 보고되었고 이는 1970년대 보다 거의 3배 이상 그리고 1980년대 보다 약 30 % 가량의 비약적 증가가 있는 것으로 나타났다(Fig. 5).

2000년대 들어서 첫 5년간은 A 저널은 2048편, AI 저널은 270편, AR 저널은 768편, CJFAS 저널은 1062편, FS 저널은 1487편, JAA 저널은 163편, JWAS 저널은 328편, NAJA저널의 경우 260편 그리고 TAFS 저널은 554편이 게재되어 총 6,940편이 조사되었다. 2005-'09 5년 동안 A 저널은 2740편, AI 저널은 249편, AR 저널은 1027편, CJFAS 저널은 1058편, FS 저널은 906편, JAA 저널은 137편, JWAS

저널은 360편, NAJA저널의 경우 218편 그리고 TAFS 저널은 661편이 게재되어 총 7,356편이 조사 되어 첫 밀레니엄 10년 기간 중 발표 된 수산 양식 논문은 모두 14,296편으로 조사되어 지난 10년 동안 발표 된 논문 수보다 약 40% 정도 증가하였다.

최근 2010년부터 2014년의 5년 동안은 A 저널은 2345편, AI 저널은 483편, AR 저널은 1086편, CJFAS 저널은 870편, FS 저널은 626편, JAA 저널은 166편, JWAS 저널은 467편, NAJA저널의 경우 334편, 그리고 TAFS 저널은 689편이 게재되어 총 7,066편이 조사되었고, 2015-'19 5년 동안 A 저널은 2860편, AI 저널은 566편, AR 저널은 1905편, CJFAS 저널은 883편, FS 저널은 493편, JAA 저널은 121편, JWAS 저널은 390편, NAJA저널의 경우 221편 그리고 TAFS 저널은 542편이 게재되어 총 7,891편이 조사되어 10년간 발표 된 수산양식 논문 수는 14,957편으로 지난 10년과 유사하였다.

Fig. 5는 지난 50년 간 수산양식 관련 논문의 증가 추세를 보여 주고 있다. Fig. 5에서 보듯이 각 기간별 논문 수를 토대로 그의 증가 추세를 보면 1980년대부터 급격한 증가를 보이고 이후 약 30 - 40 % 정도의 증가를 보이다가 최근에는 그 증가 추세가 둔화되고 있는 것을 알 수 있다.

2. 유전육종기법에 따른 논문 수의 변화

2-1. 인공산란유도

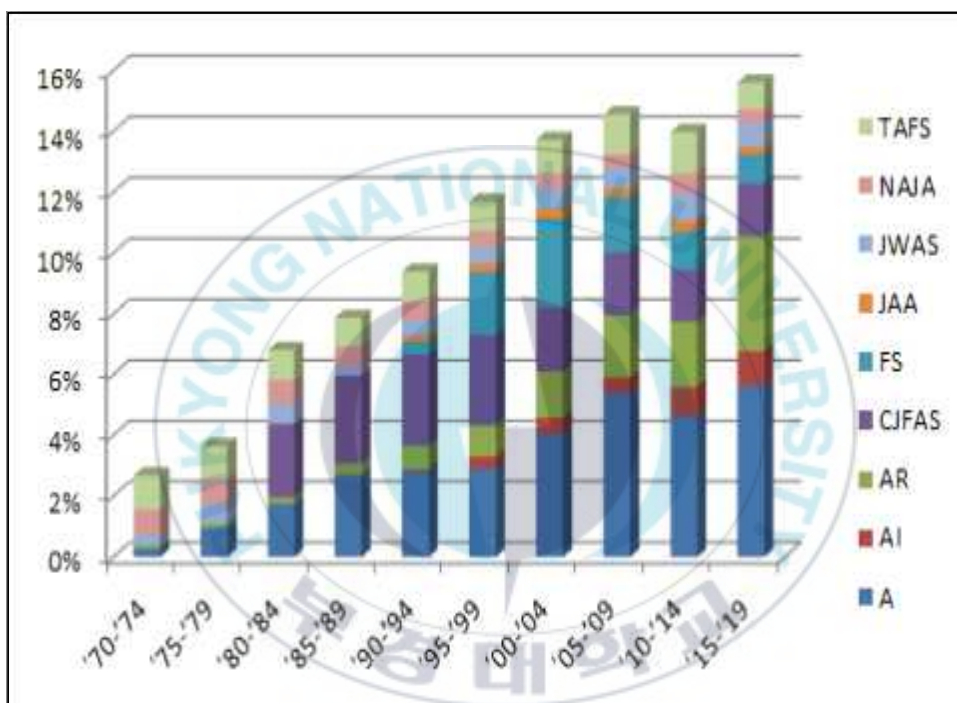


Fig. 5. Frequency of articles by journal and over the past 50 years.

육종기법 중 건강한 난과 정자를 생산하여 여타 육종의 재료로 사용하고 양식장에서 자연 산란되지 않은 수산생물의 생산성 향상을 위해 인공 산란을 유도하여 성공된 사례를 보고 한 논문을 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 검색한 결과는 Table 3과 Fig. 6과 같다.

1970-’74년의 5년의 기간 동안 A 저널은 3편, JWAS 저널은 2편 총 5편이 조사되었다. 1975-’79년의 5년의 기간 동안에 A 저널은 7편 JWAS 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 3편 게재되어 총 11편이 조사되었다.

이후 1980-’84년의 5년의 기간 동안 A 저널은 8편, AR 저널은 2편, NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 12편이 조사되었고 1985-’89년의 5년의 기간 동안 A 저널은 21편 JWAS 저널은 1편 NAJA저널의 경우 7편이 게재되어 총 29편이 조사되었다.

다음으로 1990-’94년의 5년의 기간 동안 A 저널은 7편 AR 저널은 2편 FS 저널은 1편 JWAS 저널은 2편 NAJA저널의 경우 1편 이 게재되어 총 13편이 조사되었다. 1995-’99년의 5년의 기간 동안 A 저널은 3편 AR 저널은 4편 JAA 저널은 3편 JWAS 저널은 4편 이 게재되어 총 14편이 조사되었다.

그리고 2000-’04년의 5년의 기간 동안 A 저널에만 3편이 게재되어 총 3편이 조사되었다. 그러나 2005-’09년의 5년의 기간 동안에는 A 저널은 3편, AR 저널은 5편, JAA 저널은 1편, JWAS 저널은 3편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 13편이 조사되었다.

Table 3. The number of induced ovulation/spawning papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74	3						2			5
1975-'79	7						1	3		11
1980-'84	8		2					2		12
1985-'89	21						1	7		29
1990-'94	7		2		1		2	1		13
1995-'99	3		4			3	4			14
2000-'04	3									3
2005-'09	3		5			1	3	1		13
2010-'14	3				1			1		5
2015-'19	1							3		4
Total	59	0	13	0	2	4	13	18	0	109

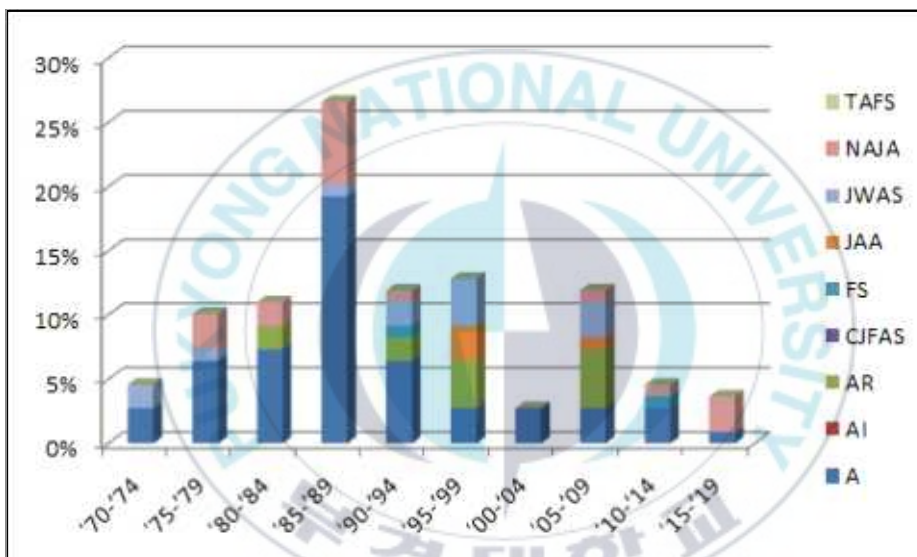


Fig. 6. Frequency distribution of induced ovulation and spawning papers published in each journal over the past 50 years.

2010-‘14년의 5년 기간 동안 A 저널은 3편, FS 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 5편이 조사되었고 최근의 2015-‘19년의 5년 기간 동안 A 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 3편이 게재되어 총 4편이 조사되었다.

이를 종합하면 전 기간 동안 총 게재된 논문 수는 A 저널 59편, 그리고 AI에는 전무 하였으며 AR 저널은 13편, CJFAS 저널은 0편 FS 저널은 2편, JAA 저널은 4편, JWAS 저널은 13편 그리고 NAJA 저널의 경우 18편이 게재되었으나 AI 저널, CJFAS 저널 그리고 TAFS 저널은 게재된 논문이 없어 총 109편이 조사되었다.

2-2. 성전환

암수 간에 경제성에 차이가 나는 경우 단성 집단을 생산하기 위해 시행 하는 성전환 기법을 통한 수산생물의 유전육종 성공 사례가 보고된 논문을 각 저널별로 1970년부터 5년 단위로 구분하여 검색한 결과는 Table 4와 Fig. 7과 같다.

처음 조사 시점인 1970-‘74의 5년 동안 NAJA저널의 경우에만 1편이 게재되어 총 1편이 조사되었고 1975-‘79 5년 동안은 A 저널에만 4편이 게재되어 1970년대에는 총 5편이 출판되었다.

이후 1980-‘84 5년 동안은 A 저널은 2편 그리고 CJFAS 저널에 1편이 게재되어 총 3편이 조사되었고 1985-‘89 5년 동안은 A 저널 2편 TAFS 저널에 2편이 게재되어 총 4편이 조사되었다. 이로써 1980년대에는 모두 7편이 게재된 것으로 조사되었다.

그 다음 1990-‘94 5년 동안은 A 저널은 4편, AR 저널은 4편, FS 저널은 3편, JAA 저널은 2편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 14편이 조사되었고 1995-‘99 5년 동안은 A 저널 3편,

Table 4. The number of induced sex reversal papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74								1		1
1975-'79	4									4
1980-'84	2			1						3
1985-'89	2								2	4
1990-'94	4		4		3	2		1		14
1995-'99	3		4		1			2		10
2000-'04	2		1					3		6
2005-'09	1									1
2010-'14	4		1				1			6
2015-'19	1	1	3							5
Total	23	1	13	1	4	2	1	7	2	54

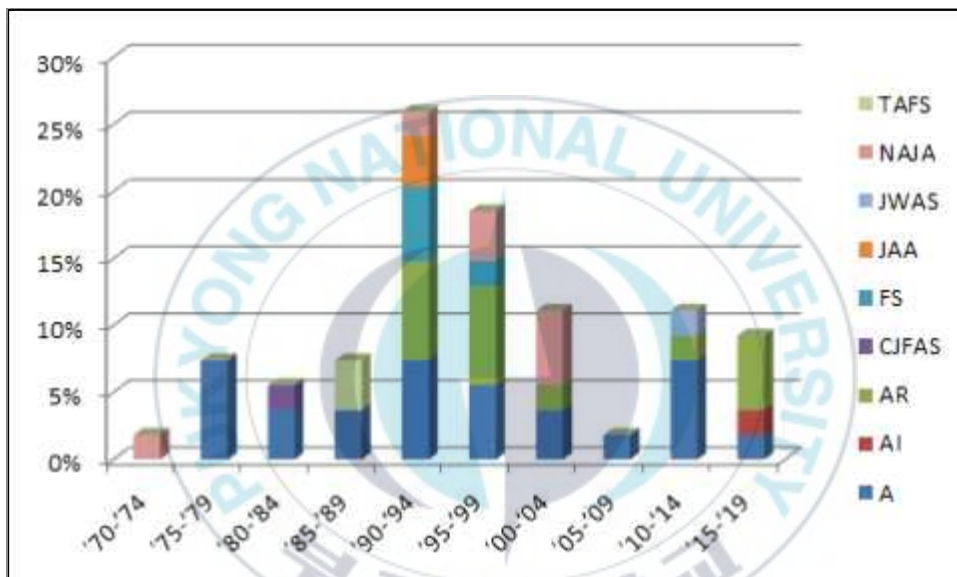


Fig. 7. Frequency distribution of induced sex reversal papers published in each journal over the past 50 years.

AR 저널은 4편, FS 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 10편이 조사됨으로써 1990년대에는 모두 24편의 논문이 검색됨으로써 1980년대에 비해 약 3.5배의 획기적 증가를 보여주었다.

2000년대 들어 2000-’04 5년 동안은 A 저널은 2편, AR 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 3편이 게재되어 총 6편이 조사되었다. 2005-’09의 5년 동안은 A 저널은 1편이 게재되어 2000년대에는 모두 7편이 조사되었다.

또한 2010-’14 5년 동안은 A 저널은 4편, AR 저널은 1편 그리고 JWAS 저널은 1편이 게재되어 총 6편이 조사되었고, 최근 2015-’19 5년 동안은 A 저널은 1편, AI 저널은 1편 그리고 AR 저널은 3편이 게재되어 총 5편이 조사되어 2010년대에는 모두 11편이 검색됨으로써 성전환 기법을 통한 육종 기법의 논문은 1990년대 이후로 급격한 감소 추세를 보였다.

그리하여 조사 전 기간 중 검색된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 23편, AI 저널은 1편, AR 저널은 13편, CJFAS 저널은 1편 FS 저널은 4편, JAA 저널은 2편, JWAS 저널은 1편, NAJA저널의 경우 7편 그리고 TAFS 저널은 2편이 게재되어 총 54편이 조사되었다.

2-3. 잡종화

두 종간 우수형질을 지닌 잡종을 생산하여 잡종 강세를 통한 생산성 향상을 꾀하는 육종 기법인 잡종화에 관한 연구 논문을 각 저널별로 1970년부터 5년 단위로 구분하여 검색한 결과는 Table 5와 Fig. 8과 같다.

처음 1970-’74 5년 동안 NAJA저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널은 8편이 게재되어 총 9편이 조사되었으며 1975-’79 5년 동안은

Table 5. The number of induced hybrid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
190-'74								1	8	9
1975-'79	6						6	3	1	16
1980-'84	12			7			6	9	4	38
1985-'89	15			6			4	10	4	39
1990-'94	36		2	9	1	7	13	6	12	86
1995-'99	32	2	15	4	4	4	14	13	7	95
2000-'04	34	3	18	2	4	8	11	9	8	97
2005-'09	31	2	20	5	5	5	14	11	10	103
2010-'14	37	5	22	8	2	5	15	22	5	121
2015-'19	59	10	44	4	4	4	15	27	6	173
Total	262	22	121	45	20	33	98	111	65	777

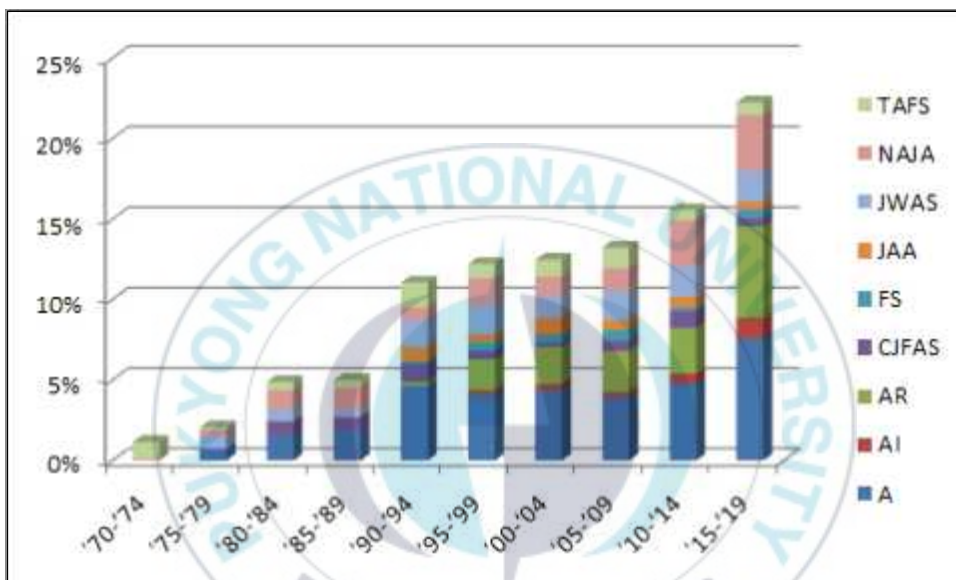


Fig. 8. Frequency distribution of induced hybrid papers published in each journal over the past 50 years.

A 저널은 6편, JWAS 저널은 6편, NAJA저널의 경우 3편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 16편이 조사되었다.

이후 1980-'84 5년 동안은 A 저널은 12편, 저널은 7편, JWAS 저널은 6편, NAJA저널의 경우 9편 그리고 TAFS 저널은 4편이 게재되어 총 38편이 조사되었다. 또한 1985-'89 5년 동안은 A 저널은 15편, CJFAS 저널은 6편, JWAS 저널은 4편, NAJA저널의 경우 10편 그리고 TAFS 저널은 4편이 게재되어 총 39편이 조사되어 1970년대 보다 2배 이상 증가됨이 관찰되었다.

그 다음 1990-'94 5년 동안은 A 저널은 36편, AR 저널은 2편, CJFAS 저널은 9편, FS 저널은 1편, JAA 저널은 7편, JWAS 저널은 13편, NAJA저널의 경우 6편 그리고 TAFS 저널은 12편이 게재되어 총 86편이 조사되었다. 1995-'99 5년 동안은 A 저널은 32편, AI 저널은 2편, AR 저널은 15편, CJFAS 저널은 4편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 4편, JWAS 저널은 14편, NAJA저널의 경우 13편 그리고 TAFS 저널은 7편이 게재되어 총 95편이 조사되어 시대 변화에 따라 잡종의 논문 수가 급격히 증가되는 경향이 뚜렷하였다.

2000년대 들어 2000-'04 5년 동안은 A 저널은 34편, AI 저널은 3편, AR 저널은 18편, CJFAS 저널은 2편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 8편, JWAS 저널은 11편, NAJA저널의 경우 9편 그리고 TAFS 저널은 8편이 게재되어 총 97편이 조사되었다. 2005-'09 5년 동안 A 저널은 31편, AI 저널은 2편, AR 저널은 20편, CJFAS 저널은 5편, FS 저널은 5편, JAA 저널은 5편, JWAS 저널은 14편, NAJA저널의 경우 11편 그리고 TAFS 저널은 10편이 게재되어 총 103편이 조사되어

2000년대 초반의 10년간은 모두 200편의 잡종 관련 논문이 출판됨으로써 1990년대보다 논문 양이 약 2배 증가함은 물론 이 시기에 있어 주요한 육종 기법으로 자리매김 함을 알 수 있었다.

2010-'14 5년 동안 A 저널은 37편, AI 저널은 5편, AR 저널은 22편, CJFAS 저널은 8편, FS 저널은 2편, JAA 저널은 5편, JWAS 저널은 15편, NAJA 저널의 경우 22편 그리고 TAFS 저널은 5편이 게재되어 총 121편이 조사되었다. 최근 2015-'19 5년 동안은 A 저널은 59편, AI 저널은 10편, AR 저널은 44편, CJFAS 저널은 4편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 4편, JWAS 저널은 15편, NAJA 저널의 경우 27편 그리고 TAFS 저널은 6편이 게재되어 총 173편이 조사되었다. 따라서 2010년대에도 약 300여 편의 잡종 유도 논문이 보고되는 것으로 보아 앞으로도 잡종화 기법을 통한 유전육종은 더욱 발전할 것으로 보인다. 이에 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 262편, AI 저널은 22편, AR 저널은 121편, CJFAS 저널은 45편, FS 저널은 20편, JAA 저널은 33편, JWAS 저널은 98편, NAJA 저널의 경우 111편 그리고 TAFS 저널은 65편이 게재되어 총 777편이었다.

2-4. 자성 발생성 2배체 유도

염색체공학 기법을 이용하여 암컷의 유전 물질 만으로 개체를 생산함으로써 개체의 동형접합 성을 증가시켜 우량 형질을 발현시키기 위한 유전육종 기법인 자성 발생성 2배체 유도에 관한 각 저널 별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 검색한 결과는 Table 6 과 Fig. 9와 같다.

Table 6. The number of induced gynogenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79								1	1	2
1980-'84	4								1	5
1985-'89	6									6
1990-'94	16		4		1					21
1995-'99	8	1	4	1	5		2	2		23
2000-'04	11	1	1		4	1	1	2		21
2005-'09	16	4	4					1		25
2010-'14	3	2	8				2	1		16
2015-'19	10	1	7				2			20
Total	74	9	28	1	10	1	7	7	2	139

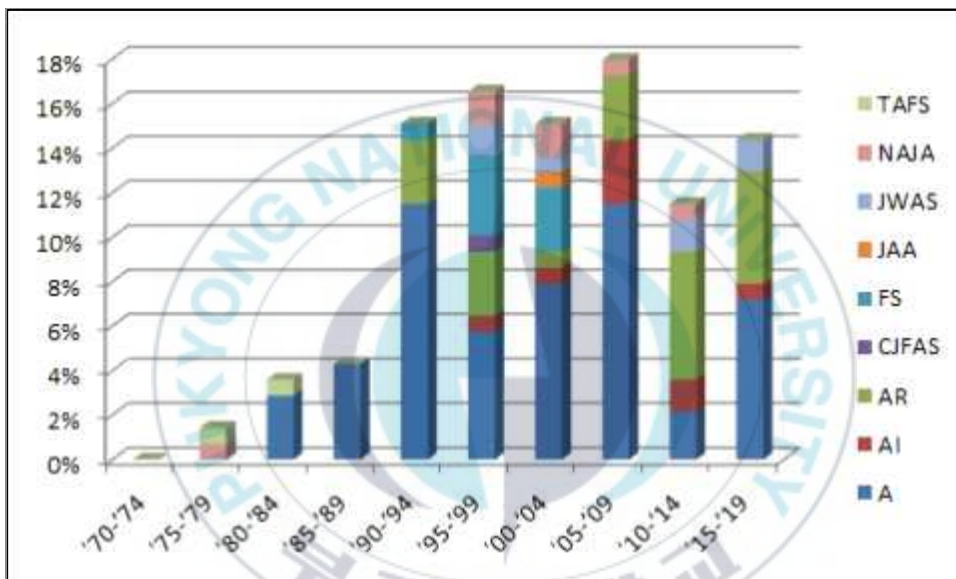


Fig. 9. Frequency distribution of induced gynogenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years.

처음 1970-’74 5년 동안 발표된 논문이 전무하여 이 시기에는 아직 염색체공학 기법을 통한 유전육종의 개념이 정립되어 있지 않음을 나타냈다. 그러나 1975-’79 5년의 기간 중 NAJA저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널에 1편이 게재되어 총 2편이 조사됨으로써 이시기 첨단 유전 육종 기법으로 대두되기 시작함을 알 수 있었다

이후 1980-’84 5년 동안은 A 저널은 4편 그리고 TAFS 저널에 1편이 게재되어 총 5편이 조사되었고 1985-’89 5년 동안은 A 저널에만 6편이 게재되어 1980년대 들어 모두 11편이 보고됨으로써 이때부터 중요한 육종 기법으로 여러 연구자들이 활발한 연구를 하고 있음을 짐작할 수 있었다.

그 다음 1990-’94 5년 동안은 A 저널은 16편, AR 저널은 4편 그리고 FS 저널은 1편이 게재되어 총 21편이 조사되었고 1995-’99 5년 동안은 A 저널은 8편, AI 저널은 1편, AR 저널은 4편, CJFAS 저널은 1편, FS 저널은 5편, JWAS 저널은 2편 그리고 NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 23편이 조사되어 이 시기 모두 44편이 발표됨으로써 전체 편수는 수치 상 그리 많지 않으나 1980년대에 비해 400 %의 논문 증가율을 기록하고 있음을 알 수 있었다.

2000년대 들어 2000-’04 5년 동안은 A 저널은 11편, AI 저널은 1편, AR 저널은 1편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 1편, JWAS 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 21편이 조사되었다. 또한 2005-’09 5년 동안은 A 저널은 16편, AI 저널은 4편, AR 저널은 4편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 25편이 조사됨으로써 모두 46편의 논문이 출판됨으로써 앞서의 10년 동안 출판된 논문 수와 유사하였다.

2010-’14 5년 동안 A 저널은 3편, AI 저널은 2, AR 저널은 8편, JWAS 저널은 2편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 16편이 조사되었고 최근 2015-’19 5년 동안 A 저널은 10편, AI 저널

은 1편, AR 저널은 7편 그리고 JWAS 저널은 2편이 게재되어 총 20편이 조사됨으로써 1990년대 이후 이제까지 논문의 증가율은 정체되어 있음을 알 수 있었다.

그리하여 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 74편, AI 저널은 9편, AR 저널은 28편, CJFAS 저널은 1편, FS 저널은 10편, JAA 저널은 1편, JWAS 저널은 7편, NAJA저널의 경우 7편 그리고 TAFS 저널은 2편이 게재되어 총 139편이 조사되었다.

2-5. 웅성 발생성 2배체 유도

염색체를 조작하여 수컷의 유전 물질만으로 개체를 생산함으로써 개체의 동형접합 성을 증가 시켜 우량 형질을 발현시키기 위한 유전육종 기법인 웅성 발생성 2배체 유도에 관한 각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체 수산 양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 7와 Fig. 10과 같다.

처음 1970-'74 5년 동안 조사된 것이 없었고 1975-'79 5년 동안은 TAFS 저널에 단 1편이 게재되어 1970년대에는 새로 시작 되는 연구 분야임을 알 수 있었다

이후 1980-'84 5년 동안에도 조사된 것이 없었다. 그러나 1985-'89 5년 동안은 A 저널에 2편이 게재되어 총 2편이 조사되었다.

1990-'94 5년 동안 A 저널에 1편이 그리고 1995-'99 5년 동안은 JJA 저널에 2편과 JWAS 저널에 1편이 게재되어 총 3편이 조사되었다.

이후 2000년대 들어 2000-'04 5년 동안은 A 저널에 5편이 그리고 2005-'09 5년 동안 A 저널에 2편이 게재되어 총 7편이 조사되었다.

2010-'14 5년 동안은 FS 저널은 1편 그리고 JAA 저널에 1편이 게재되어 총 2편이 조사되었고 최근 2015-'19 5년 동안은 A 저널은 2편 AR 저널은 1편이 게재되어 총 3편이 조사되었다.

Table 7. The number of induced androgenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79									1	1
1980-'84										0
1985-'89	2									2
1990-'94	1									1
1995-'99						2	1			3
2000-'04	5									5
2005-'09	2									2
2010-'14					1	1				2
2015-'19	2		1							3
Total	12	0	1	0	1	3	1	0	1	19

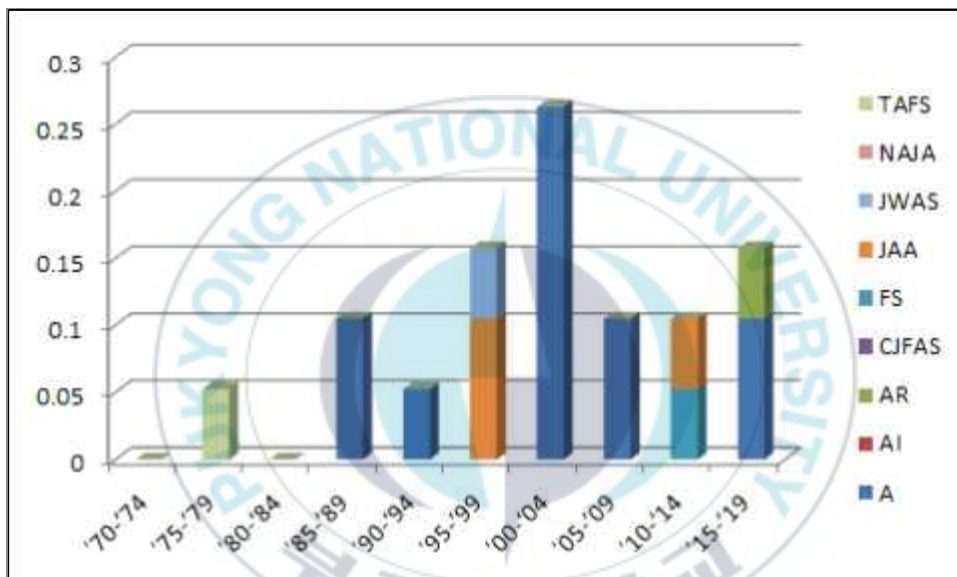


Fig. 10. Frequency distribution of induced androgenetic diploid papers published in each journal over the past 50 years.

그리하여 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 12편, AR 저널은 1편, FS 저널은 1편, JAA 저널은 3편, JWAS 저널은 1편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 19편이 조사되었다.

2-6. 3배체

염색체공학 기법을 이용하여 모든 개체를 불임으로 만들어 생산 성과 수계 유전자 오염을 방지하기 위해 유도하는 기법인 3배체에 관한 각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 검색한 결과는 Table 8과 Fig. 11과 같다.

처음 1970-’74년의 5년의 기간 동안 A 저널은 1편, NAJA 저널은 1편 그리고 TAFS 저널의 경우 2편 게재되어 총 4편이 조사되었다. 1975-’79년의 5년의 기간 동안은 A 저널에 1편이 게재되어 1970년대에는 모두 3편이 조사되었다.

그후 1980-’84년의 5년 동안 A 저널은 11편 CJFAS 저널은 3편 NAJA 저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널의 경우 4편이 게재되어 총 19편이 조사되었다. 1985-’89년의 5년의 기간 동안은 A 저널은 23편, AR 저널은 1편, CJFAS 저널은 1편, NAJA 저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 27편이 조사되었다.

그 이후 1990-’94년의 5년의 기간 동안 A 저널은 36편, AR 저널은 7편, FS 저널은 1편, JAA 저널은 2편, JWAS 저널은 2편, NAJA 저널은 4편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 53편이 조사되었다. 1995-’99 5년 동안은 A 저널은 23편, AI 저널은 1편, AR 저널

Table 8. The number of induced triploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74	1							1	2	4
1975-'79	1									1
1980-'84	11			3			1		4	19
1985-'89	23		1	1				1	1	27
1990-'94	36		7		1	2	2	4	1	53
1995-'99	23	1	9	1	4	1	2	3	1	45
2000-'04	31	1	7	1	4	1	3	3	2	53
2005-'09	21	2	20	1		1		4		49
2010-'14	25	7	2			4		2		40
2015-'19	29	1	19	1			1	4		55
Total	201	12	65	8	9	9	9	22	11	346

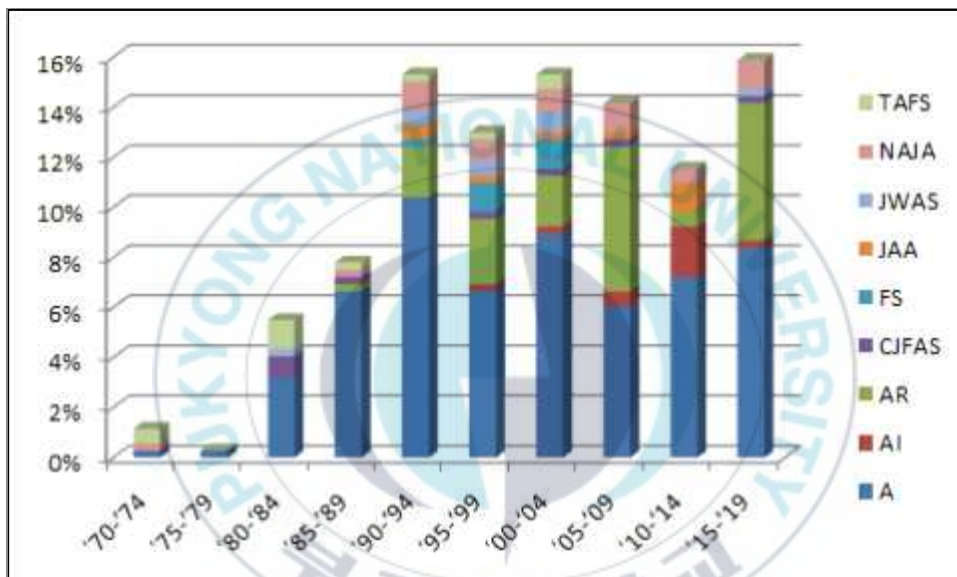


Fig. 11. Frequency distribution of induced triploid papers published in each journal over the past 50 years.

은 9편, CJFAS 저널은 1편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 1편, JWAS 저널은 2편, NAJA저널의 경우 3편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 45편이 조사되었다.

2000년 들어 2000-'04 5년 동안 A 저널은 31편, AI 저널은 1편, AR 저널은 7편, CJFAS 저널은 1편, FS 저널은 4편, JAA 저널은 1편, JWAS 저널은 3편, NAJA저널의 경우 3편 그리고 TAFS 저널은 2편이 게재되어 총 53편이 조사되었다. 2005-'09 5년 동안 A 저널은 21편, AI 저널은 2편, AR 저널은 20편, CJFAS 저널은 1편, JAA 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 4편 이 게재되어 총 49편이 조사되었다.

최근 10년간 2010-'14 5년 동안은 A 저널은 25편, AI 저널은 7편, AR 저널은 2편, JAA 저널은 4편 그리고 NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 40편이 조사되었다. 2015-'19 5년 동안은 A 저널은 29편, AI 저널은 1편, AR 저널은 19편, CJFAS 저널은 1편, JWAS 저널은 1편 그리고 NAJA저널의 경우 4편이 게재되어 총 55편이 조사되었다.

조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 201편, AI 저널은 12편, AR 저널은 65편, CJFAS 저널은 8편, FS 저널은 9편, JAA 저널은 9편, JWAS 저널은 9편, NAJA저널의 경우 22편 그리고 TAFS 저널은 11편이 게재되어 총 346편이 조사되었다.

2-7. 4배체

각 저널별 4배체 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체

Table 9. The number of induced tetraploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79										0
1980-'84	2									2
1985-'89	2						1			3
1990-'94	6		2							8
1995-'99	3		1				1			5
2000-'04	5	1	2				1			9
2005-'09	3		2					1		6
2010-'14	3	4								7
2015-'19	3		3	1						7
Total	27	5	10	1	0	0	3	1	0	47

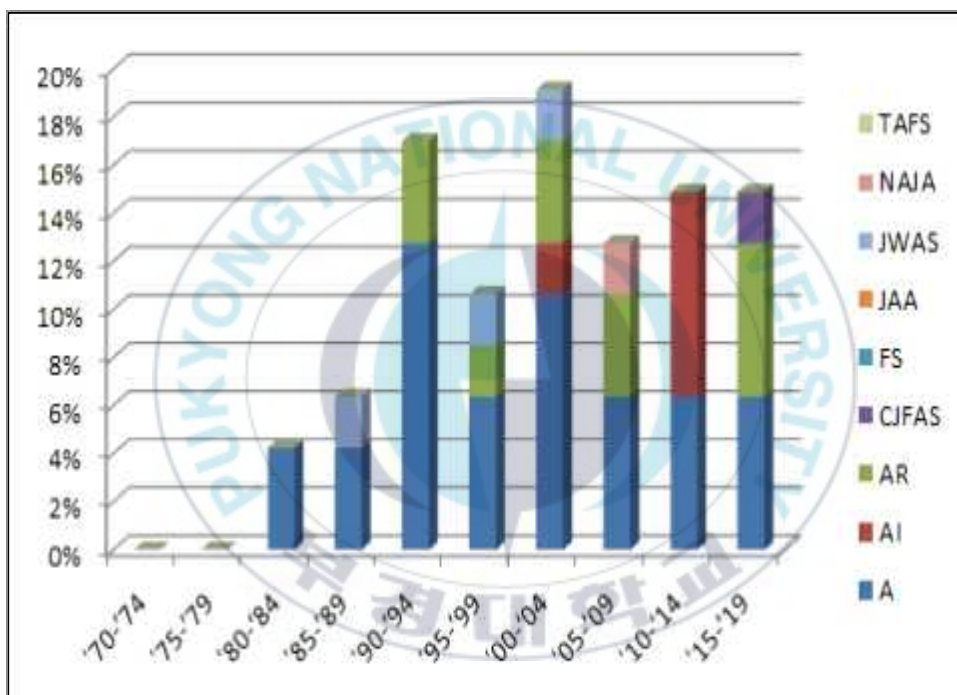


Fig. 12. Frequency distribution of induced tetraploid papers published in each journal over the past 50 years.

수산 양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 9와 Fig.12와 같다.

1970년대에는 4배체 관련 논문이 검색되지 않았다.

이후 1980-’84 5년 동안 A 저널에 2편이 게재되었고, 1985-’89 5년 동안 A 저널에 2편 그리고 JWAS 저널은 1편이 게재되어 총 3편이 조사되었다.

다음 1990-’94 5년 동안 A 저널은 6편 그리고 AR 저널에 2편이 게재되어 총 8편이 조사되었다. 1995-’99 5년 동안은 A 저널은 3편, AR 저널은 1편 그리고 JWAS 저널은 1편이 게재되어 총 5편이 조사되었다.

2000년 들어 2000-’04 5년 동안 A 저널은 5편, AI 저널은 1편, AR 저널은 2편 그리고 JWAS 저널에 1편이 게재되어 총 9편이 조사되었고, 2005-’09 5년 동안은 A 저널은 3편, AR 저널은 2편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 6편이 조사되었다.

최근 2010-’14 5년 동안은 A 저널은 3편 그리고 AI 저널은 4편이 게재되어 총 7편이 조사되었고 2015-’19 5년 동안 A 저널은 3편, AR 저널은 3편 그리고 CJFAS 저널은 1편이 게재되어 총 7편이 조사되었다.

그리하여 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 27편, AI 저널은 5편, AR 저널은 10편, CJFAS 저널은 1편 JWAS 저널은 3편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 47편이 조사 되었다.

2-8. 잡종 3배체

염색체공학 기법과 잡종기법을 동시에 사용하여 두 기법의 이익

Table 10. The number of induced allotriploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79										0
1980-'84										0
1985-'89	1									1
1990-'94	1			3						4
1995-'99	1								1	2
2000-'04	2		2					1	1	6
2005-'09	1	1	2							4
2010-'14	2		1							3
2015-'19	2		1				2			5
Total	10	1	6	3	0	0	2	1	2	25

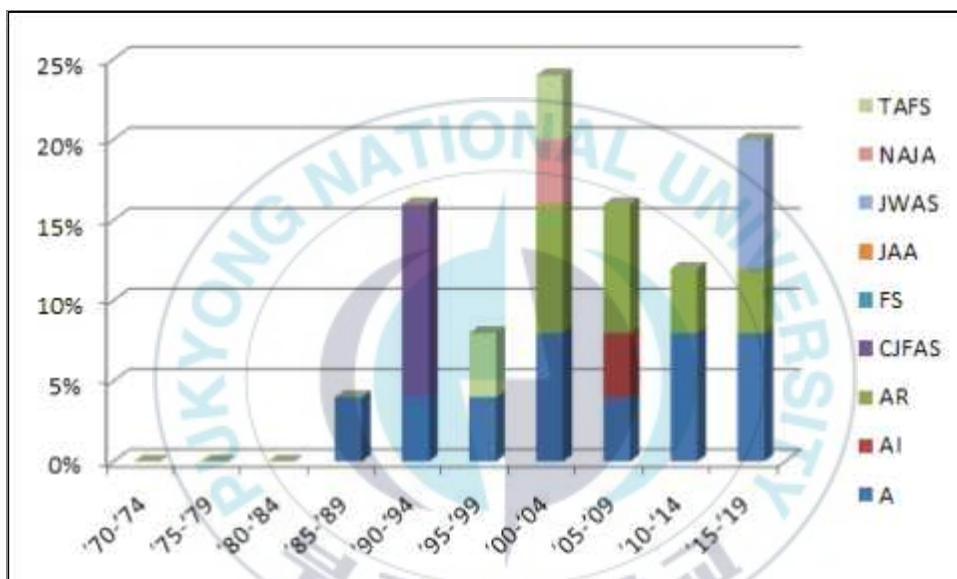


Fig. 13. Frequency distribution of induced allotriploid papers published in each journal over the past 50 years.

을 극대화하려는 기법인 잡종의 3배체 유도에 관련된 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체 수산 양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 10와 Fig.13과 같다.

처음 1970-'84의 15년 동안 보고된 논문이 전혀 없는 것으로 조사되었다. 그러나 1985-'89 5년의 기간 중은 A 저널에 1편이 최초로 게재되었다.

이후 1990-'94 5년 동안은 A 저널은 1편 그리고 CJFAS 저널에 3편 이 게재되어 총 4편이 조사되었고, 1995-'99 5년 동안은 A 저널에 1편 그리고 TAFS 저널에 1편이 게재되어 총 2편이 조사되었다.

2000년 들어 2000-'04 5년 동안 A 저널은 28편, AR 저널은 2편, NAJA저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널은 1편이 게재되어 총 6편 이 조사되었다. 2005-'09 5년 동안 A 저널은 1편, AI 저널은 1편 그리고 AR 저널은 2편이 게재되어 총 4편이 조사되었다.

최근의 2010-'14 5년 동안 A 저널에 2편 그리고 AR 저널은 1편 이 게재되어 총 3편이 조사되었고, 2015-'19 5년 동안 A 저널은 2편, AR 저널은 1편 그리고 JWAS 저널은 2편 이 게재되어 총 5편이 조사되었다.

최종적으로 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널은 10편, AI 저널은 1편, AR 저널은 6편, CJFAS 저널은 3편, JWAS 저널은 2편, NAJA저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널은 2편 이 게재되어 총 25편이 조사되었다.

2-9. 잡종 4배체

Table 11 . The number of induced allotetraploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79										0
1980-'84										0
1985-'89										0
1990-'94										0
1995-'99										0
2000-'04	1									1
2005-'09	2									2
2010-'14										0
2015-'19	2									2
Total	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5

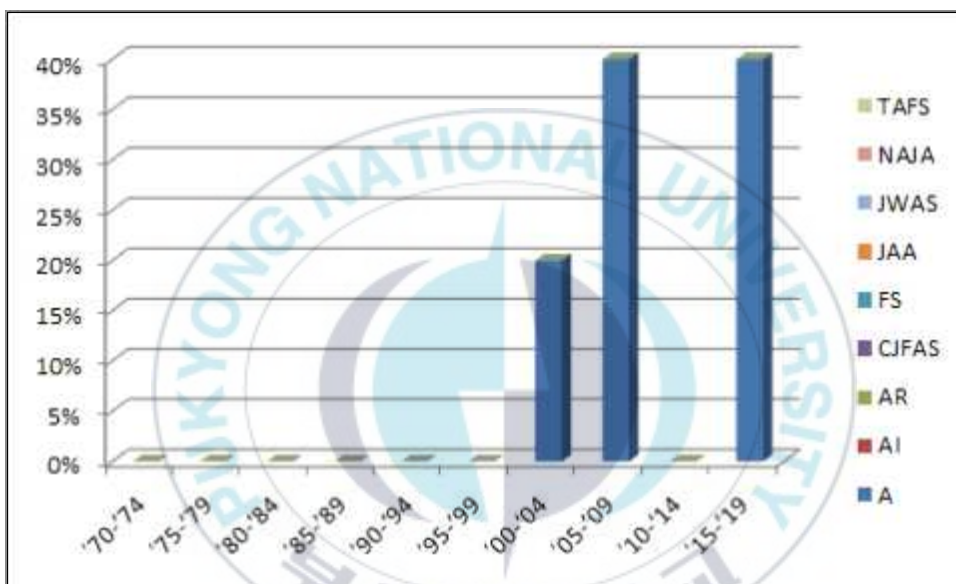


Fig. 14. Frequency distribution of induced allotetraploid papers published in each journal over the past 50 years.

두 유전 육종기법을 동시에 사용하여 효과를 극대화하려는 기법인 잡종의 4배체 유도에 관련된 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체 수산 양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 11와 Fig. 14와 같다.

처음 1970-'99 30년 간 보고된 논문은 없었다.

2000년 들어 2000-'04 5년 동안 A 저널에 1편이 게재되고 2005-'09 5년 동안 A 저널에 또 2편이 게재되어 총 3편이 조사되었다.

2010-'14 5년 동안은 보고된 논문이 없었고, 최근 2015-'19 5년 동안은 A 저널에 2편이 게재되었다.

조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저널에만 5편이 게재된 것으로 조사되었다.

2-10. 이수체

각 생물이 가지고 있는 고유의 염색체 중 일부를 조작하여 원하는 형질을 얻고자하는 이수체 유도 법에 의해 발표된 논문을 각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 전체 수산 양식관련 논문을 검색한 결과는 Table 12와 Fig. 15와 같다.

1985-'89 5년 동안 A 저널에 1편과 TAFS 저널에 1편이 게재되었고 1995-'99 5년 동안 A 저널에 1편이 게재되었으며, 2000년 들어 2000-'04 5년 동안 A 저널에 1편이 그리고 2010-'14 5년 동안 역시 A 저널에 1편이 게재되었다. 그리고 최근 2015-'19 5년 중 NAJA저널에 경우 1편이 게재되어 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는

Table 12. The number of induced aneuploid papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74										0
1975-'79										0
1980-'84										0
1985-'89	1								1	2
1990-'94										0
1995-'99	1									1
2000-'04	1									1
2005-'09										0
2010-'14	1									1
2015-'19								1		1
Total	4	0	0	0	0	0	0	1	1	6

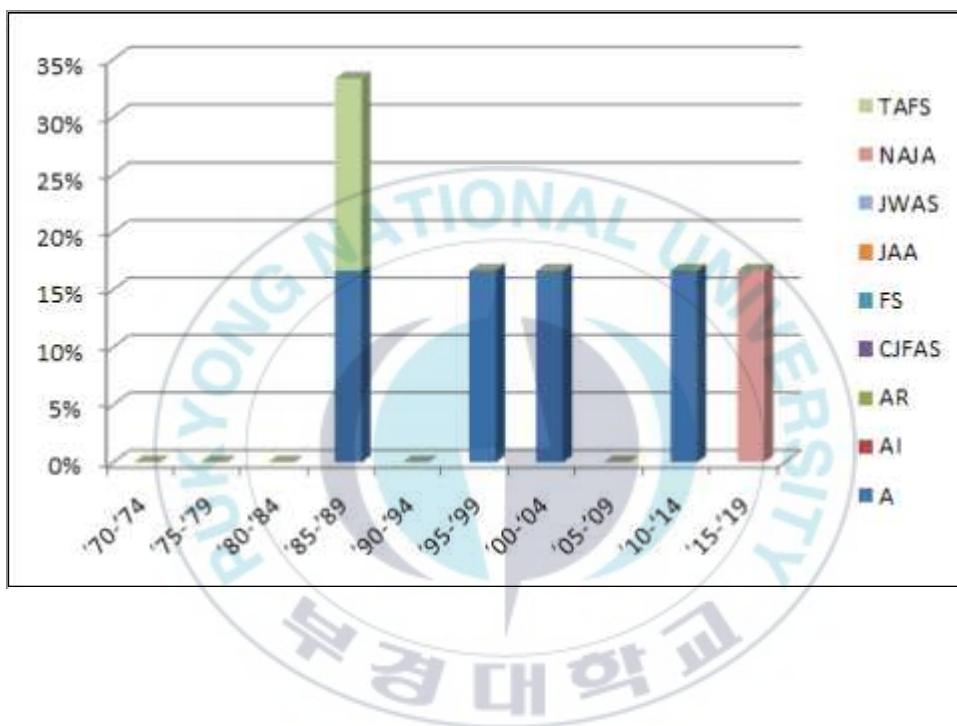


Fig. 15. Frequency distribution of induced aneuploid papers published in each journal over the past 50 years.

저널별로 A저널은 4편, NAJA저널의 경우 1편 그리고 TAFS 저널에 1편이 게재되어 총 6편이 조사되었다.

2-11. 선발육종

유용형질을 세대를 거듭하며 교배 하여 이를 정착시키기 위한 선발육종 기법은 가장 오래된 육종기법 중의 하나로써 이에 대한 각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 논문을 검색한 결과는 Table 13와 Fig.16과 같다.

처음 1970-'74 5년 동안 A 저널은 1편, JWAS 저널은 2편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 4편이 조사되었고 1975-'79 5년 동안은 JWAS 저널에 1편이 게재되어 1970년대에는 모두 총 5편이 조사되었다.

이후 1980-'84 5년 동안은 A 저널은 4편이 게재되었고 1985-'89 5년 동안은 검색되지 않았고 1990-'94 5년 동안은 A 저널에 1편이 게재되었고 1995-'99 5년 동안은 A 저널에 1편 그리고 FS 저널에 1편이 게재되어 총 2편이 조사되었다.

2000년 들어 2000-'04 5년 동안은 A 저널은 2편 JWAS 저널은 1편이 게재되어 총 3편이 조사되었고 2005-'09 5년 동안은 A 저널은 7편 AR 저널은 4편 그리고 NAJA저널의 경우 1편이 게재되어 총 12편이 조사되었다. '10-'14 5년 동안은 A 저널은 6편 AR 저널은 5편, FS 저널은 1편 그리고 JAA 저널은 1편이 게재되어 총 13편이 조사되었다.

최근 2015-'19 5년 동안은 A 저널은 8편, AI 저널은 1편, AR 저널은 5편, FS 저널은 1편 그리고 JWAS 저널은 1편이 게재되어 총 16편이 조사되었다.

그리하여 조사 전 기간 중 조사된 논문의 총 편수는 저널별로 A 저

Table 13. The number of selective breeding papers published in each journal over the past 50 years

Period	Journal Name									Total
	A	AI	AR	CJFAS	FS	JAA	JWAS	NAJA	TAFS	
1970-'74	1						2	1		4
1975-'79							1			1
1980-'84	4									4
1985-'89										0
1990-'94	1									1
1995-'99	1				1					2
2000-'04	2						1			3
2005-'09	7		4					1		12
2010-'14	6		5		1	1				13
2015-'19	8	1	5		1		1			16
Total	30	1	14	0	3	1	5	2	0	56

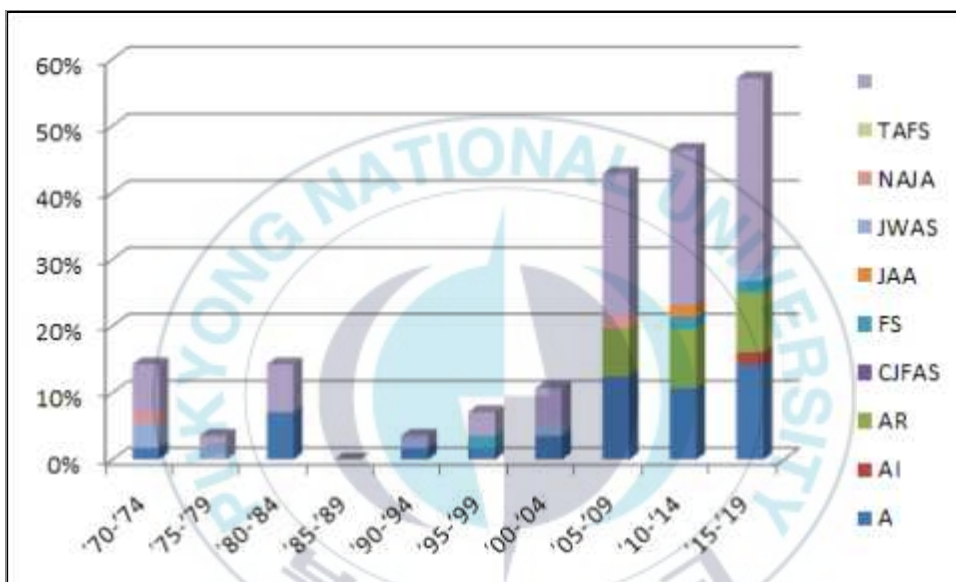


Fig. 16. Frequency distribution of selective breeding papers published in each journal over the past 50 years.

널은 31편, AI 저널은 1편, CJFAS 저널은 14편, FS 저널은 3편, JAA 저널은 1편, JWS 저널은 5편 그리고 NAJA저널의 경우 2편이 게재되어 총 56편이 조사되었다.

3. 유전육종기법에 따른 양식대상 분류군별 빈도수

3-1. 인공산란유도

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 및 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 14와 같다.

처음 1970-1974 기간 동안 어류에서만 5개의 논문이 검색되었고 1975-1979 기간에는 어류에서 11개로 1970년대 총 11개의 논문이 검색되었다.

이후 1980-1984년 어류에서 10개, 패류에서 1개 그리고 갑각류에서 1개 총 12개의 논문이 검색되었고, 1985-1989년 어류에서 25개 패류에서 4개 총 29개가 검색되었다.

그 다음 1990-1994년 어류에서 12개 그리고 패류에서 1개 총 13개가 검색되었고, 1995-1999년에는 어류에서 13개 패류에서 1개 총 14개 검색되었다.

2000대 들어 2000-2004년 어류에서 3개가 검색되었고, 2005-2009년에는 어류에서 13개의 논문이 검색되었고, 2010-2014년에는 어류에서만 총 55개가 검색되었다. 최근 2015-2019년에는 어류에서 3개 그리고 기타 1개가 검색되었다.

종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 100개, 패류에서 7개, 갑각류에서 1개 그리고 기타 총 109개가 검색되었다.

Table 14. Number of induced ovulation/spawning articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974	5				5
1975-1979	11				11
1980-1984	10	1	1		12
1985-1989	25	4			29
1990-1994	12	1			13
1995-1999	13	1			14
2000-2004	3				3
2005-2009	13				13
2010-2014	5				5
2015-2019	3			1	4
Total	100	7	1	1	109

3-2. 성 전환

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 해조류 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 15와 같다.

처음 1970-1974년 어류에서만 1개의 논문이 검색되었고, 1975-1979년에도 어류에서 4개만 검색되었다.

이후에도 1980-1984년 어류에서 3개의 논문이 검색되었고, 1985-1989년 어류에서 4개가 검색되었다.

다음에도 1990-1994년 어류에서 14개가 검색되었고, 1995-1999년 어류에서 10개만 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004년 어류에서 6개 검색, 2005-2009년 어류에서 1개가 검색되었다. 2010-2014년에도 어류에서만 6개 검색되었다.

최근 2015-2019년 어류에서 5개 검색되었는데 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서만 54개가 검색되었다.

3-3. 잡종화

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 해조류 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 15와 같다.

처음 1970-1974년 어류에서 9개의 논문이 검색되었고,

Table 15. Number of induced sex reversal articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974	1				1
1975-1979	4				4
1980-1984	3				3
1985-1989	4				4
1990-1994	14				14
1995-1999	10				10
2000-2004	6				6
2005-2009	1				1
2010-2014	6				6
2015-2019	5				5
Total	54	0	0	0	54

Table 16. Number of induced hybrid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974	9				9
1975-1979	10	2	4		16
1980-1984	37		1		38
1985-1989	37		1	1	39
1990-1994	82	2	1	1	86
1995-1999	92	1	2		95
2000-2004	90	2	4	1	97
2005-2009	94	5		4	103
2010-2014	108	12			120
2015-2019	153	19		2	174
Total	712	43	13	9	777

1975-1979년 어류에서 10개, 패류 2개, 갑각류 4개, 총 16개의 논문이 검색되었다.

이후 1980-1984년 어류에서 37개, 갑각류 1개, 총 38개의 논문이 검색되었고, 1985-1989년 어류에서 37개, 갑각류 1개, 기타 1개, 총 39개가 검색되었다.

그 다음 1990-1994년 어류에서 82개, 패류 2개, 갑각류 1개, 기타 1개, 총 86개가 검색되었고, 1995-1999 어류에서 92개, 패류 1개, 갑각류 2개, 총 95개 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004년 어류에서 90개, 패류 2개, 갑각류 4개, 기타 1개, 총 97개 검색되고, 2005-2009년 어류에서 94개, 패류 5개, 기타 4개, 총 103개 검색됨, 2010-2014년 어류에서 108개, 패류 12개, 총 120개 검색되었다.

최근 2015-2019년 어류에서 153개, 패류 19개, 기타 2개, 총 174개 검색됨, 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 712개, 패류에서 43개, 갑각류 13개, 기타 9개, 총 777개가 검색되었다.

3-4. 자성 발생성 2배체유도

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 해조류 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 17과 같다.

처음의 1970-1974년의 논문은 검색되지 않았고 이후 1975-1979년

Table 17. Number of induced gynogenetic diploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979	2				2
1980-1984	5				5
1985-1989	6				6
1990-1994	20	1			21
1995-1999	23				23
2000-2004	19	2			21
2005-2009	24	1			25
2010-2014	16				16
2015-2019	20				20
Total	135	4	0	0	139

어류에서 2개의 논문이 검색되었고 그 다음 1980-1984년에 어류에서 5개의 논문이 검색되었다.

그리고 1985-1989년에 어류에서 6개가 검색되었다.

1990-1994년 어류에서 20개, 패류 1개, 총 21개가 검색되었다.

또한 1995-1999년 어류에서 23개 검색된다.

2000년대 들어 2000-2004년 어류에서 19개, 패류 2개, 총 21개 검색되고, 2005-2009년 어류에서 24개, 패류 1개, 총 25개 검색하였다.

최근 2010-2014 어류에서 16개 검색되고, 2015-2019 어류에서 20개 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 135개, 패류에서 4개, 총 139개 검색하였다.

3-5. 웅성 발생성 2배체 유도

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류, 패류, 해조류, 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 18와 같다.

처음 1970-1974년에는 논문이 없었고, 1975-1979 어류에서 1개 논문이 검색되었다. 그 후 1980-1984 논문 없었고, 1985-1989 어류에서 2개가 검색되었다. 그리고 1990-1994 어류에서 1개 검색되었고, 1995-1999 어류에서 3개만 검색되었다.

000년대 들어 2000-2004년에도 어류에서만 5개 검색되고, 2005-2009년에도 어류에서만 2개 검색되었다. 2010-2014 어류에서 2개 검색되었다. 최근 2015-2019년에도 어류에서만 3개 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서만 19개 검색

Table 18. Number of induced androgenetic diploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979	1				1
1980-1984					0
1985-1989	2				2
1990-1994	1				1
1995-1999	3				3
2000-2004	5				5
2005-2009	2				2
2010-2014	2				2
2015-2019	3				3
Total	19	0	0	0	19

되었다.

3-6. 3배체.

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전육종 기법에 따른 양식대상 어류, 패류, 해조류, 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 19이다.

처음 1970-1974 어류에서 1개, 1975-1979년 어류에서 4개의 논문이 검색되었다.

그 후 1980-1984 어류에서 16개, 패류 3개, 총 19개의 논문이 검색되었고, 1985-1989 어류에서 19개, 패류 8개, 총 27개가 검색되었다.

다음 1990-1994 어류에서 37개, 패류 15개, 총 52개가 검색되었고, 1995-1999 어류에서 34개, 패류 10개, 갑각류 1개, 총 45개 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004 어류에서 38개, 패류 14개, 갑각류 2개, 총 54개 검색되었고. 2005-2009 어류에서 30개, 패류 13개, 갑각류 6개, 총 49개 검색되었다. 2010-2014 어류에서 34개, 갑각류 5개, 기타 1개, 총 40개 검색되었다.

최근 2015-2019 어류에서 35개, 패류 18개, 갑각류 2개, 총 55개 검색되었고, 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 248개, 패류 81개, 갑각류 16개, 기타 1개, 총 346개가 검색되었다.

3-7. 4배체

Table 19. Number of induced triploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974	1				1
1975-1979	4				4
1980-1984	16	3			19
1985-1989	19	8			27
1990-1994	37	15			52
1995-1999	34	10	1		45
2000-2004	38	14	2		54
2005-2009	30	13	6		49
2010-2014	34		5	1	40
2015-2019	35	18	2		55
Total	248	81	16	1	346

Table 20. Number of induced tetraploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979					0
1980-1984	2				2
1985-1989	3				3
1990-1994	6	2			8
1995-1999	5				5
2000-2004	7	2			9
2005-2009	2	4			6
2010-2014	4	2	1		7
2015-2019	3	4			7
Total	32	14	1	0	47

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 해조류 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 20이다.

처음 1970-1974 논문이 없었고, 1975-1979년에도 없었다.

1980-1984 어류에서 2개 검색되었고, 1985-1989 어류에서 3개 검색되었다.

이후 1990-1994 어류에서 6개, 패류 2개, 총 8개가 검색되었고, 1995-1999 어류에서 5개만 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004 어류에서 7개, 패류 2개, 총 9개 검색되었고, 2005-2009 어류에서 2개, 패류 4개, 총 6개 검색되었다.

2010-2014 어류에서 4개, 패류 2개, 갑각류 1개, 총 7개 검색되고,

최근 2015-2019 어류에서 3개, 패류 4개, 총 7개 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 32개 패류에서 14개 갑각류 1개 총 47개가 검색된다.

3-8. 잡종 3배체

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전육종 기법에 따른 양식대상 어류 패류 해조류 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 21이다.

처음 1970-1974 논문이 없었고, 1975-1979년, 1980-1984년에도 없었으나 1985-1989년 어류에서 1개 검색되었다.

그 다음 1990-1994 어류에서만 4개 검색되었고, 1995-1999 어류

Table 21. Number of induced allotriploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979					0
1980-1984					0
1985-1989	1				1
1990-1994	4				4
1995-1999	2				2
2000-2004	6				6
2005-2009	4				4
2010-2014	2	1			3
2015-2019	5				5
Total	24	1	0	0	25

에서 2개 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004년에도 어류에서만 6개, 2005-2009년 어류에서만 4개 검색되었고, 2010-2014 어류에서 2개, 패류 1개, 총 3개 검색되었다.

최근 2015-2019 어류에서만 5개 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 24개, 패류에서 1개, 총 25개가 검색되었다.

3-9. 갑종 4배체

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류, 패류, 해조류, 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 23이다.

처음 1970-1974년과 1975-1979년에는 논문이 검색되지 않았다.

이후 1980-1984년에도 없었고, 1985-1989년 어류에서 1개, 패류 1개 총 2개가 검색되었다.

그리고 1990-1994년에도 없었고, 1995-1999년 패류에서만 1개 검색된다.

2000년대 들어 2000-2004년 패류 1개, 2005-2009년은 없었고, 2010-2014년 패류에서 1개 검색되었다.

최근 2015-2019 어류에서 1개만 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 2개, 패류에서 4개, 총 6개가 검색되었다.

Table 22. Number of induced allotetraploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979					0
1980-1984					0
1985-1989					0
1990-1994					0
1995-1999					0
2000-2004	1				1
2005-2009	2				2
2010-2014					0
2015-2019	2				2
Total	5	0	0	0	5

3-10. 이수체

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류, 패류, 해조류, 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 23이다.

처음 1970-1974년과 1975-1979년에는 논문이 검색되지 않았다.

이후 1980-1984년에도 없었고, 1985-1989년 어류에서 1개, 패류 1개 총 2개가 검색되었다.

그리고 1990-1994년에도 없었고, 1995-1999년 패류에서만 1개 검색된다.

2000년대 들어 2000-2004년 패류 1개, 2005-2009년은 없었고, 2010-2014년 패류에서 1개 검색되었다.

최근 2015-2019 어류에서 1개만 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 2개, 패류에서 4개, 총 6개가 검색된다.

3-11. 선발육종

각 저널별 논문을 1970년부터 5년 단위로 구분하여 저널의 유전 육종 기법에 따른 양식대상 어류, 패류, 해조류, 갑각류 등의 빈도수를 정리한 결과는 Table 24이다.

처음 1970-1974 어류에서 3개, 갑각류 1개, 총 4개의 논문이 검색되었고, 1975-1979 갑각류 1개의 논문이 검색되었다.

그리고 1980-1984 패류에서 2개, 갑각류 2개, 총 4개의 논문이 검

Table 23. Number of induced aneuploid articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974					0
1975-1979					0
1980-1984					0
1985-1989	1	1			2
1990-1994					0
1995-1999		1			1
2000-2004		1			1
2005-2009					0
2010-2014		1			1
2015-2019	1				1
Total	2	4	0	0	6

Table 24. Number of selective breeding articles published in each journal by taxonomic group over the past 50 years

Period	Taxa				Total
	Fish	Shellfish	Shrimp	Etc.	
1970-1974	3		1		4
1975-1979			1		1
1980-1984		2	2		4
1985-1989					0
1990-1994		1			1
1995-1999	1	1			2
2000-2004			3		3
2005-2009	8	3	1		12
2010-2014	7	4	1	1	13
2015-2019	7	6	2	1	16
Total	26	17	11	2	56

색 되었고, 1985-1989년 기간에는 없었다.

이후 1990-1994 패류 1개 검색되고, 1995-1999년 어류에서 1개, 패류 1개 총 2개 검색되었다.

2000년대 들어 2000-2004년 갑각류 3개가 검색, 2005-2009 어류에서 8개, 패류 3개, 갑각류 1개, 총 12개 검색되었고, 2010-2014 어류에서 7개, 패류 4개, 갑각류 1개, 기타 1개, 총 13개 검색된다. 최근 2015-2019 어류에서 7개, 패류 6개, 갑각류 2개, 기타 1개 총 16개 검색되었다. 이를 종합하면 1970년부터 2019년 현재까지 어류에서 26개, 패류에서 17개, 갑각류 11개, 기타 2개, 총 56개가 검색되었다.

4. 양식 대상 종 및 종류 별 빈도수

4-1. 인공산란유도

저널의 양식종별 빈도수를 인공산란유도 처리방법에 따라 정리한 결과는 Table 25와 같다.

그룹별로 어류 및 패류, 갑각류 및 기타로 나누어 방법에 대한 조사를 해 보았다. 그 결과 어류의 경우 메기류와 perch등의 어류에서 많은 산란유도를 행한 것으로 나타났다. 산란유도를 위한 처리류에서 Catfish는 호르몬을 사용한 것이 16회, Perch 7회, Carp 5회, Milkfish 5회, Mullet 4회, Bream 3회, Bass 2회, Snapper 2회,

Table 25. The species for induced ovulation/spawning published in each journal over last 50 years

Taxa.	Spp.	Controlled conditions	
		Environment	Types of hormone used
Fish	Catfish		16
	Perch		7
	Carp		5
	Milkfish		5
	Mullet		4
	Bream		3
	Bass	Photoperiod and Temperature	2
	Snapper		2
	Cod		1
	Flounder		1
	Jack Mackereal		1
	Snakehead		1
	Trout		1
	Tuna		1
	Chub		
	Drum	Photoperiod and Temperature	
	Grouper		
	Roach		
	Sturgeon		
	Sucker		
	Sunfish		
	Etc.	Photoperiod and Temperature	10
Shellfish	Clam		1
	Oyster		
	Scallop		
Shrimp			
Sea cucumber			

Cod 1회, Flounder 1회, Jack Mackereal 1회, Snakehead 1회, Trout 1회 그리고 Tuna 1회였다.

광주기와 온도를 조절하여 산란을 유도 하는 방법도 여러 어종에서 시도되었다. 패류는 Clam에서 호르몬을 사용한 방법 1회 조사되었다.

4-2. 성전환

저널의 양식종별 빈도수를 성전환 처리방법에 따라 정리한 결과는 Table 26과 같다. 특징적으로 어류에서만 성전환이 보고되었다.

성전환이 보고된 어류는 Bass등 13종에서 이들의 성전환을 위해 다양한 종류의 성호르몬을 사용하고 있는 것이 관찰되었다.

4-3. 잡종화

잡종이 유도된 양식종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 27과 같다. 어류의 경우 농어, 잉어, 그루퍼, 메기, 연어, 송어와 틸라피아류 등 이었으며 조개류는 전복과 굴이었다. 그리고 갑각류는 징거미새우, 새우 그리고 랍스터 등 산업적으로 비중이 높은 종이 주로 연구되었음을 알 수 있었다.

4-4. 자성 발생성 2배체 유도

자성 발생성 2배체가 유도되어 보고된 양식종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 28와 같다. 어류의 경우 암컷의 산업적 가치가 높은

Table 26. The species for induced sex reversal published in each journal over last 50 years

Spp.	Hormone	
	Androgen	Estrogen
bass		
black crappie	17 α -methyltestosterone	
bream		
	corticosterone, 17	
carp	α methyl testosterone	
catfish	17 α -Methyltestosterone	estradiol 17 β
cod		
flounder	Fadrozole	aromatase inhibitor
	Fadrozole, 17 α methyl	
grouper	testosterone	
loach	17 α -Methyltestosterone	estradiol 17 β
rice field eel	17 α -Methyltestosterone	estradiol 17 β
salmon		estradiol-17 β ,
		diethylstilbesterol
sunfish	17 α -Methyltestosterone	estradiol-17 β
		17-Ethynyltestosterone,
tilapia	17 α methyltestosterone	estradiol-17 β ,
		phytoestrogens
	17 α Methyl dihydrotestoste	
trout	rone, 17 α methyl	
	testosterone	

Table 27. The species for induced hybrid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Bass	156
	Tilapia	118
	Catfish	118
	Trout	64
	Salmon	57
	Carp	35
	Grouper	32
	Sunfish	22
	Sturgeon	14
	Walleye	11
	Charr	7
	Bream	7
	Loach	5
	Flounder	5
	Snake head	4
	Perch	4
	Drum	4
	Crappie	4
	Etc	45
Shell fish	Abalone	17
	Oyster	14
	Mussel	5
	Clam	4
	Scallop	2
	Etc	1
Shrimp & Lobster	Macrobrachium	5
	Penaeus	4
	Lobster	3
	Etc	1

Table 28. The species for induced gynogenetic diploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Carp	29
	Flounder	13
	Sturgeon	12
	Catfish	10
	Bass	9
	Salmon	8
	Tilapia	8
	Tench	6
	Trout	6
	Loach	5
	Turbot	4
	Muskellunge	3
	Ayu	2
	Barb	2
	Croaker	2
	Bream	1
	Grouper	1
	Perch	1
	Pike	1
	Etc	12
Shell fish	Scallop	2
	Abalone	1
	Oyster	1

어종이 주를 이뤄 메기, 넙치, 연어, 송어 그리고 철갑상어 등이었으며 패류의 경우 홍합, 굴 및 전복 등 산업에서 중요한 종을 기준으로 연구되었음을 알 수 있었다.

4-5. 웅성 발생성 2배체 유도

웅성 발생성 2배체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 29와 같다. 많은 연구 논문이 발표되지는 않았지만 동형 접합성을 높이기 위한 목적으로 연구된 것을 알 수 있었다.

어류에 나타난 조사는 다음과 같아 Trout 6개, Carp 4개, Loach 2개, Salmon 2개, Barb 1개, Bream 1개, Catfish 1개, Tench 1개, Tilapia 1개가 조사되었다.

4-6. 3배체

3배체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 30과 같다.

어류의 경우 Salmon 68개, Trout 57개, Carp 20개, Catfish 17개, Sturgeon 11개, Bass 9개, Tench 8개, Tilapia 8개, Cod 7개, Bream 5개, Loach 5개, Charr 4개, Walleye 4개, Perch 3개, Drum 2개, Eel 2개, Pike 2개, Crappie 1개, Flounder 1개, 기타 14개로 조사 되었다.

패류의 경우에는 Oyster 44개, Clam 11개, Abalone 9개, Scallop 7개, Mussel 11개, Etc 즉 기타 9개로 조사되었고 갑각류는 주로 Penaeus속의 새우류로 15개 그리고 기타 1개로 조사되었다.

Table 29. The species for induced androgenetic diploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Trout	6
	Carp	4
	Loach	2
	Salmon	2
	Barb	1
	Bream	1
	Catfish	1
	Tench	1
	Tilapia	1

Table 30. The species for induced triploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Salmon	68
	Trout	57
	Carp	20
	Catfish	17
	Sturgeon	11
	Bass	9
	Tench	8
	Tilapia	8
	Cod	7
	Bream	5
	Loach	5
	Charr	4
	Walleye	4
	Perch	3
	Drum	2
	Eel	2
	Pike	2
	Crappie	1
	Flounder	1
	Etc	14
Shell fish	Oyster	44
	Clam	11
	Abalone	9
	Scallop	7
	Mussel	1
	Etc	9
shrimp	Penaeus	15
	Etc	1

4-7. 4배 체

4배체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 31과 같다.

어류의 경우 Trout 10개, Loach 6개, Carp 4개, Catfish 4개, Salmon 2개, Bass 1개, Bream 1개, Tench 1개, Tilapia 1개, Etc 즉 기타 2개가 조사되었고 패류의 경우 Oyster 11개, Clam 2개, Musse 11개가 조사되었다. 갑각류는 Penaeus 1개로 조사되었다.

4-8. 잡종 3배 체

잡종 3배체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 32와 같다.

어류의 경우 Salmon 6개, Loach 3개, Trout 3개, Carp 2개, Catfish 2개, Grouper 2개, Saugeye 1개, Sunfish 1개, 기타 4개가 조사 되었다. 패류는 Oyster 1개 가 조사되었다.

4-9. 잡종 4배 체

잡종 4배체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 33과 같이 어류에서 잉어의 경우 4건이었고 기타 1개였다.

4-10. 이수체

이수체가 유도된 양식 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 34와 같다. 잉어와 송어에서 각각 1편의 연구 논문이 그리고 굴에서 4편의 연구 논문이 발표되었다.

Table 31. The species for induced tetraploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Trout	10
	Loach	6
	Carp	4
	Catfish	4
	Salmon	2
	Bass	1
	Bream	1
	Tench	1
	Tilapia	1
	Etc	2
Shell fish	Oyster	11
	Clam	2
	Mussel	1
Shrimp	Penaeus	1

Table 32. The species for induced allotriploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Salmon	6
	Loach	3
	Trout	3
	Carp	2
	Catfish	2
	Grouper	2
	Saugeye	1
	Sunfish	1
	Etc	4
Shell fish	Oyster	1

Table 33. The species for induced allotetraploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Carp	4
	Etc	1

Table 34. The species for induced aneuploid published in each journal over last 50 years

Taxa	Species	Cases
Fish	Carp	1
	Trout	1
Shell fish	Oyster	4

4-11. 선발육종

선발육종 기법에 의해 육종된 종별 빈도수를 정리한 결과는 Table 35와 같다.

어류의 경우 연어류 중에서 Atlantic salmon (*Salmo salar*) 3개, amago salmon (*Oncorhynchus masou ishikawae*) 3개 그리고 송어류 중에서 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) 4개 barramundi류 중에서 barramundi (*Lates calcarifer*) 2개 그리고 bass류에서 Asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch) 1개, charr류에서 arctic charr (*Salvelinus alpinus*) 2개, tilapia류에서 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) 2개, blue tilapia (*Oreochromis aureus*) 1개였다. 그리고 bream류에서 red sea bream (*pargus major*) 1개, carp류에서 common carp (*Cyprinus carpio*) 1개, mirror carp (*Cyprinus carpio*) 1개 그리고, atlantic cod (*Gadus morhua*) 1개였다.

패류의 경우 oyster류 중에서 pacific oyster (*Crassostrea gigas*) 3개, eastern oyster, crassostrea virginica 2개 그리고 sydney rock oysters (*Saccostrea glomerata*) 6개였다. 그리고 abalone류 중에서 abalone (*Haplo-discuss hanaii*) 3개, ivory shell류 중에서 ivory shell (*Babylonia areolata*) 1개와 mussels류 중에서 greenshell mussels (*Pernacanaliculus*) 1개였다.

갑각류 경우 pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) 3개, macrobrachium Acanthurus 2개, macrobrachium carcinus 1개, prawn macrobrachium rosenbergii 1개, penaeus vannamei 1개

Table 35. The species for selective breeding published in each journal over last 50 years

Taxa.	spp.	species	Cases
Fish	Salmon	Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)	3
		Amago salmon <i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>	3
	Trout	Rainbow trout (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)	4
	Barramundi	Barramundi (<i>Lates calcarifer</i>)	2
		Hybrid striped bass (<i>Morone chrysops</i> , <i>Rafinesque</i> $\times$ <i>M. saxatilis</i> , Walbaum)	2
	Bass	Asian sea bass (<i>Lates calcarifer</i> , Bloch)	1
	Charr	Arctic charr (<i>Salvelinus alpinus</i>)	2
	Tilapia	Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	2
		Blue tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	1
	Bream	Red Sea Bream (<i>pargus major</i>)	1
	Carp	Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	1
		Mirror Carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	1
	Cod	Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>)	1
shellfish	Oyster	Pacific oyster (<i>Crassostrea gigas</i>)	3
		Eastern oyster, <i>Crassostrea virginica</i>	2
		Sydney rock oysters (<i>Saccostrea glomerata</i>)	6
	Abalone	Abalone (<i>Haplodiscuss hanaii</i>)	3
	Ivory shell	Ivory shell (<i>Babylonia areolata</i>)	1
	Mussels	Greenshell™ mussels (<i>Pernacanaliculus</i>)	1
shrimp		Pacific white shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	3
		Macrobrachium Acanthurus	2
		Macrobrachium carcinus	1
		prawn Macrobrachium rosenbergii	1
		shrimp Fenneropenaeus	
		Penaeus vannamei	1
copepod	tropical	Black Tiger shrimp (<i>Penaeus monodon</i>)	1
		Parvocalanus crassirostris	1
	calanoid	Acartia tonsa (Dana)	1
etc.			5

black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) 1개였다. 그리고 특징적으로 먹이생물인 코페포다류가 parvocalanus crassirostris 1개 그리고 acartia tonsa (Dana) 1건이었다.

5. 텍스트 마이닝 기법에 의한 연구 동향 분석

5-1. 웅성 발생성 2배체

웅성 발생성 2배체가 유도되어 보고된 19개 논문의 초록의 단어 검색으로 검색한 중복단어를 통계화한 결과가 Fig. 17에 잘 나타나 있다. 이들 논문의 초록에는 웅성 발생성 2배체의 키워드인 androgenesis라는 단어와 sperm. egg fertilization diploid trout carp shock haploid gamma 등 웅성 발생 2배체를 만들기 위한 기술적인 그리고 어종 및 다양한 연관 단어들을 찾을 수 있었다. 이외에도 using, produced, first, fish, sex, progeny, male, rainbow, 등의 단어들이 검색되었고 homozygous, fertilization, irradiated, genetic, nuclear, individuals 등도 검색되었다. 그리고 induced, two, UV, lines, pressure, min, 등의 특징 짓는 단어들과 diploids, survival, normal, irradiated, haploid 그리고 individuals, species, confirmed, used, showed, hatching의 단어들이 차례로 검색되었다.

5-2. 잡종 3배체

잡종 3배체에 관련한 25개 논문 논문초록의 단어검색으로 검색한

중복단어를 통계화한 결과는 Fig. 18에 잘 나타나 있다.

triploid, hybrid, diploid, 와 같은 단어의 비중이 많이 검색되었고 이외에 egg, surviv, develop, gonad, growth, fertil, differ, 등의 핵심 단어들이 검색되며, shock, fish, use, speci male, show, result, salmon, rate, matur, 등의 단어들이 검색되었다. 그리고 two, body, aquaculture, significant, age, number 등의 키워드들도 자주 나오는 단어들로 검색되었다.

5-3. Grouper (바리과 어류)

Grouper와 관련한 32개 논문의 초록에서 검색한 중복단어를 통계화한 결과가 Fig. 19에 잘 나타나 있다.

Fed, fish, dietari, diet,와 같은 단어 검색으로 어종에 관계되는 핵심 키워드들이 검색되었고 이외에 significant, level, lipid, than, higher, feed, ratio, 등 단어들도 많이 사용되었다. 이외에도 hybrid, weight, bodi, liver, trial, from, matter, 등의 단어들로 grouper의 사육 및 관리에 대한 내용 그리고 lower, differ, week, valu, jevenil, dri, meal, 등의 단어들도 검색되었고 show, tank, other, those, whole 등의 키워드들도 검색되었다.

IV. 토의 및 결론

건강한 난과 정자를 생산하여 여타 육종의 재료로 사용하고 양식장에서 자연 산란되지 않는 수산생물의 생산성 향상을 위해 시도하는 유전육종 기법인 인공산란 유도(Woynarovich and Horvath, 1984)기법은 1970년대 초부터 점진적으로 증가하여 1980년대 후반 전체의 25%이상의 논문이 발표된 후 최근까지 점진적으로 감소하여 이시기 양식 대상종의 다양성이 전 세계적으로 증가된 추세를 보여주고 있었다. 이는 전 세계 어획량의 감소에 따라 양식 생산을 늘리는 추세(FAO, 1995)와 맞물려 세계 각국이 새로운 양식 종을 개발하기 위해 노력한 시기이기 때문으로 생각된다.

암수 간에 경제성에 차이가 나는 경우 단성 집단을 생산하기 위해 시행 하는 성전환 기법(Pandian and Varadaraj, 1987)을 통한 수산생물의 유전육종 성공 사례는 모두 어류에서만 보고되었고 1990년대 전체의 40 % 정도 보고가 있어 상기의 인공 산란유도 기법의 정착이 다양한 생물종의 성전환을 통한 생산성 향상을 가능케한 것으로 보인다.

두 종간 우수형질을 지닌 잡종을 생산하여 잡종 강세를 통한 생산성 향상을 꾀하는 육종 기법인 잡종화(Ihssen, 1976)는 상기의 인공산란유도 기법이 정착된 1980년대에 들어 급격히 증가한 후 지난 50년간 777건의 보고가 있는 등 이번 조사 된 11가지의 육종 기법 중 가장 많은 보고 건 수를 차지하였음은 물론 본 연구의 조사 시점인 1970년 이후 꾸준히 증가하는 추세에 있고 생물군과 대상종의 다양성도 매우 높았다. 이는 포유류와는 달리 어패류 및 갑각류가

진화적으로 포유류보다 하등하고 특히 성염색체가 발달되어 있지 않아(Pandian, 1993), 본 기법이 단순 정자와 난자의 수정을 통한 karyogamy에 의한 생산 효율이 높은 때문으로 생각되며, 이에 따라 앞으로도 본 기법은 수산동물의 유전육종 기법으로 중요한 자리를 차지 할 것으로 보인다.

염색체공학 기법을 이용하여 암컷의 유전 물질만으로 개체를 생산함으로써 개체의 동형 집합성을 증가시켜 우량 형질을 발현시키기 위한 유전육종 기법인 자성 발생성 2배체 유도(Purdum, 1969)에 관한 논문은 1990년대 이전 단지 10% 미만의 논문만이 보고되었고 이후 매 10년 마다 25 - 35%씩 꾸준히 증가하고 있어 최신 육종기법으로 자리매김했음을 알 수 있었다. 이 기법은 동형 집합성 클론을 생산함에 있어 거쳐야 할 기법(Komen et al., 1991)이므로 앞으로 더욱 발전할 기법으로 기대 된다.

염색체 조를 조작하여 수컷의 유전 물질만으로 개체를 생산함으로써 개체의 동형집합 성을 증가시켜 우량 형질을 발현시키기 위한 유전육종 기법인 웅성 발생성 2배체 유도(Purdum, 1969)에 관련 논문의 발표 추세를 보면 1970년대 단 1편이 발표된 후, 1985년 이후 지난35년 간 18편의 논문이 발표되었다. 이는 본 기법이 동형 집합성을 증가시키는 물론 상기의 자성 발생성 2배체 유도 기법과 더불어 클론을 생산하는데 중요한 기법이므로 앞으로 생물종의 제 1난할을 효율적으로 억제하기 위한 방법론이 개발된다면 매우 중요한 기법으로 자리 잡을 것이다.

염색체공학 기법을 이용하여 모든 개체를 불임으로 만들어 생산성과 수계 유전자 오염을 방지하기 위해 유도하는 기법인 3배체(Wolters et al., 1981)관련 논문은 지난 50년간 346편이 보고되고

이들은 1970년대 5편이 보고된 것을 제외 하면 모두 1980년대 이후 발표되었으며 시간이 흐름에 따라 논문의 수가 꾸준히 증가하는 경향을 보여 이미 수산생물의 유전육종 기법으로 자리매김했음을 보여 주었다. Pandian and Marian(1994)은 본 기법이 앞으로 유전자 변형 수산동물의 생산 및 산업화와 더불어 자연계의 유전자오염 방지에 큰 역할을 하리라 예견한바 있다.

암수 간 단순교배에 의해 100% 3배체를 대량 생산하기 위해 유도 하는 4배체의 생산(Thorgaard, 1986)에 관한 연구 보고는 1980년대 이후 47편이 발간되어 매년 평균 1편의 논문이 발표된 것으로 나타났다. 이는 4배체의 산업적 중요성을 고려할 때 매우 적은 편수로 보인다. 이는 아마도 제 1난할을 억제함이 매우 어려운 때문으로 생각 되나(Thorgaard et al., 1990), 앞으로 형질전환 수산동물의 자연계 오염을 방지하기 위한 100 % 불임 화를 이루기 위해 이에 대한 많은 연구가 뒤따라야 할 것이다.

염색체공학 기법과 잡종기법을 동시에 사용하여 두 기법의 이익을 극대화하려는 기법인 잡종의 3배체 유도(van Eenennaam et al., 1990)에 대한 논문은 1985년 이후 25편이 보고되어 그 수가 적었다. 이는 잡종 3배체의 필요성이 적었기 때문으로 사료 나 Tiew (1987)는 잡종의 생존율이 지극히 낮은 경우, 이의 극복을 위해 시도되는 기법이며, 완벽한 불임을 생산할 수 있는 기법으로 어류의 육종에서 중요한 기법으로 보고한 바 있다.

잡종의 4배체 유도에 관한 논문은 이제까지 단 5편이 보고되었고 이는 자연계에 존재 하는 4배체 어류를 이용하여 염색체 공학

기법을 도입한 것이었다(Pandey and Lakra, 1997). 본 기법은 상기의 4배체 유도 기법을 통한 생산성 향상이 정착된다면 인위적인 잡종4배체의 생산을 통한 새로운 육종 기술로 자리매김할 것이다.

각 생물이 가지고 있는 고유의 염색체 중 일부를 조작하여 원하는 형질을 얻고자 하는 이수체(Benfy, 1989)는 1985년 이후 단 6건이 보고되었다. 그러나 아직까지 이들을 산업에 이용한 보고는 없어 단지 학술 논문으로써의 가치만을 지닌 것으로 보인다.

유용형질을 세대를 거듭하며 교배하여 이를 정착시키기 위한 선발육종 기법(Ihssen, 1976)은 가장 오래 된 육종기법 중의 하나로써 1970년대부터 꾸준히 증가되어 1985년 이후 급격한 증가를 보여 총 56건의 보고가 있었다. 이중 대부분은 빠른 성장을 하는 개체를 육종하여 산업에 이용하기 위한 것이었다(Tave, 1984). 그러나 아직까지 이들이 산업적으로 이용되고 있다는 논문은 한편도 발견되지 않아 선발육종 관련 논문이 시간과 노력을 많이 투자하여 성공된 결과를 보고 한 것임을 고려한다면 매우 흥미로운 결과였다. 이러한 결과에 대하여 이미 Doyle and Talbert (1986)는 수산생물에 있어 선발육종을 위한 효과적인 집단의 크기를 선정하는 것이 매우 어려울 것으로 예측한 바 있다.

테스트 마이닝 기법은 자료에 대하여 비정형 텍스트자료에서 가치와 의미를 지닌 정보를 찾아내는 기법이다(Ahire et al., 1995). 이에 따라 그간 학술지에 발표된 모든 웅성 발생성 2배체와 잡종 3배체 그리고 앞으로 전 세계적으로 중요한 양식 어종으로 자리 잡게 될 것으로 기대되는 grouper 관련 어종 논문의 군집 분석 후 유사도를 측정하였고, 다양한 word cloud를 만드는 소프트웨어를 이용하여 각 기법에 따른 단어들의 빈도수와 가중치를 확인하였다.

그 결과 이 기법의 도입을 통해 Lu (1998)의 보고와 같이 주관에 배제된 객관적 분석이 가능함을 알 수 있었으나, 수산동물의 유전 육종 기법을 모두 효율적으로 분석하기에는 무리가 있었다. 이러한 이유를 이제껏 개발되어 있는 텍스트 마이닝 기법이 모든 자료를 분석하기에는 어렵다고 보고한 바 있다. 따라서 앞으로 수산 유전 육종 관련 논문들을 효율 적으로 분석하기 위한 특정 프로그램의 개발이 필요할 것으로 사료된다.



국문 초록

본 연구는 지난 반세기 동안 양식업의 발달을 위해 연구되어 저명 9개의 국제 학술지에 출판된 50,543편의 논문 중 수산동물의 유전 육종 관련 논문들의 경향과 기법들을 분석함으로써, 여러 가지 어려움에 직면해 있는 우리나라의 수산 양식업에 있어 국내 실정에 맞는 유전육종 기법의 도입을 통한 생산성 향상을 시키기 위한 정책 마련을 위해 실시하였다.

이를 위해 수산 분야 유전육종 기법인, induced spawning and breeding, sex reversal, hybridization, chromosome engineering 및 selective breeding 등을 적용하여 출판된 논문들을 5년 단위로 조사하여 각 기술별 시대에 따른 논문의 수의 변화를 통해 시대별 주류 기술을 조사하였고, 어류, 패류 및 갑각류 등 양식 생물군의 각 기술별 성공 사례를 조사하였고, 아울러 각 기법을 통해 최근 양식되고 있는 종들에 대한 정보를 분석하였다. 특히 본 연구에서는 일부 육종 기법과 함께 최근 양식 대상 종으로 각광 받고 있는 바리과의 어류를 대상으로 이들에게서 검색된 논문의 초록을 “ORANGE” 프로그램에 접목하여 ‘텍스트 마이닝 기법’을 통해 정보를 분석함으로써 본 연구의 객관성을 높이하고자 하였다.

그 결과,

인공산란 유도는 1970년대 초부터 점진적으로 증가하여 1980년대 후반 전체의 25%이상의 논문이 발표된 후 최근까지 감소하는

경향을 보여 이 시기 양식 대상종의 다양성이 전 세계적으로 증가된 추세를 보여 주고 있었다.

성전환 기법을 통한 성공 사례는 모두 어류에서만 보고되었고 1990년대 전체 40% 정도의 많은 보고가 있어 상기의 인공 산란유도 기법의 정착이 다양한 생물종의 성전환을 통한 생산성 향상을 가능하게 한 것으로 보인다.

잠종화는 인공산란유도 기법이 정착된 1980년대에 들어 급격히 증가 하여 지난 50년간 777건의 보고가 있는 등 이번 조사 된 11가지의 육종 기법 중 가장 많은 보고 건 수를 차지하였다.

자성 발생 성 2배체 유도에 관한 논문은 1990년대 이전 단지 10% 미만의 논문만이 보고되었으나 이후 매 10년 마다 25 - 35% 씩 꾸준히 증가 하고 있어 최신 육종기법으로 자리매김 했음을 알 수 있었다.

웅성 발생성 2배체 유도에 관련 논문의 발표 추세는 1970년대 단 1편이 발표된 후, 1985년 이후 지난 35년 간 18편의 논문이 발표되었다. 본 기법은 동형 접합성을 증가시키는 물론 상기의 자성 발생성 2배체 유도 기법과 더불어 클론을 생산 하는데 중요한 기법이므로 앞으로 생물종의 제 1난할을 효율적으로 억제하기 위한 방법론이 개발된다면 매우 중요한 기법으로 자리 잡을 것이다.

3배체 관련 논문은 지난 50년간 346편이 보고되었고 1970년대 5편이 보고된 것을 제외하면 모두 1980년대 이후 발표되었으며 시간이 흐름에 따라 논문의 수가 꾸준히 증가하는 경향을 보여 수산생물의 유전육종 기법으로 매우 중요시 되고 있었다.

4배체의 생산에 관한 연구 보고는 1980년대 이후 47 편이 발간

되어 매년 평균 1편의 논문이 발표된 것으로 나타났다. 이는 4배체의 산업적 중요성을 고려할 때 매우 적은 편수로 보인다. 이는 아마도 제 1난할을 억제함이 매우 어렵기 때문으로 생각되나 앞으로 형질전환 수산동물의 자연계 오염을 방지하기 위한 100% 불임 화를 이루기 위해 이에 대한 많은 연구가 뒤따라야 할 것이다.

잡종의 3배체 유도에 대한 논문은 1985년 이후 25편이 보고되어 그 수가 적었다. 이는 잡종 3배체의 필요성이 적었기 때문으로 사료되나, 잡종의 생존율이 지극히 낮은 경우 이의 극복을 위해 시도되는 기법이며 일뿐만 아니라 완벽한 불임을 생산할 수 있는 기법이므로 앞으로 필요한 생물군이 있다면 많은 연구를 하여야 할 것이다.

잡종의 4배체 유도에 관한 논문은 이제까지 단 5편이 보고되었고 이는 자연계에 존재하는 4배체 잉어과 어류를 이용하여 염색체 공학 기법을 도입한 것이었다.

유용형질을 세대를 거듭하며 교배하여 이를 정착시키기 위한 선발육종 기법은 가장 오래 된 육종기법 중의 하나로써 1970년대부터 꾸준히 증가되어 1985년 이후 급격한 증가를 보여 총 56건의 보고가 있었다. 이중 대부분은 빠른 성장을 하는 개체를 육종하여 산업에 이용하기 위한 것이었다. 그러나 아직까지 이들이 산업적으로 이용되고 있다는 논문은 한편도 발견되지 않았다.

결론적으로,

1. 전 세계 적으로 어업 생산량 중, 양식 산업 비중이 증가되고 있는 상황에 따라 수산양식 전문 저널에 수록되는 논문의 수도 정

비례 하여 증가 하였다.

2. 이와 함께 유전육종 연구 논문의 수도 증가함이 뚜렷이 관찰되어, 수산양식에서 유전육종기술이 산업적으로 필요한 기술로써 동반 성장하고 있음을 보여주었다.
3. 유전육종의 대상이 된 생물군과 이에 따른 주요 종들은 현재 활발히 생산되고 있는 양식 대상 종으로써 유전육종 기술의 발달이 생산성 향상을 통한 양식업의 발달에 큰 역할을 하고 있음을 알 수 있었다.
4. 텍스트 마이닝 기법을 통해 기존 논문들의 군집 분석 후 유사도를 측정하고, 다양한 word cloud를 만드는 소프트웨어를 이용하여 이를 작성한 바, 이 기법의 도입을 통해 주관이 배제된 객관적 분석이 가능함을 알 수 있었다.

최종적으로 본 연구를 통해 세계의 수산양식업 및 유전육종 기법의 도입을 통한 흐름을 파악할 수 있어, 앞으로 그간의 우리나라 수산양식업 연구의 흐름을 파악한다면 국내 실정에 맞는 유전육종의 정책방향을 수립할 수 있을 것이다.

References

Ahire, S. L., R. Landeros, and D. Y. Golhar, 1995. Total quality management: A literature review and an agenda for future research. *Prod. Oper. Manage.* 4: 277-306.

Aleström, P., G. Kisen, H. Klungland, and O. Anderson, 1992. Fish gonadotropin-releasing hormone gene and molecular approaches for control of sexual maturation: Development of a transgenic fish model. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 1: 376-379

Benfey, T. J., 1989. A bibliography of triploid fish, 1943 to 1988. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1682: 1-33.

Collares-Pereira M. J., J. M Madeira, and P. Ráb, 1995. Spontaneous triploidy in the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (Balitoridae). *Copeia* 2: 483-484.

Colombo, L., D. A. Pickering, P. Belvedere, and C. B. Schreck, 1990. Stress inducing factors and stress reaction in aquaculture. In: *Aquaculture Europe '89 - Business Joins Science*, De Pauw, N. and Billard, R. (eds). European Aquaculture Society, Special Publication No. 12, Bredene, Belgium, pp. 1-29.

Donaldson E. M. and G. A. Hunter, 1982. Sex control in fish with particular reference to salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 99-110

Doyle, R.W., and A. Talbot, 1986. Effective population size and selection in variable aquaculture stocks. *Aquaculture* 52: 27-35

FAO, 1994. Review of the state of world marine fisheries

management, FAO Tech. Paper 335.

FAO, 1995. Fishery information, data and statistics service. Aquaculture production statistics. FAO Fisheries Circular No. 815, p. 186

FAO/UNEP, 1981. Conservation of the Genetic Resources of Fish: Problems and recommendations. Report of the expert consultation on the genetic resources of fish. Rome, 9-13 June 1980. FAO Fisheries Technical Paper No. 217, Rome, Italy.

Guo, X., and S.K Allen, 1997. Sex and meiosis in autotetraploid Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Genome 40: 397-405.

Ihssen, P., 1976. Selective breeding and hybridization in fisheries management. J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 316-321.

Komen, J., P. J van den Dobbelen, W. J. Slierendrecht, and W.B van Muiswinkel, 1990. Skin grafting in gynogenetic common carp (*Cyprinus carpio*, L.). The development of histocompatible clones. Transplantation, 49: 788-793.

Lu, D., 1998. Success of TQM: The findings from case study and survey. Qual. Cont. Mon., 34: 69-71.

Nam, Y. K., and D. S. Kim, 2004. Ploidy status of progeny from the crosses between tetraploid males and diploid females in mud loach (*Misgurnus mizolepis*). Aquaculture 236: 575-582.

Pandey, N. and W. S. Lakra, 1997. Evidence of female heterogamety, B chromosome and natural tetraploidy in the Asian catfish, *Clarias batrachus*, used in aquaculture. Aquaculture 149: 31-38.

Pandian, T. J. and K. Varadaraj, 1987. Techniques to regulate sex ratio and breeding in tilapia. *Curr. Sci.* 56: 337-343.

Pandian, T. J., 1993. Endocrine and chromosome manipulation techniques for the production of all-male and all-female population in food and ornamental fishes. *Proc. Ind. nat. Sci. Acad.* 59 B: 549-566.

Pandian, T. J., and L. A. Marian, 1994. Problems and prospects of transgenic fish production. *Curr. Sci.* 66: 645-649.

Piferrer, F., R. M. Cal, C. Gómez, C. Bouza, and P. Martínez, 2003. Induction of triploidy in the turbot (*Scophthalmus maximus*), II. Effects of cold shock timing and induction of triploidy in a large volume of eggs. *Aquaculture* 220: 821-831.

Purdom, C. E., 1969. Radiation-induced gynogenesis and androgenesis in fish. *Heredity* 24: 431-444.

Purdom, C. E., 1993. Hybridization In: *Genetics and Fish Breeding*, Chapman & Hall, London, pp. 158-177.

Scheerer, P. D. and G. H. Thorgaard, 1993. Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 2040-2044.

Streisinger, G., C. Walker, N. Dower, D. Knauber, and F. Singer, 1981. Production of clones of homozygous diploid zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Nature* 291: 293-296.

Tave, D., 1995. Selective breeding programmes for medium sized fish farms. *FAO Fish. Tech. Rep.* 352 Rome, 122 pp.

Thorgaard, G. H. and G. A. E. Gall, 1979. Adult triploids in a rainbow trout family. *Genetics* 93: 961-973.

Thorgaard, G. H., 1986. Ploidy manipulation and performance. *Aquaculture* 57: 57-64.

Thorgaard, G. H., P. D. Scheerer, W. K. Hershberger and J. M. Myers, 1990. Androgenetic rainbow trout produced using sperm from tetraploid males show improved survival. *Aquaculture* 85: 215-221.

Tiews, K., 1987. Selection, Hybridization and Genetic Engineering. In: *Aquaculture*, Heeneman Verlags Gesellschaft mbH (eds). Berlin, vol. 1 and 2.

Van Eenennaam, J. P., R. K. Stocker, R. G. Thiery, N. T. Hagstrom and S. F. Doroshov, 1990. Egg fertility, early development and survival from crosses of diploid female $\times$ triploid male grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture* 86: 111-125.

Wolters, W. R., G. S. Libey & C. L. Chrisman, 1981. Induction of triploidy in channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 312-314.

Woynarovich, E and L. Horvath, 1984. The artificial propagation of warm-water fin fishes: A manual for extension. FAO Fisheries Technical Paper No. 201.

Yamasaki, F., 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture* 33: 329-354.

감사의 글

시작이 반이라는 어른들의 말씀이 있습니다. 막연하게 시작했고 끝을 알 수 없던 시간들과의 싸움에 하나의 마침표를 찍게 되었습니다. 모든 것들에 고맙고 감사 합니다.

삶은 끝없는 배움의 길인 것 같습니다. 물을 이용하여 살아가는 많은 종류의 생물들을 이해해야 하고 사업적으로는 사람과의 관계를 고민해야 했습니다. 87년 양식학과에서 수산생물 공부를 시작하고 졸업하여 지금까지 수산양식 관련 일을 해 오며 참 많이 부족하다는 것을 느끼면 살았습니다. 좀 더 나은 미래를 개척하기 바랐고 그래서 선택한 배움의 길에 참 많은 분들의 격려와 도움이 과정을 마치게 했습니다.

이후에 좀 더 성숙해지고 깊이 있는 일들을 해야 하는데 무슨 도전이 있을지 두려움과 설렘이 공존 합니다. 늘 낮은 자세로 겸손하게 여러분들에게 받은 도움을 배풀고 나누며 살 수 있도록 노력하겠습니다. 또 이 사회와 산업에 보탬이 되도록 전문가로서의 길을 가기위한 다짐을 해 봅니다.

과정을 마칠 수 있도록 늘 격려하고 이끌어 주신 분들이 많이 있습니다. 먼저 어린 저를 만들어 주신 은사님 부족하지만 늘 격려해 주시고 존대해 주시며 사업적으로 학문적으로 지도해 주신 김 동수 지도 교수님, 정년을 앞두시고도 열정으로 이끌어 주셔서 정말 감사 합니다. 순천향대학교 방 인철 교수님 늘 전화해서 양식업계의 전반을 살피시고 석사, 박사 과정 시작할 수 있게 힘과 용기로 조

언과 격려해 주셔서 감사 합니다. 남 윤권 교수님 늘 웃는 얼굴로 나이 들어 학교 다닌다고 고생 많다고 해주셨죠. 감사 합니다. 노충환 박사님 늘 유머러스하고 농구도 잘하시는 분, 늘 웃는 얼굴로 사업 잘 하제 하셨죠!!! 감사 합니다. 백 상규 박사님 먼 길을 마다하지 않고 조언과 격려로 힘을 주시러 오셔서 감사드리고 앞으로도 많은 조언 부탁드립니다. 또한 학부부터 지금까지 수업은 물론 여러 일들에 조언을 해 주셨던 해양바이오 신소재학과 김 창훈, 배 승철, 박 정환, 최 윤희, 김 종명, 공 승표 교수님 감사 합니다. 회사 식구들 친구 김 병문, 정 호창 형님, 김 형근 이사, 박 정철, 서 미희 문 성용, 윤 태진, 정 재호, 이 승훈, 김 병민, 내서 공장의 식구들 감사 합니다. 중국의 가족 같은 친구 지금은 일을 너무 많이 해 하늘나라에서 쉬고 있는 팽퇴 중국 해양대학 교수님, 그의 아내 왕 소결 박사님 감사 합니다. 그리고 윤 창호, 윤 경환 등 동기들 감사 합니다. 늘 옆에서 힘이 되어 주었습니다. 감사 합니다. 진주 시골에 계신 우리 아버지 서 영현, 어머니 이 학연 여사 감사 합니다. 여름 방학동안 놀리 안가고 논문 찾는 일을 도와준 아들 서 명교 아빠가 사랑한다. 그리고 늘 내 옆에서 항상 격려해주고 챙겨준 사랑하는 아내 근선, 딸 은교, 혜교 사랑합니다.

이 길을 갈수 있도록 도움주신 은사님, 지인, 가족들의 바람처럼 이 사회를 위한 더 많은 기여의 길을 갈수 있도록 새 출발의 기회가 되어 더욱 열심히 살도록 하겠습니다. 주신 사랑 가슴에 세기며 더욱 노력하는 사람이 되도록 하겠습니다. 감사 합니다.