



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](#)

碩士學位論文

2018년~2021년 제주 양식
넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 주요
병원체(*Streptococcus parauberis*,
Edwardsiella piscicida, Scuticociliate)
동향 분석

濟州大學校 大學院

海洋生物工學

柳 周 利

2023年 8月

2018년~2021년 제주 양식

넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 주요
병원체(*Streptococcus parauberis*,
Edwardsiella piscicida, Scuticociliate)

동향 분석

指導教授 鄭 焜 範

柳 周 利

이 論文을 海洋生物工學 碩士學位 論文으로 提出함

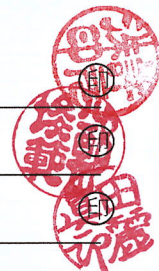
2023 年 8 月

柳周利의 海洋生物工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 허 문 수

 委 員 정 준 범

 委 員 전 려 진



濟州大學校 大學院

2023年 8月

Occurance analysis of major pathogens
(*Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella*
piscicida, Scuticociliate) cultured olive flounder
(*Paralichthys olivaceus*) from 2018 to 2021 in
Jeju

Juri Yoo

(Supervised by professor Joon Bum Jeong)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Science

Department of Marine Biomedical Science
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

August, 2023

목차

목차	i
LIST OF FIGURES	iii
LIST OF TABLES	vii
ABSTRACT	viii
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	5
1. 넙치 샘플 수집방법	5
1-1. 제주지역의 구분	5
1-2. 넙치 선별과 수온	7
1-3. 넙치 체장과 체중	7
2. 넙치 병원체 검출과 상관관계 분석	9
2-1. 병어 넙치의 증상	9
2-2. 병원체 검출	9
2-3. 사육 수온과 병원체 검출 상관관계 분석	14
III. 결과	15
1. 병원체 검출률과 사육수온	15
2. 수온과 검출의 상관관계(p-value: >0.05, correlation value close to 1 or -1)	20
2-1. 2018년 사육수온과 지역별 <i>S. parauberis</i> , <i>E. piscicida</i> , Scuticociliate 검출의 상관관계	20
2-2. 2019년 사육수온과 지역별 <i>S. parauberis</i> , <i>E. piscicida</i> , Scuticociliate 검출의 상관관계	26
2-3. 2020년 사육수온과 지역별 <i>S. parauberis</i> , <i>E. piscicida</i> , Scuticociliate 검출	

의 상관관계.....	32
2-4. 2021년 사육수온과 지역별 <i>S. parauberis</i> , <i>E. piscicida</i> , Scuticociliate 검출 의 상관관계.....	38
3. 지역별 수온과 검출률 비교.....	44
3-1. 대정지역.....	44
3-2. 남원지역.....	47
3-3. 성산지역.....	50
3-4. 구좌지역.....	53
3-5. 지역별 양식장 수온과 검출률 비교.....	56
3-6. 양식장별 병원체 검출률.....	65
4. 넙치 성장시기별 병원체 검출률.....	70
5. 넙치 성장시기에 따른 병원체 검출률과 복합감염 검출률 비교.....	72
IV. 토의 및 결론.....	74
V. 참고문헌.....	78
VII. 감사의 글.....	84

Lists of Figures

Fig. 1. A map of sampling fish farms in Jeju.....	5
Fig. 2. (a): Internal symptoms, enlarged spleen, enlarged kidney, etc., of olive flounder infected to <i>Streptococcus parauberis</i> . (b): Gill hemorrhagic symptom of olive flounder infected to <i>S. parauberis</i>	11
Fig. 3. (a): <i>Streptococcus parauberis</i> colonies cultured on columbia agar containing 5% sheep blood. (b): DNA band of <i>S. parauberis</i> colony analyzed with standard PCR. M: Master mix, (1): Sample, (2): Positive control, (3): Negative control.....	11
Fig. 4. (a): External symptoms, abdominal extension, rectal hernia, etc., of olive flounder infected to <i>Edwardsiella piscicida</i> . (b): Internal symptoms, ascite, liver cirrhosis, etc., of olive flounder infected to <i>E. piscicida</i>	12
Fig. 5. (a): <i>Edwardsiella piscicida</i> colonies cultured on Salmonella-Shigella(SS) agar. (b): DNA band of <i>E. piscicida</i> colony analyzed with standard PCR (Right). M: Master mix, (1): Sample, (2): Positive control, (3): Negative control.....	12
Fig. 6. (a): External symptoms, skin ulcer, muscle ulcer, etc., of olive flounder infected to scuticociliate. (b): External symptoms, fin ulcer, etc., of olive flounder infected to scuticociliate.....	13
Fig. 7. Microscope site of Scuticociliate (X100~X400).....	13
Fig. 8. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , Scuticociliate in 2018, 2019, 2020, 2021.....	16
Fig. 9. Monthly <i>Streptococcus parauberis</i> detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.....	17
Fig. 10. Monthly <i>Edwardsiella piscicida</i> detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.....	18
Fig. 11. Monthly Scuticociliate detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.....	19

Fig. 12. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2018.	22
Fig. 13. Monthly <i>Streptococcus parauberis</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.	23
Fig. 14. Monthly <i>Edwardsiella piscicida</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.	24
Fig. 15. Monthly Scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.	25
Fig. 16. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2019.	26
Fig. 17. Monthly <i>Streptococcus parauberis</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.	29
Fig. 18. Monthly <i>Edwardsiella piscicida</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.	30
Fig. 19. Monthly Scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.	31
Fig. 20. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2020.	34
Fig. 21. Monthly <i>Streptococcus parauberis</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.	35
Fig. 22. Monthly <i>Edwardsiella piscicida</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.	36
Fig. 23. Monthly Scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.	37
Fig. 24. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2021.	40
Fig. 25. Monthly <i>Streptococcus parauberis</i> detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.	41
Fig. 26. Monthly <i>Edwardsiella piscicida</i> detection rate of olive flounder	

cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.·····	42
Fig. 27. Monthly Scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.·····	43
Fig. 28. Monthly average culturing water temperature in Daejung fish farms during 2018~2021.·····	45
Fig. 29. Monthly average detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder in Daejung.·····	46
Fig. 30. Monthly average culturing water temperature in Namwon fish farms during 2018~2021.·····	48
Fig. 31. Monthly average detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder in Namwon.·····	49
Fig. 32. Monthly average culturing water temperature in Sungsan fish farms during 2018~2021.·····	51
Fig. 33. Monthly average detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder in Sungsan.·····	52
Fig. 34. Monthly average culturing water temperature in Gujwa fish farms during 2018~2021.·····	54
Fig. 35. Monthly average detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder in Gujwa.·····	55
Fig. 36. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2018.·····	58
Fig. 37. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2019.·····	59
Fig. 38. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2020.·····	60

Fig. 39. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2021.	61
Fig. 40. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.	62
Fig. 41. Monthly detection rate of <i>Edwardsiella piscicida</i> detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.	63
Fig. 42. Monthly detection rate of scuticociliate detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.	64
Fig. 43. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder of D1 fish farm during 2018~2021.	66
Fig. 44. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder of N1 fish farm during 2018~2021.	67
Fig. 45. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder of S1 fish farm during 2018~2021.	68
Fig. 46. Monthly detection rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , and scuticociliate detected from olive flounder of G1 fish farm during 2018~2021.	69
Fig. 47. Detection rate divided by olive flounder weight (Juvenile fish weight 1 g~200 g: 5,618 olive flounders, Sub-adult fish weight 201 g~500 g: 5,089 olive flounders, Adult fish weight over 500 g: 4,237 olive flounders; SP: <i>S. parauberis</i> , EP: <i>E. piscicida</i> , Scu: Scuticociliate).	71
Fig. 48. The rate of <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Edwardsiella piscicida</i> , Scuticociliate and co-infection sorted by weight of olive flounder (Juvenile fish weight 1 g~200 g, Sub-adult fish weight 201 g~500 g, Adult fish weight over 500 g).	73

Lists of Tables

Table 1. A number of sampled olive flounder 2018 to 2021	8
Table 2. Primer sequence used for detect <i>Streptococcus parauberis</i> and <i>Edwardsiella piscicida</i>	10
Table 3. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2018 (*:p-value(<0.05) no significant)	22
Table 4. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2019 (*:p-value(<0.05) no significant)	28
Table 5. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2020 (*:p-value(<0.05) no significant)	34
Table 6. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2021 (*:p-value(<0.05) no significant)	40

Abstract

Streptococcus parauberis, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate are major pathogen diseases in associated with high economic losses in aquaculture. This study were determined whether occurrence of these three major pathogens infections in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) correspond with changes in water temperature on fish farms in Jeju island. During 2018 to 2021, investigated the different culturing water temperature conditions by region of fish farms that divided in to 4 locations. The average annual water temperature for each region in 2018 was 18.28°C in Daejung, 18.46°C in Namwon, 17.83°C in Sungsan, and 17.57°C in Gujwa. In 2019, it was 18.78°C in Daejung, 18.65°C in Namwon, 18.2°C in Sungsan, and 17.63°C in Gujwa. In 2020, it was 18.1°C in Daejung, 18.1°C in Namwon, 17.8°C in Sungsan, and 17.4°C in Gujwa. In 2021, it was 18.9°C in Daejung, 18.2°C in Namwon, 18.2°C in Sungsan, and 17.7°C in Gujwa. The result of Pearson's correlation analysis showed culturing water temperature and pathogen detection rate have no significant but confirmed Daejung and Gujwa have big difference in culturing water temperature fluctuation and this caused pathogen detection rate difference specially with *E. piscicida*. In conclusion, the results of *S. parauberis* detection rate have no significant correlation with culturing water temperature and growth period of olive flounder size. *E. piscicida*, detection rate have significant correlation with culturing water temperature and scuticociliate detection rate have significant correlation with growth period of olive flounder size. Additionally, even if the fish farms use similar culturing water temperature, occurrence of pathogenic diseases will occur different by various causes. In the other hand, this result showed that necessity of customized hazard disease control program for each fish farm.

I. 서론

넙치(*Paralicithys olivaceus*)는 국내에서 수출되는 어류 중 1위 수출품목으로 2021년에는 수출량이 164.9톤이었고, 약 360만 달러에 상당하는 수출량을 기록했다(KOSIS, 2023b). 2022년 기준 전국 넙치 양식장은 461개소로 그 중 절반에 해당하는 228개소가 제주도에 위치하고 있다(KOSIS, 2023a). 제주도는 국내 최대 육상양식 넙치 생산지로 1980년대 초 넙치 양식 기술의 확립으로 급격하게 양식 넙치 생산이 증대되기 시작하였고 2022년 기준 전국 넙치 육상양식 생산량은 54,292톤이었고, 제주도 생산량은 그중 22,550톤을 차지했다(KOSIS, 2023c). 양식 넙치 생산장인 제주도는 지하해수를 사용하는 육상양식 기술이 접목된 대규모 양식시설을 갖추었지만, 다양한 육종 생산과 생산량의 증가를 위해 수행한 고밀도 사육과 관리 부주의 등으로 인하여 질병 발생을 초래하였다(Oh et al, 1998). 양식 넙치에 발병하는 주요 세균성 질병으로는 연쇄구균증, 에드워드증, 비브리오팀증 등이 있다(Lee and Ha, 1991; Oh et al., 1998; Heo et al., 2001; Kim et al., 2001; Kim and Kim, 2003; Baeck et al., 2006). *Streptococcus parauberis*와 *Edwardsiella tarda*는 넙치 양식현장에 지속적인 감염과 폐사 피해 및 경제적 손실을 초래하는 주요 세균성 질병으로 알려져 있다(e.g., Baeck et al., 2006; Kim et al., 2006).

연쇄구균증은 제주도 넙치 양식현장에서 발병하는 주요 세균성 질병으로 연쇄구균 중 *S. parauberis*가 제주지역에서 우점하는 것으로 보고되었다(Baeck et al., 2006). 양식 넙치에서는 수온이 하강할 때 주로 발병하나 최근 저온(14°C)에서도 발병이 확인되었다(Cho et al., 2007; Choi et al., 2009). 양식넙치 연쇄구균증의 주요 증상으로는 체색흑화, 복부팽만, 복강 내벽 및 무안측의 출혈, 안구돌출, 안구출혈, 아가미 뚜껑 출혈, 비장 종대, 간 울혈, 심근염 및 심근섬유화 등이 보고되었다(Jung et al., 2006; Kang et al., 2007; Choi et al., 2009). *S. parauberis*는 알파용혈성 그람 양성 세균으로 혈액배지에서 배양하는 경우 알파용혈 현상을 확인할 수 있으며(Toranzo et al. 1994), 하얀색의 작은 원형 콜로니를 확인할 수

있다.

제주도 양식 넙치에 발병하는 에드워드증은 *E. tarda*가 원인 병원체로 다양한 동물에 병원성을 가지고 있으며, 인간을 포함한 포유류에도 감염성을 가지는 것으로 보고되었다(Austin and Austin, 1993; Janda et al., 1993). *E. tarda*는 광온성, 광염성의 그람 음성 세균으로 연중 어류에 감염되는 것으로 알려져 있으며, 주로 고수온기나 사육수의 수질이 나쁠 때 높은 감염성을 보인다(Woo et al., 2011; Sakai et al., 1994; Rashid et al., 1994). 또한 균 배양온도가 15°C 일 때 보다 20~25°C 일 때 더 높은 병원성을 나타낸다고 알려져 있다(Zheng et al., 2004). *E. tarda*에 감염된 어류의 대표적인 증상으로는 피사성 소형 피부병변, 복수로 인한 복부팽만, 내장의 퇴색, 신장 비대, 내부 장기 종양 및 간 비대 등이 있다(Plumb, 1999; Satoshi and Nobuhiro, 2000). 최근 연구에 따르면 *E. tarda* 단독 종으로 알려져 있던 넙치에서 검출되는 에드워드균 대부분이 *Edwardsiella piscicida*로 재분류되었으며, 제주도에서 발견되는 에드워드균 또한 *E. piscicida*로 재분류 되었다(Bujan et al., 2018; Dubey et al. 2019).

제주지역 넙치 양식장에서 치어기에 심각한 폐사 피해를 초래하는 주요 기생충성 질병인 스쿠티카증은 스쿠티카충(Scuticociliates)에 의해 발병하며, 우점종은 *Miamiensis avidus*로 넙치의 체표, 근육, 아가미, 뇌, 장관에 감염되는 것으로 알려져 있다(Mizuno 1993; Lee et al., 2001; Jin et al., 2007; Song et al., 2009). 스쿠티카충은 대부분의 어류에 감염될 수 있으며 저염분과 고염분에서 모두 생존이 가능하다. 스쿠티카충은 구강이 뾰족하고 물방울 형태를 띄며, 섬모를 이용한 운동성을 가지고 있다(Jin et al., 2003). 스쿠티카충은 자연상태에서 생존력은 높지 않으나 스쿠티카충에 감염되는 어류의 다양한 내외부 기관 중에서도 숙주의 뇌에 감염되는 경우 치료가 어려우며(Jin et al., 2003), 스쿠티카충이 뇌에 감염되는 경우 숙주는 이상 유영을 하다 폐사한다. 1996년까지 제주도 내 넙치 양식장에서 스쿠티카충의 단독 감염 및 타 병원체와의 복합 감염이 10% 이내였으나, 1997년부터 15.2%로 스쿠티카충 발병 비율이 증가하였다. 1998년에는 23.2%, 1999년에는 30%까지 증가하였고, 2000년 이후 40% 이상의 검출이 지속되었다(Jin et al., 2007). 제주도 넙치 양식장은 대부분 연중 17°C 내외로 수온이 유지되는 지하해수를 혼합하여 사용하기 때문에 연중 사육 수온이 14°C~23°C 내외로 유지

되어 스쿠티카충이 연중 발생할 수 있는 환경조건으로 *U. marinum*의 경우 증식하는 수온 범위가 6~30°C로 광범위하다(Oh et al., 1998; Jee et al., 2001). 지하해수를 혼합하여 사용하는 여름철 제주도 내 넙치 양식장의 사육수온이 스쿠티카충 증식에 적절하며, 사료 섭이가 활발한 시기에 양식장 바닥에 쌓이는 유기물 또한 스쿠티카충 발병의 원인으로 보고 있다(Jin et al., 2007).

이전 연구에서는 제주도 지역 양식 넙치에서 발병하는 병원체와 각 병원체로 인한 질병발생 동향에 대하여 많은 연구가 이루어졌다(Jin et al., 2003; Cho et al., 2007; Jin et al., 2007; Cho et al., 2008; Kim et al., 2010; Jung et al., 2012; Jee et al., 2014; Kang et al., 2015; Shim et al., 2019). 그러나 매년 넙치의 생산량이 증가하고 현장 사육관리자의 잦은 교체와 다양한 약품의 사용에 따라 검출되는 병원체의 종류가 다양해지고 있으며, 해양의 수질과 수온 등 해양환경 요인이 변화함에 따라 병원체 검출이 이전 연구와 다른 양상을 보이는 것으로 추정되고 있다. 질병으로 인한 폐사량을 제어하기 위해 다양한 방법들이 제시되고 있으나, 그중에서도 아직 개별 현장 특성을 고려한 방법이 제시되지 않았다.

최근 주요 양식 넙치에 발병하는 병원체들에 대한 연구 동향은 유전자 분석을 통하여 병원체 특성에 초점이 맞춰져 있다. 병원체의 계통 재분류와 치료제 및 백신 개발과 같은 병원성 질병 발생 해결을 목적으로한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나(Bujan et al., 2018; Dubey et al., 2019; Kang et al., 2020; Han et al., 2020), 양식현장에서 실질적으로 필요한 부분인 질병 발생 동향이나 유병률과 발생률에 대한 조사는 미비하다. 이 또한 숙주가 아닌 병원체에 초점이 맞춰져 있어 현장에서 적용하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 제주도 넙치 양식장의 사육수 특성 차이에 따라 지역별로 구분하였으며, 지역별 넙치의 병원체 검출 차이를 조사하였다. 사육 수온과 병원체 검출률 관계성에 대하여 제시해준 Bang and Park(1994)에 따르면 넙치의 질병 발생과 사육 수온은 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 판단하였다. 따라서 2018년~2021년 제주도 양식 넙치에서 검출된 주요 병원체 연쇄구균, 에드워드균 스쿠티카충 발생 모니터링을 통해 병원체 검출 동향 분석 및 수온과 병원체 검출의 상관관계, 그리고 넙치 무게에 따른 성장 시기별 병원체 검출 동향에 대하여 제시하고 차이를 확인하고, 지역별 양식현장 특성을 고려한 위해요소 제어 방법 제

시를 위하여 제주도 지역별 병원체 검출 동향 데이터를 기반으로 한 양식현장
맞춤형 질병 제어 프로그램 기초 자료를 마련하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 넙치 샘플 수집 방법

1-1. 제주지역의 구분

사육수에 사용하는 자연해수와 지하해수의 비율에 따라 제주도를 4개 지역으로 구분하여 넙치를 수집하였다. 대정지역의 양식현장은 사육수 전량 자연해수를 사용하며, 남원지역의 양식현장은 지하해수를 각각 30%~50% 비율로 혼합하여 사용하고, 성산지역의 양식현장은 지하해수를 50%~70% 비율로 혼합하여 사용하며, 구좌지역의 양식현장은 지하해수를 70%~100%의 비율로 사용하고 있다. 각 지역별 사육수 비율에 따른 사육 수온의 차이와 질병 발생 현황에 대하여 조사를 진행하였다. 2018년에는 16개소(대정: 3개소, 남원: 5개소, 성산: 5개소, 구좌: 3개소), 2019년에는 16개소(대정: 3개소, 남원: 5개소, 성산: 5개소, 구좌: 3개소), 2020년에는 19개소(대정: 4개소, 남원: 2개소, 성산: 7개소, 구좌: 6개소), 2021년에는 20개소(대정: 3개소, 남원: 2개소, 성산: 7개소, 구좌: 8개소)의 양식 현장에서 넙치를 수집하였다. (Fig. 1)

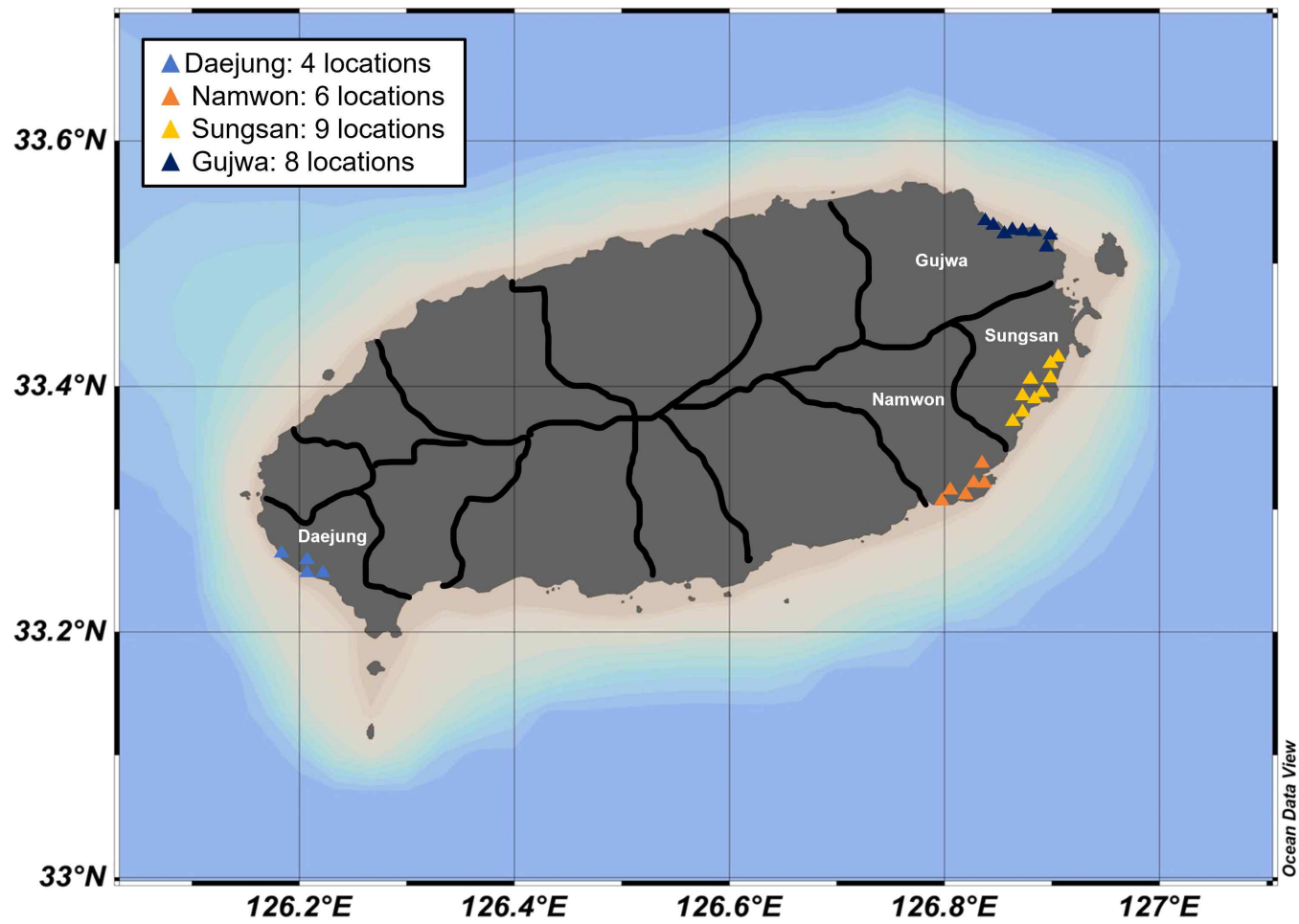


Fig. 1. A map of sampling fish farms in Jeju.

1-2. 넙치 선별과 수온

넙치는 각 양식 현장에서 당일 폐사량이 가장 높은 수조에서 질병 증상으로 추정되는 외견을 보이는 빈사상태(moribund) 넙치를 선별하여 수집하였다. 사육수온은 매주 오전 9:30~10:30경에 양식현장에 설치된 수온 측정기를 이용하여 수온을 측정하였다.

1-3. 넙치 체장과 체중

2018년 제주도에 있는 16곳의 양어장에서 3,473미 넙치를 수집하였으며, 넙치의 체장 범위는 5 cm ~ 69 cm, 체중 범위는 4.5 g ~ 4,000 g이었다. 2019년에는 16곳의 양어장에서 4,056미 넙치를 수집하였으며, 체장 범위는 8 cm ~ 65 cm, 체중 범위는 6 g ~ 3,500 g이었다. 2020년에는 19곳의 양어장에서 3,701미 넙치를 수집하였으며, 체장 범위는 7.8 cm ~ 68.5 cm, 체중 범위는 4 g ~ 3,988 g이었다. 2021년에는 20곳의 양어장에서 3,652미 넙치를 수집하였고, 체장 범위는 6 cm ~ 65 cm, 체중 범위는 2 g ~ 2,804 g이었다. (Table 1)

Table 1. A number of sampled olive flounder 2018 to 2021

	Weight	Daejung	Namwon	Sungsan	Gujwa	Total
2018	0g~200g	206	482	403	213	1,304
	201g~500g	199	516	287	184	1,186
	501g~1kg	160	328	300	195	983
	Total	565	1,326	990	592	3,473
2019	0g~200g	305	453	458	94	1,310
	201g~500g	319	591	462	146	1,518
	501g~1kg	255	348	390	235	1,228
	Total	879	1,392	1,310	475	4,056
2020	0g~200g	435	170	406	374	1,385
	201g~500g	320	221	435	242	1,218
	501g~1kg	258	43	482	315	1,098
	Total	1,013	434	1,323	931	3,701
2021	0g~200g	292	255	516	328	1,391
	201g~500g	276	161	404	400	1,241
	501g~1kg	181	113	492	234	1,020
	Total	749	529	1,412	962	3,652

2. 넙치 병원체 검출과 상관관계 분석

2-1. 병어 넙치의 증상

각 넙치는 양식장 이름, 수조, 수온 데이터를 취합하였고, 개체의 체장, 체중 측정 후 해부를 진행하였다. 질병 증상은 외부증상과 내부 증상으로 구분하여 확인하였다. 외부증상으로는 유안측과 무안측의 체표, 지느러미, 안구, 주둥이, 아가미의 증상을 관찰하였으며, 내부증상으로는 복수, 근육, 간, 비장, 신장, 생식소, 장, 심장의 증상을 관찰하였다. (Figs. 2, 4, 6)

2-2. 병원체 검출

넙치는 모두 동일한 조건하에서 해부하였으며, 세균성 질병(*S. parauberis*, *E. piscicida*)을 검출하기 위해 단면 직경 0.5 cm로 절제한 간을 혈액배지 columbia agar containing 5% sheep blood (BANDIO, Korea)와 Salmonella-Shigella(SS) 각각 stamp하여 도말 후 30°C에서 48시간 배양하였다(Han et al., 2017). *S. parauberis*는 1차적으로 혈액배지의 용혈반응을 확인한 후 catalase test로 2차 확인하였다. *E. piscicida*는 SS배지에서 중심에 검은색 집락이 나타나는 colony를 형성하는 것을 확인하였다. 확인된 colony는 멸균 NaCl 1.5%-Brain heart infusion agar (BHIA; Difco, USA)에 단일 배양(30°C, 24시간)하였고, *S. parauberis*는 세포벽 파괴를 위해 멸균 tube에 균주를 채취하여 3시간 동안 -20°C 냉동고에서 냉동 후 PCR(Polymerase chain reaction) 샘플로 사용하였다.(Figs. 3, 5) 배양한 균주는 Exgene™ Tissue SV mini (GeneAll) kit (GeneAll® Biotechnology, KOREA)를 이용하여 DNA를 분리 후 Standard PCR을 진행하였다. *S. parauberis* 시료의 조건은 initial denaturation (95°C, 5 min), denaturation (95°C, 1 min), annealing (54°C, 30 sec), extension (72°C, 1 min), final extension (72°C, 5 min)의 조건으로 40 cycles 반복하였다. *E. piscicida*는 initial denaturation (95°C, 10 min), denaturation (95°C, 1 min), annealing (50°C, 1min 30 sec), extension (72°C, 1 min), final extension (72°C, 5 min)의

조건으로 40 cycles 반복하였다. 사용한 Primer sequence와 bp size는 Table 2와 같다. 스키투카충 검출 유무는 Kang et al. (2015)의 방법에 따라 100~400배율의 광학현미경에서 넙치에서 채취한 아가미, 체표, 뇌 샘플을 검정하는 방법으로 진행하였다. (Fig. 7)

Table 2. Primer sequence used for detect *Streptococcus parauberis* and *Edwardsiella piscicida*

Primer	Nucleotide sequence (5'-3')	Target region	Pathogen	Reference
Spa2152	TTTCGTCTGAGGCAATGTTG	718bp	<i>S. parauberis</i>	Baeck et al., 2006
Spa2870	GCTTCATATATCGCTATACT			
EPF	CTTTGATCATGGTTGCGGAA	130bp	<i>E. piscicida</i>	Griffin et al., 2014
EPR	CGGCGTTTTCTTTTCTCG			

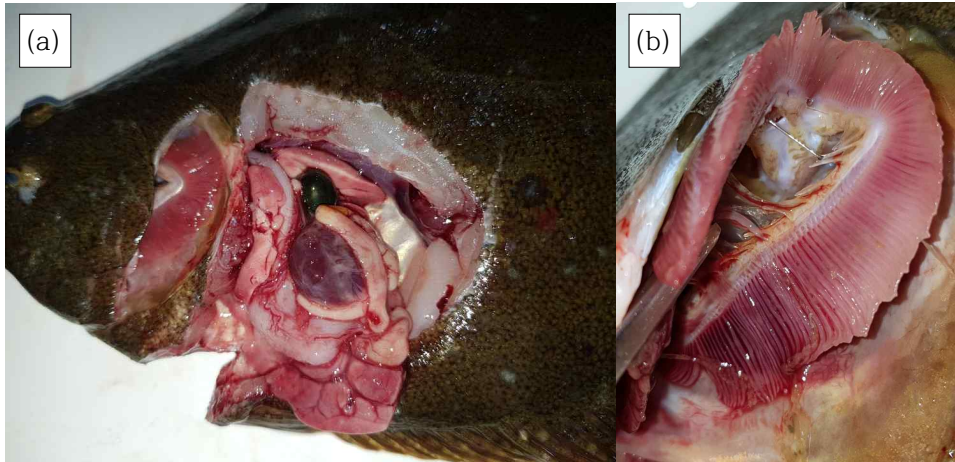


Fig. 2. (a): Internal symptoms, enlarged spleen, enlarged kidney, etc., of olive flounder infected to *Streptococcus parauberis*. (b): Gill hemorrhagic symptom of olive flounder infected to *S. parauberis*.

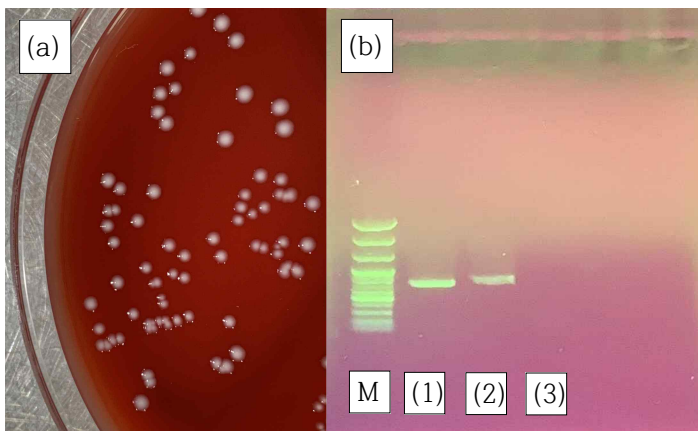


Fig. 3. (a): *Streptococcus parauberis* colonies cultured on columbia agar containing 5% sheep blood. (b): DNA band of *S. parauberis* colony analyzed with standard PCR. M: Master mix, (1): Sample, (2): Positive control, (3): Negative control.

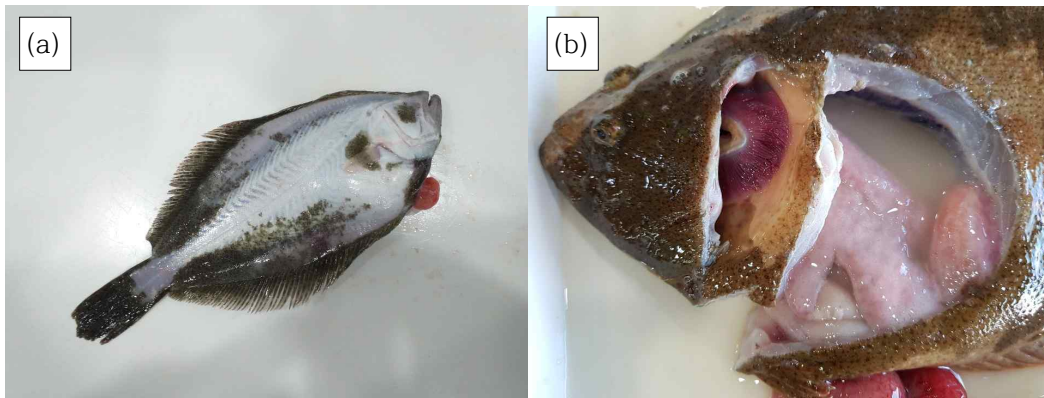


Fig. 4. (a): External symptoms, abdominal extension, rectal hernia, etc., of olive flounder infected to *Edwardsiella piscicida*. (b): Internal symptoms, ascite, liver cirrhosis, etc., of olive flounder infected to *E. piscicida*.

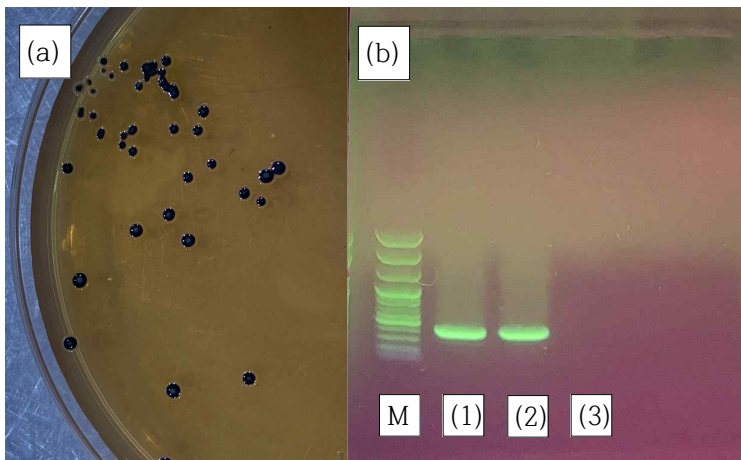


Fig. 5. (a): *Edwardsiella piscicida* colonies cultured on Salmonella-Shigella(SS) agar. (b): DNA band of *E. piscicida* colony analyzed with standard PCR (Right). M: Master mix, (1): Sample, (2): Positive control, (3): Negative control.



Fig. 6. (a): External symptoms, skin ulcer, muscle ulcer, etc., of olive flounder infected to scuticociliate. (b): External symptoms, fin ulcer, etc., of olive flounder infected to scuticociliate.

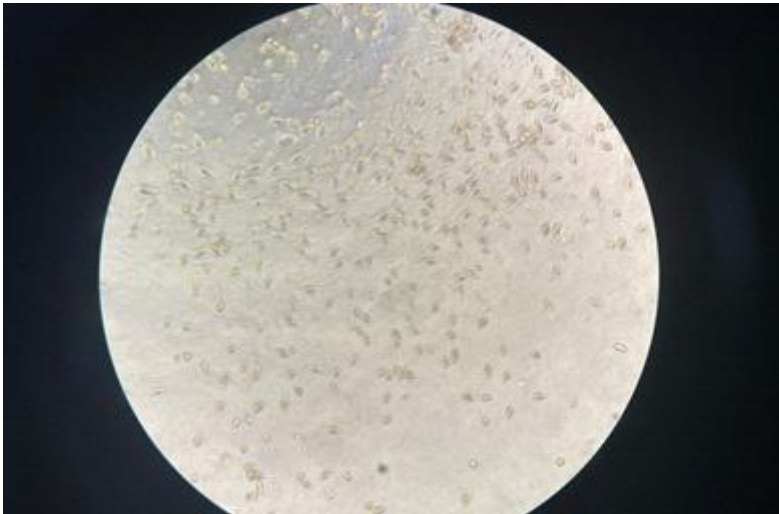


Fig. 7. Microscope site of scuticociliate (X100).

2-3. 사육 수온과 병원체 검출 상관관계 분석

수온과 병원체 검출과의 관계성은 Pearson's correlation을 이용하여 확인하였다. 유의수준은 95%로 설정하였고, 분석에는 Statistical package R(R Studio 2022.12.0+353)을 사용하였다. 상관계수 값은 r값을 확인하였다($p\text{-value}<0.05$). 병원체 검출률의 경향성은 회귀분석을 사용하여 r값을 확인하였다.

III. 결과

1. 병원체 검출률과 사육수온

2018년~2021년 기간 동안 대정, 남원, 성산, 구좌의 지역별 평균수온과 각 지역에서 검출된 연쇄구균, 에드워드균, 스쿠티카충의 월별 검출률을 확인하고, 피어슨의 상관관계 계수를 이용하여 수온과 병원체 검출의 상관관계를 분석하였다. 각 지역별 연평균 사육수온은 2018년에 대정 18.28°C, 남원 18.46°C, 성산 17.83°C, 구좌 17.57°C였다. 2019년에는 대정 18.78°C, 남원 18.65°C, 성산 18.2°C, 구좌 17.63°C 였다. 2020년에는 대정 18.1°C, 남원 18.1°C, 성산 17.8°C, 구좌 17.4°C 였다. 2021년에는 대정 18.9°C, 남원 18.2°C, 성산 18°C, 구좌 17.7°C 였으며, 자연해수 사용 비율이 높은 지역일수록 연평균 수온이 비교적 낮았다.

4년간의 각 연도별 평균 사육수온은 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 각 병원체별 검출률을 연도에 따라 비교한 결과 *S. parauberis* 검출률은 연중 높은 검출률을 보이며 2019년에 특이적으로 매우 높았다. *E. piscicida*는 2020년을 제외한 2018, 2019, 2021년에 고수온기를 지나 수온 하강 시기에 매우 높은 검출률을 보였고, 2020년에는 특이적으로 검출률이 매우 낮았다. Scuticociliate의 경우 연중 검출되었으며, 4년간의 검출 동향에 유의미한 차이가 없었다. (Figs. 8~11).

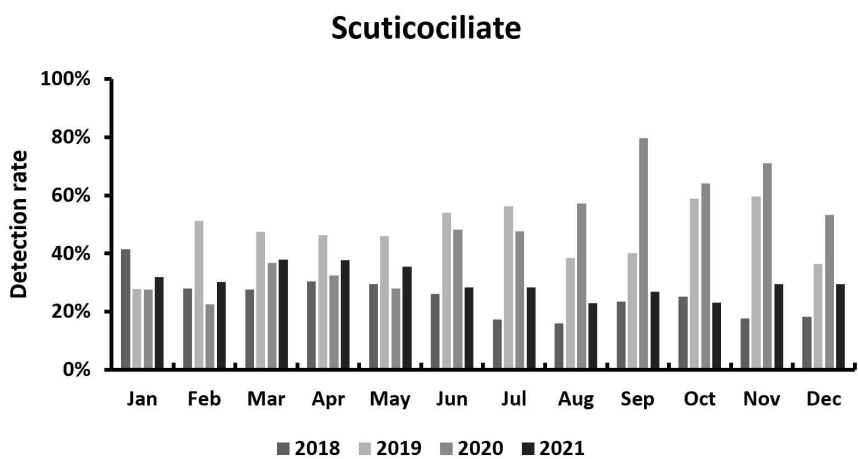
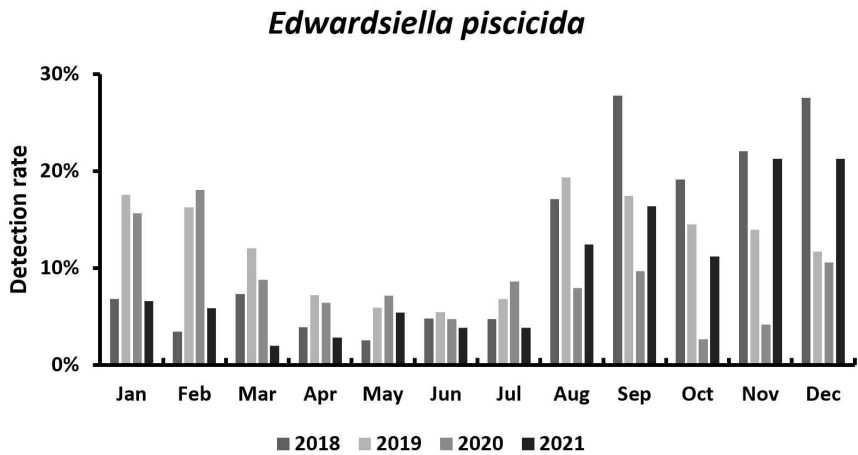
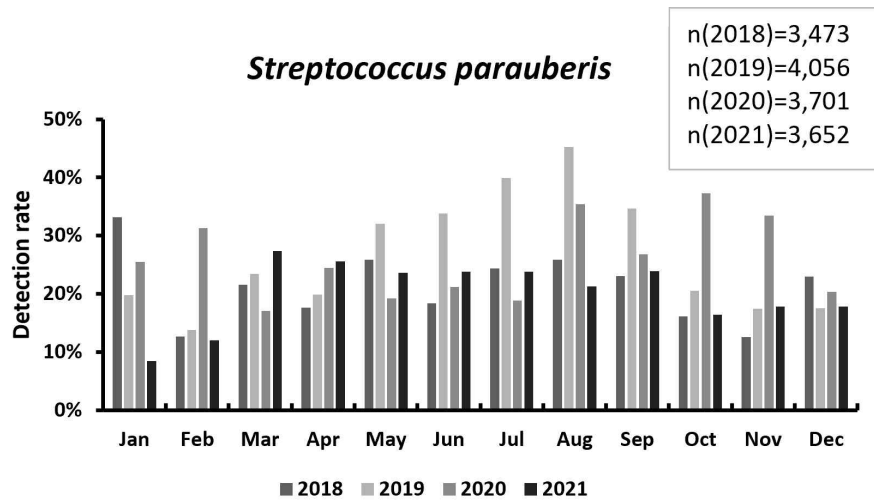


Fig. 8. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, Scuticociliate in 2018, 2019, 2020, 2021.

Streptococcus parauberis

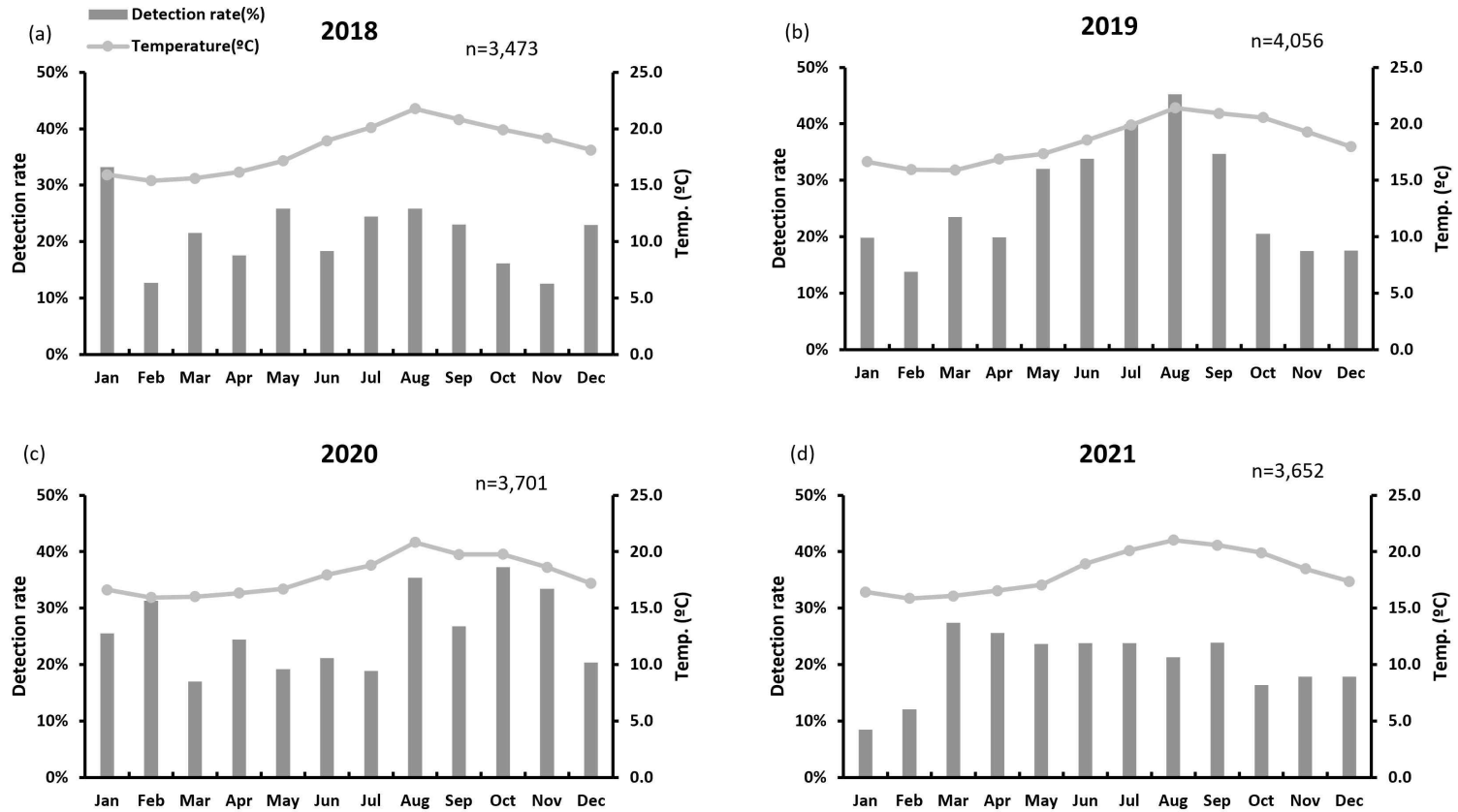


Fig. 9. Monthly *Streptococcus parauberis* detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.

Edwardsiella piscicida

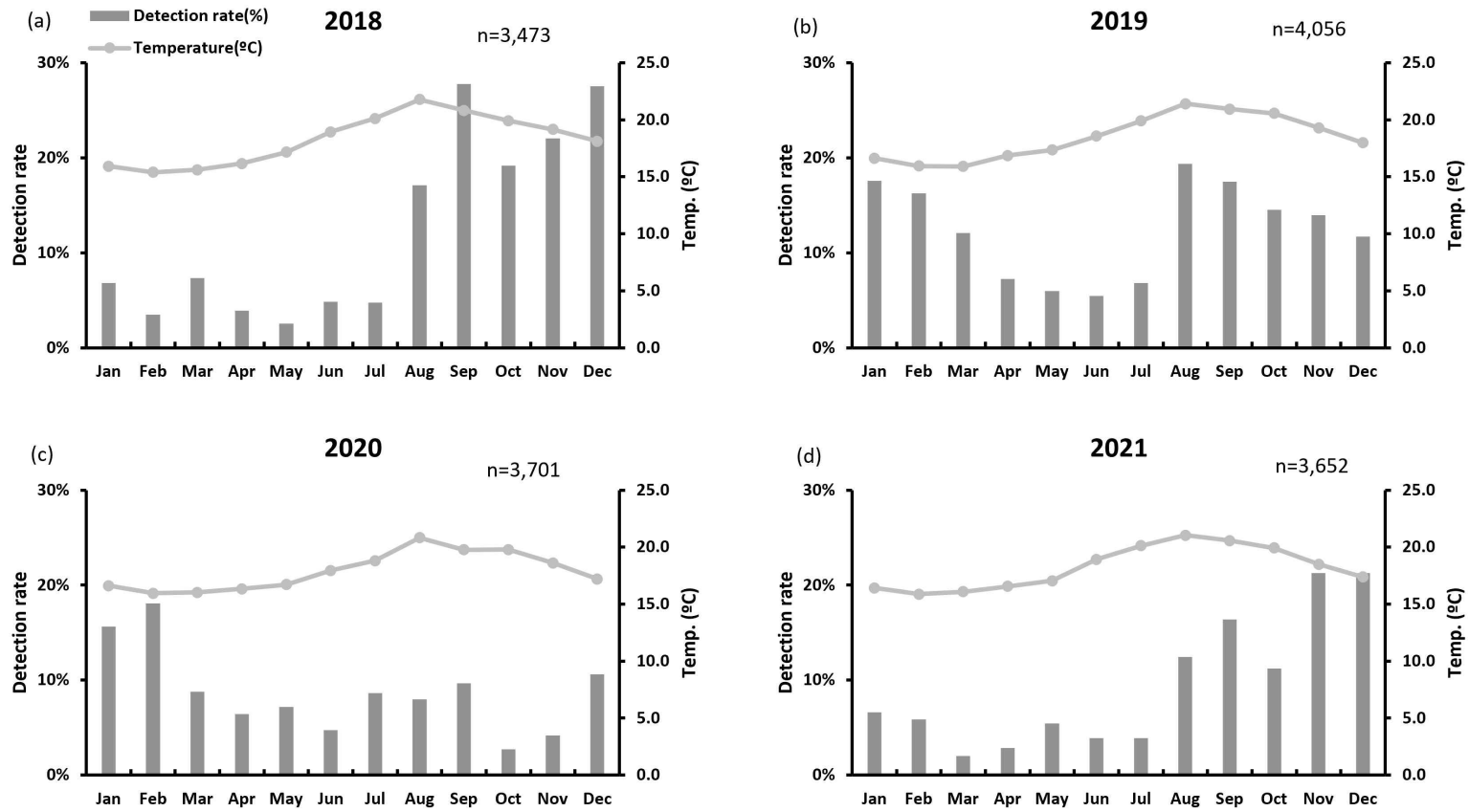


Fig. 10. Monthly *Edwardsiella piscicida* detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.

Scuticociliate

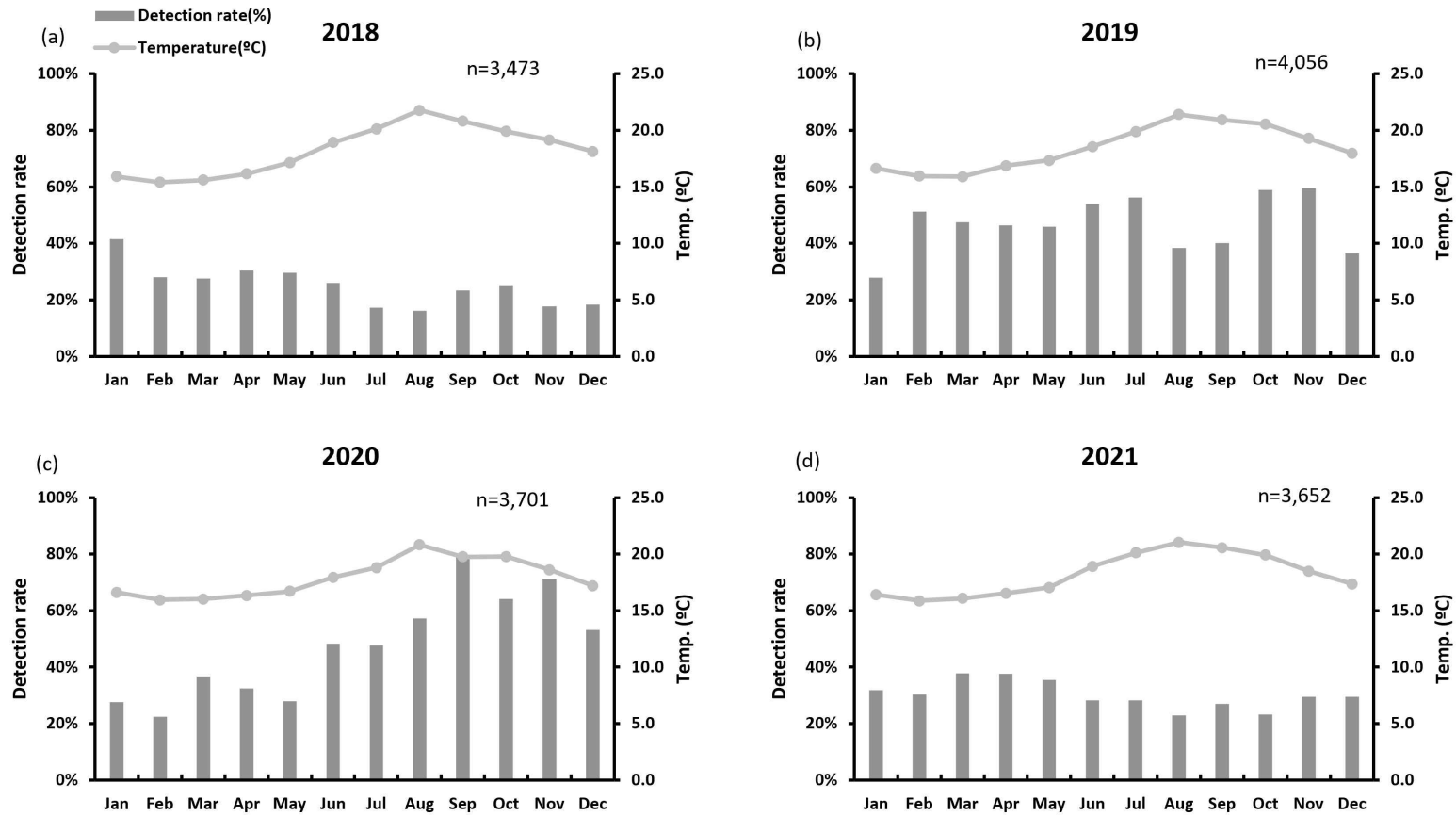


Fig. 11. Monthly scuticociliate detection rate and culturing water temperature in 2018, 2019, 2020, 2021.

2. 수온과 검출의 상관관계(p-value<0.05, correlation value close to 1 or -1)

95%의 신뢰도 구간에서 p-value<0.05 일 때 유의하다고 판단하였고 피어슨 상관계수 값을 확인하였다. Pearson's correlation을 활용하여 제주도 4곳 지역의 4년간 검출된 3가지 병원체(*S. parauberis*, *E. piscicida*, Scuticociliate)와 수온과의 상관관계를 분석하였다.

2-1. 2018년 사육수온과 지역별 *S. parauberis*, *E. piscicida*, Scuticociliate 검출의 상관관계

2018년 지역별 평균 사육수온에서 자연해수 100%를 사용하는 대정지역이 고수온기에 특이적으로 높은 수온을 나타내고 저수온기에는 특이적으로 낮은 수온을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 대정지역의 최고 평균수온은 8월의 23.7°C 이었고, 최저 평균수온은 1월의 13.2°C 였다. 대정지역에 비하여 수온 변화폭이 매우 낮은 구좌지역의 최고 평균 수온은 8월에 20.1°C, 최저수온은 2월에 16°C 였다(Fig. 12).

2018년 제주도 4곳 지역의 양식 넙치에서 검출된 *S. parauberis*와 사육수온과의 상관관계를 분석한 결과 대정지역은 양의 상관관계를 보였다($r=0.534$). *S. parauberis* 검출률은 12월, 9월, 8월 순으로 검출률이 높았다. 남원지역은 *S. parauberis*와 사육수온과의 상관관계를 분석한 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.225$). *S. parauberis* 검출률은 1월, 5월, 6월 순으로 검출률이 높았다. 성산지역은 *S. parauberis*와 사육수온과의 상관관계를 분석한 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.279$). *S. parauberis* 검출률은 12월, 1월, 3월 순으로 높은 검출률을 보였다. 구좌지역은 *S. parauberis*와 사육수온과의 상관관계를 분석한 결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *S. parauberis* 검출률은 8월, 9월, 7월 순으로 높았다(Table 3, Fig. 13).

E. piscicida 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *E. piscicida* 검출률은 12월, 9월, 8월 순으로 높았다. 남원지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를

보였다($r=0.555$). *E. piscicida* 검출률은 9월, 12월, 11월 순으로 높은 검출률을 보였다. 성산지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.438$). *E. piscicida* 검출률은 9월, 8월, 3월 순으로 높았다. 구좌지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.332$). *E. piscicida* 검출률은 8월, 12월, 10월 순으로 높았다(Table 3, Fig. 14).

Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Scuticociliate 검출률은 3월, 1월, 2월 순으로 높았다. 남원지역은 Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.495$). Scuticociliate 검출률은 1월, 6월, 4월 순으로 높은 검출률을 보였다. 성산지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.472$). Scuticociliate 검출률은 5월, 1월, 4월 순으로 높았다. 구좌지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.472$). Scuticociliate 검출률은 5월, 4월, 1월 순으로 높았다 (Table 3, Fig. 15).

결과적으로 100% 자연해수를 사용하여 수온 변화폭이 큰 대정지역의 병원체 검출률이 높게 나타났고, 지하해수 사용 비율이 높아 수온 변화폭이 적은 구좌지역에서는 병원체 검출률이 비교적 매우 낮은 것을 확인하였다.

Table 3. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2018 (*:p-value(<0.05) no significant)

Region	<i>S. parauberis</i>	<i>E. piscicida</i>	Scuticociliate
Daejung	0.534	0.615*	-0.755*
Namwon	-0.225	0.555	-0.495
Sungsan	-0.279	0.438	-0.472
Gujwa	0.858*	0.332	-0.472

Culturing water temperature in 2018

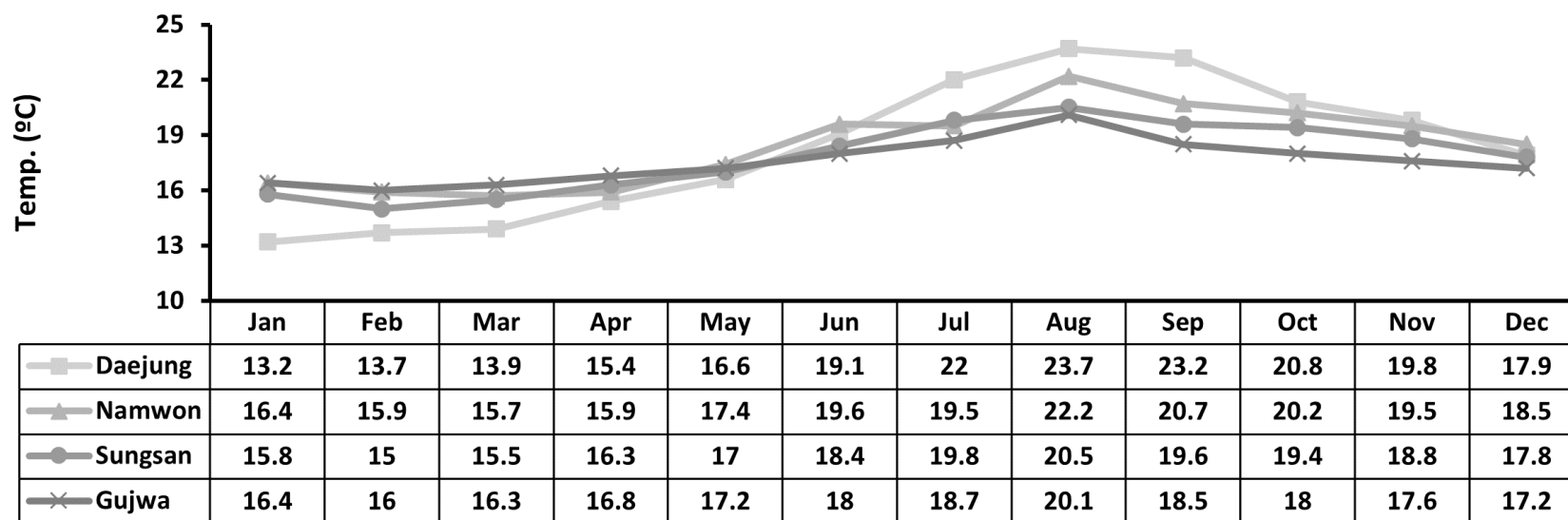


Fig. 12. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2018.

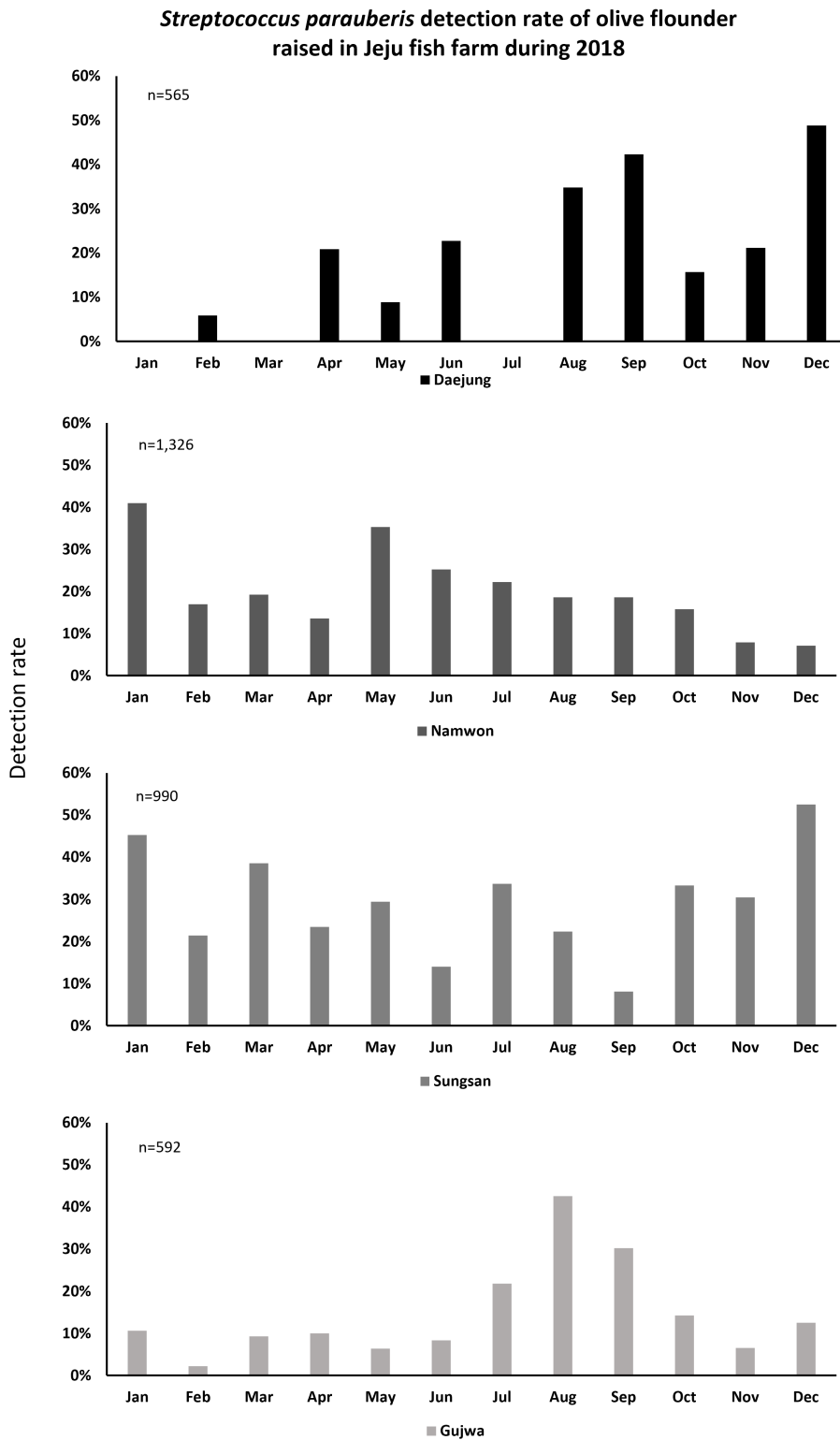


Fig. 13. Monthly *Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.

Edwardsiella piscicida detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2018

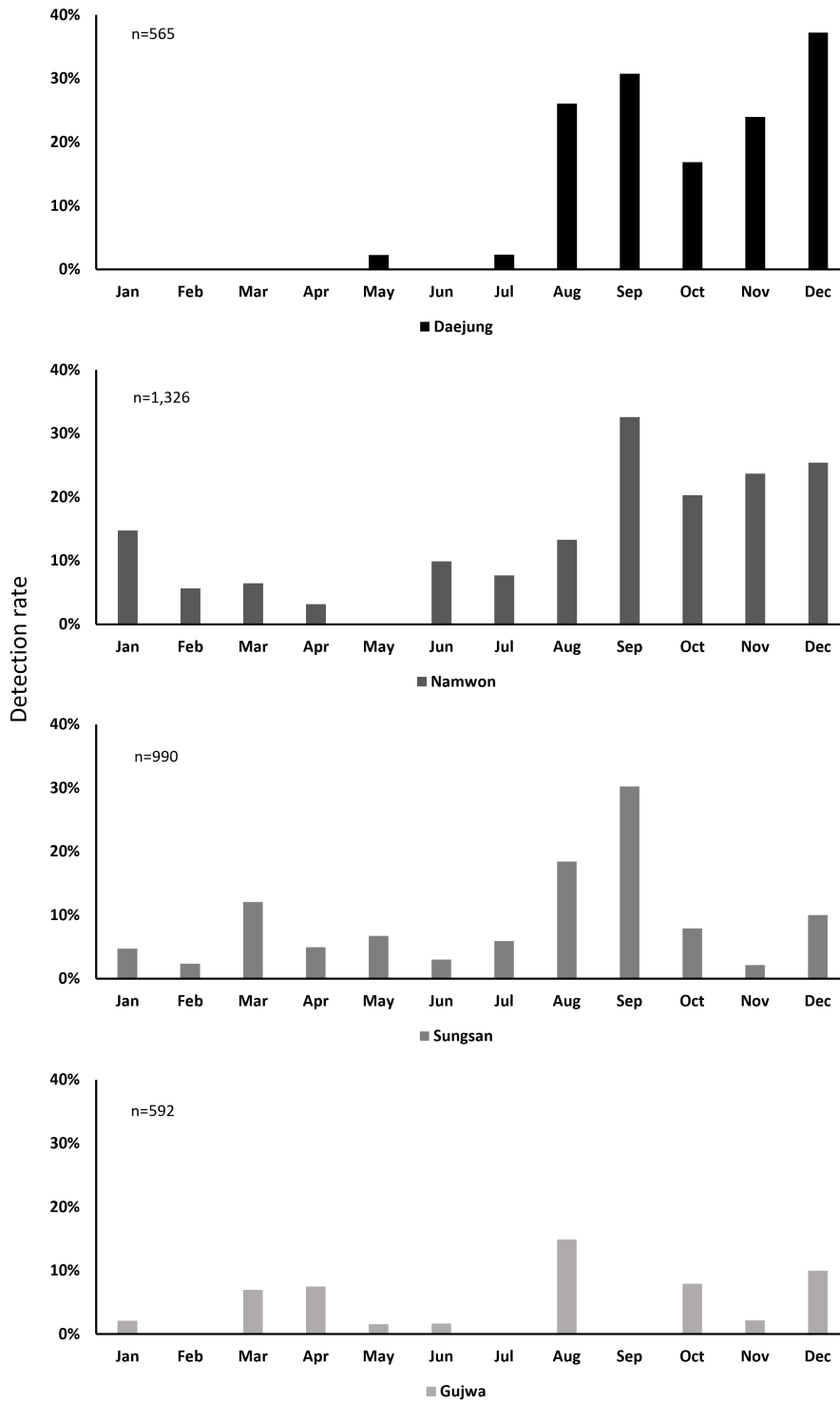


Fig. 14. Monthly *Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.

Scuticociliates detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2018

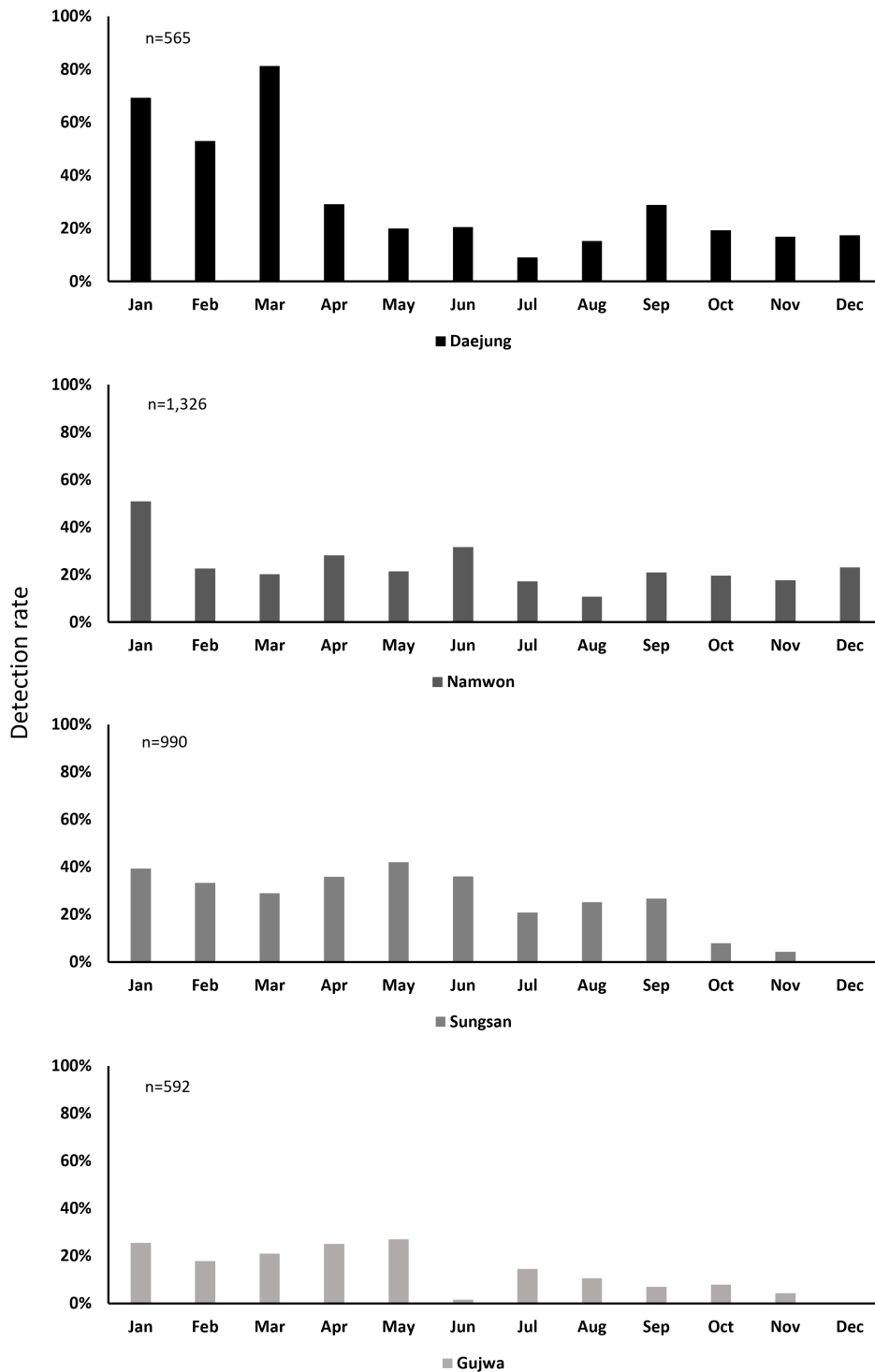


Fig. 15. Monthly scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2018.

2-2. 2019년 사육수온과 지역별 *S. parauberis*, *E. piscicida*, Scuticociliate 검출의 상관관계

2019년 지역별 평균 사육수온에서 자연해수 100%를 사용하는 대정지역이 고수온기에 특이적으로 높은 수온을 나타냈다. 대정지역의 최고 평균수온은 8월, 9월의 23.8°C, 최저수온은 2월의 14.5°C 였다, 대정지역에 비하여 수온 변화폭이 매우 낮은 구좌지역의 최고 평균 수온은 8월에 19.2°C, 최저수온은 3월에 16.6°C 였다(Fig. 16).

2019년 제주도 4곳 지역의 양식 넙치에서 검출된 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.047$). *S. parauberis* 검출률은 9월, 3월, 8월 순으로 높았다. 남원지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *S. parauberis* 검출률은 8월, 7월, 6월 순으로 높았다. 성산지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과, 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *S. parauberis* 검출률은 7월, 8월, 6월 순으로 높았다. 구좌지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.095$). *S. parauberis* 검출률은 3월, 4월, 8월 순으로 높았다(Table 4, Fig. 17).

E. piscicida 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 수온과 *E. piscicida* 검출률이 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *E. piscicida* 검출률은 8월, 9월, 10월 순으로 높았다. 남원지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.166$). *E. piscicida* 검출률은 11월, 2월, 1월 순으로 높았다. 성산지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.483$). *E. piscicida* 검출률은 1월, 2월, 3월 순으로 높은 검출률을 보였다. 구좌지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.102$). *E. piscicida* 검출률은 11월, 12월, 10월 순으로 높았다(Table 4, Fig. 18).

Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.570$). Scuticociliate 검출률은 6월, 5월, 2월 순으로 높았다. 남원지역은 Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계

를 보였다($r=-0.058$). Scuticociliate 검출률은 11월, 2월, 3월 순으로 높았다. 성산 지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=-0.292$). Scuticociliate 검출률은 10월, 7월, 5월 순으로 높았다. 구좌지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.349$). Scuticociliate 검출률은 10월, 11월, 12월 순으로 높았다(Table 4, Fig. 19).

2019년 결과 또한 2018년 결과와 마찬가지로 100% 자연해수를 사용하여 수온 변화폭이 큰 대정지역의 병원체 검출률이 높게 나타났고, 지하해수 사용 비율이 높아 수온 변화폭이 적은 구좌지역에서는 병원체 검출률이 비교적 매우 낮은 것을 확인하였다.

Table 4. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2019 (*:p-value(<0.05) no significant)

Region	<i>S. parauberis</i>	<i>E. piscicida</i>	Scuticociliate
Daejung	-0.047	0.662*	-0.570
Namwon	0.711*	-0.166	-0.058
Sungsan	0.806*	-0.483	0.292
Gujwa	0.095	0.102	0.349

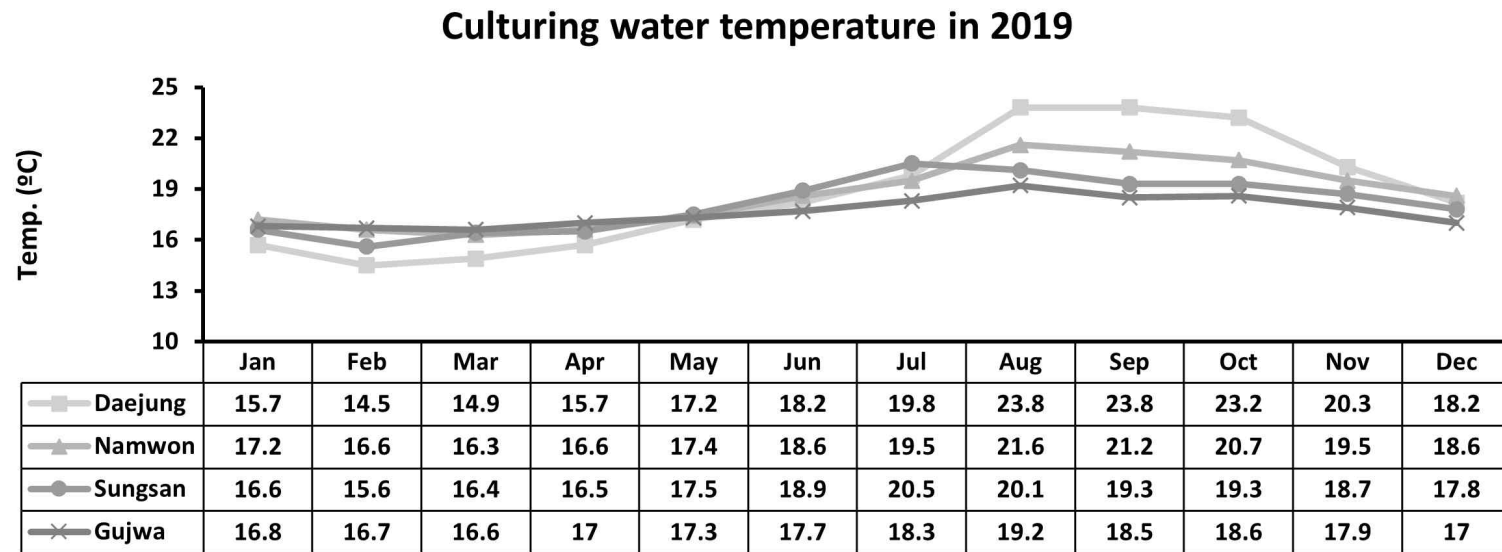


Fig. 16. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2019.

***Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2019**

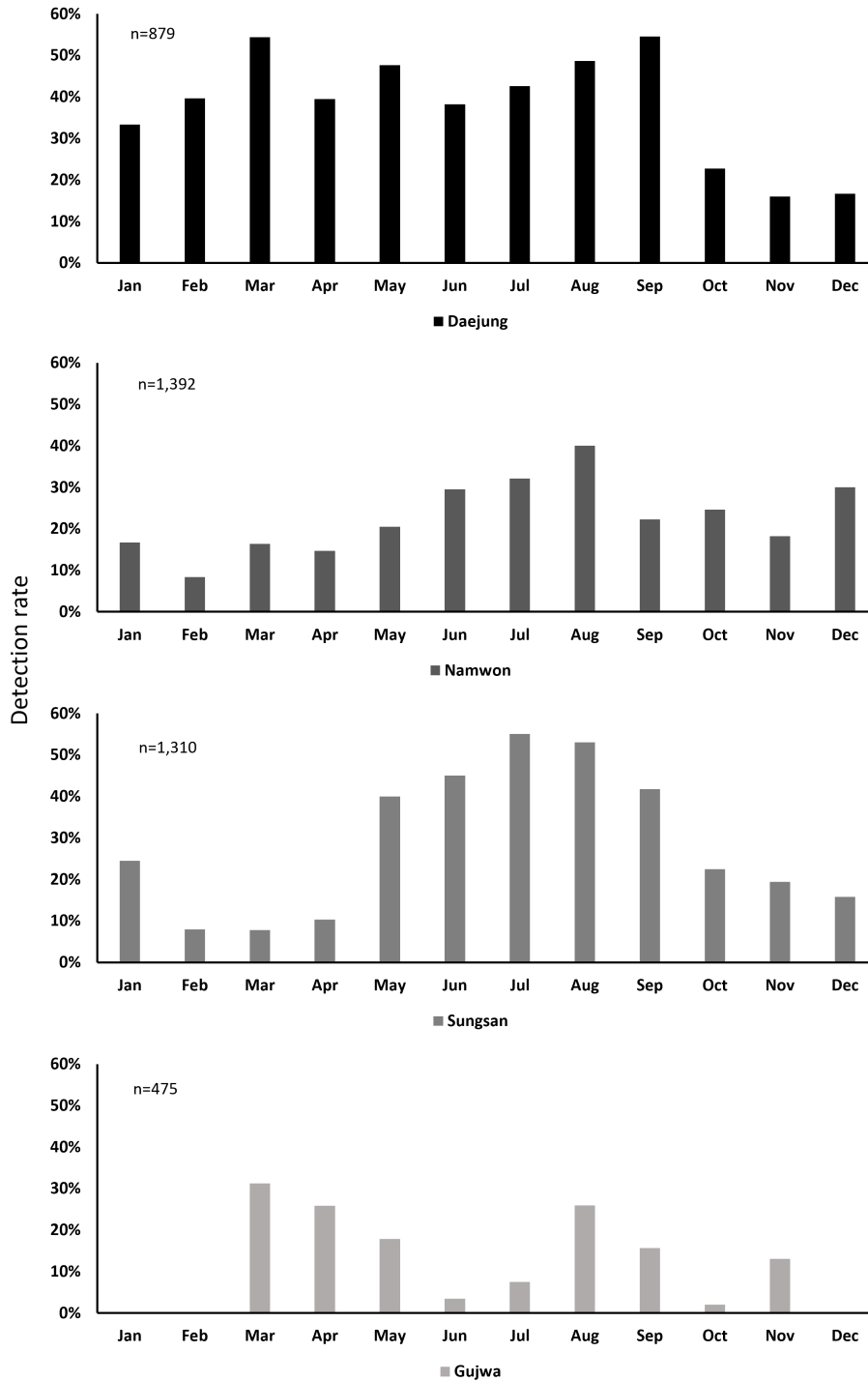


Fig. 17. Monthly *Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.

***Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2019**

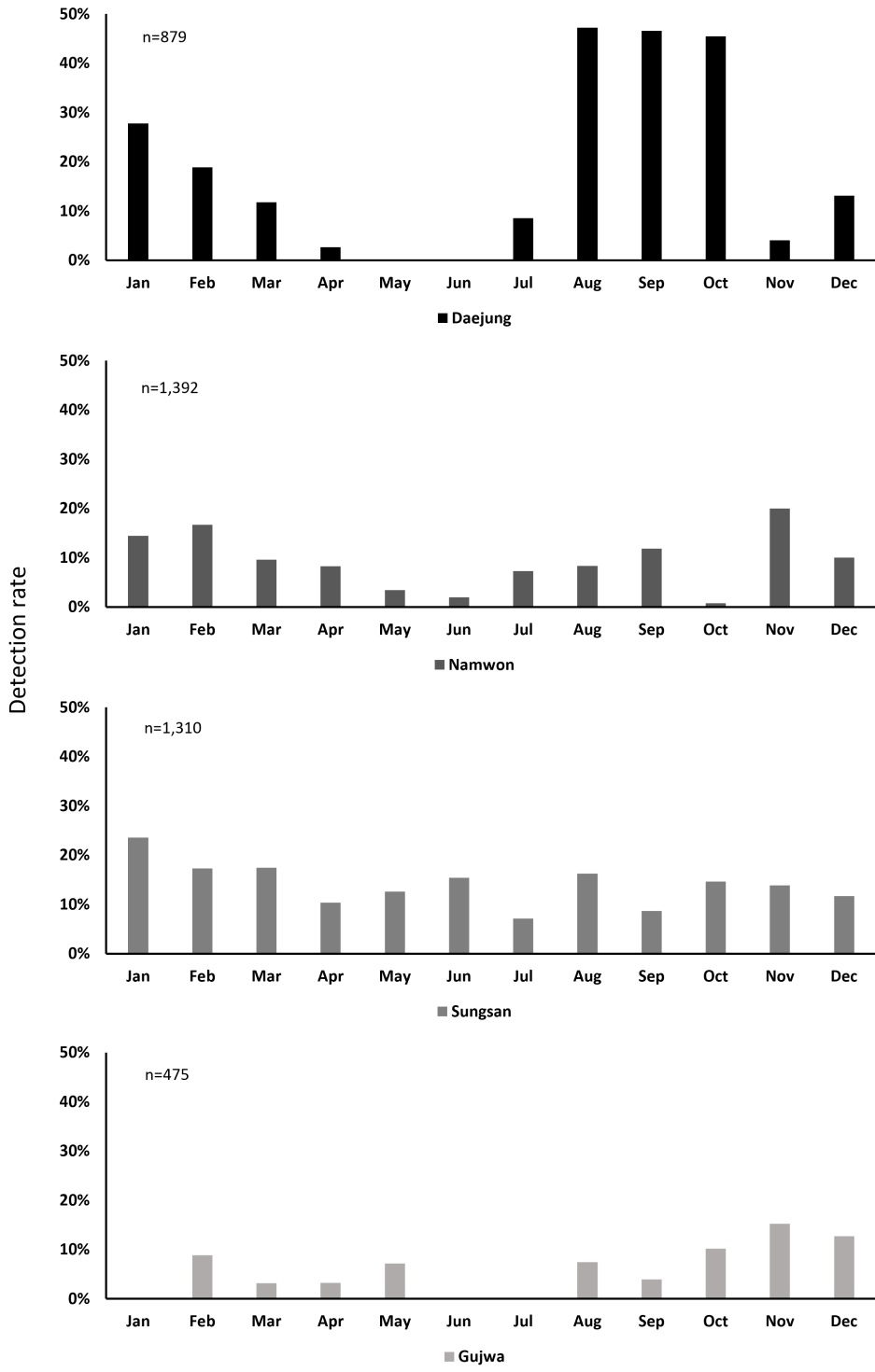


Fig. 18. Monthly *Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.

Scuticociliates detection rate of olive flounder raised
in Jeju fish farm during 2019

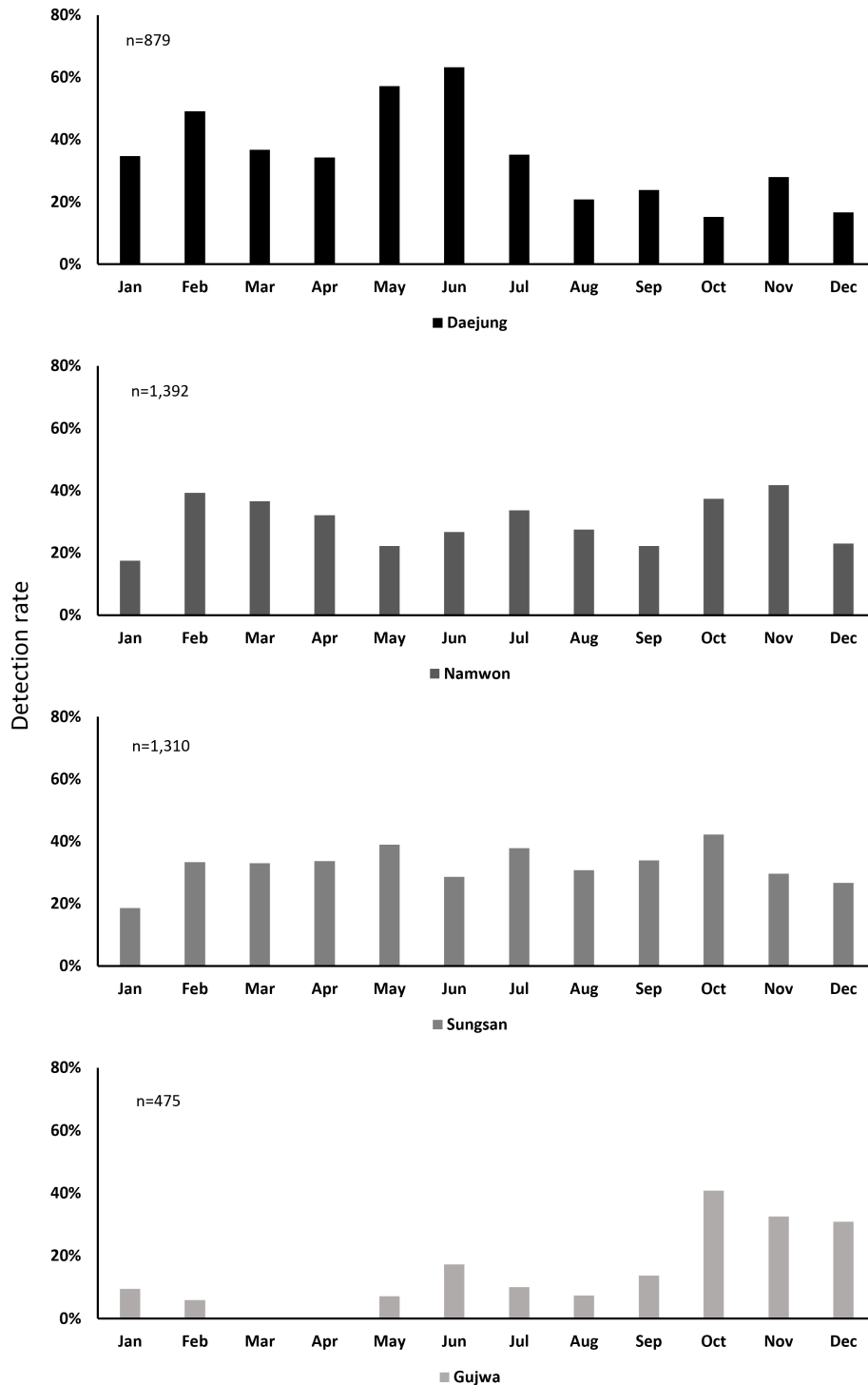


Fig. 19. Monthly scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2019.

2-3. 2020년 사육수온과 지역별 *S. parauberis*, *E. piscicida*, Scuticociliate 검출의 상관관계

2020년 지역별 평균 사육수온에서 자연해수 100%를 사용하는 대정지역이 고수온기에 특이적으로 높은 수온을 나타냈다. 대정지역의 최고 평균수온은 8월의 23°C, 최저수온은 3월의 15.1°C 였다. 대정지역에 비하여 수온 변화폭이 매우 낮은 구좌지역의 최고 평균 수온은 8월에 19°C, 최저수온은 2월에 16.1°C 였다(Fig. 20).

2020년 제주도 4곳 지역의 양식 넙치에서 검출된 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 대정지역은 양의 상관관계를 보였다($r=0.399$). *S. parauberis* 검출률은 8월, 2월, 6월 순으로 높았다. 남원지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.313$). *S. parauberis* 검출률은 8월, 1월, 5월 순으로 높았다. 성산지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.365$). *S. parauberis* 검출률은 11월, 2월, 4월 순으로 높았다. 구좌지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.526$). *S. parauberis* 검출률은 10월, 11월, 9월 순으로 높았다(Table 5, Fig. 21).

E. piscicida 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 대정지역은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.010$). *E. piscicida* 검출률은 12월, 3월, 9월 순으로 높았다. 남원지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.320$). *E. piscicida* 검출률은 2월, 3월, 9월 순으로 높았다. 성산지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.363$). *E. piscicida* 검출률은 2월, 1월, 7월 순으로 높았다. 구좌지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 음의 상관관계를 보였다($r=-0.339$). *E. piscicida* 검출률은 1월, 2월, 3월 순으로 높았다(Table 5, Fig. 22).

Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 대정지역은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.097$). Scuticociliate 검출률은 12월, 3월, 9월 순으로 높았다. 남원지역은 Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Scuticociliate 검출률은 2월, 3월, 9월 순으로 높았다. 성산

지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Scuticociliate 검출률은 2월, 1월, 7월 순으로 높았다. 구좌지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석 결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.488$). Scuticociliate 검출률은 1월, 2월, 3월 순으로 높았다(Table 5, Fig. 23).

2020년 결과에서는 특이적으로 검출률이 적었던 *E. piscicida* 검출률을 제외하고 100% 자연해수를 사용하여 수온 변화폭이 큰 대정지역의 병원체 검출률이 높게 나타났고, 지하해수 사용 비율이 높아 수온 변화폭이 적은 구좌지역에서는 병원체 검출률이 비교적 매우 낮은 것을 확인하였다.

Table 5. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2020 (*:p-value(<0.05) no significant)

Region	<i>S. parauberis</i>	<i>E. piscicida</i>	Scuticociliate
Daejung	0.399	-0.010	-0.097
Namwon	0.313	-0.320	0.726*
Sungsan	-0.365	-0.363	0.605*
Gujwa	0.526	-0.339	0.488

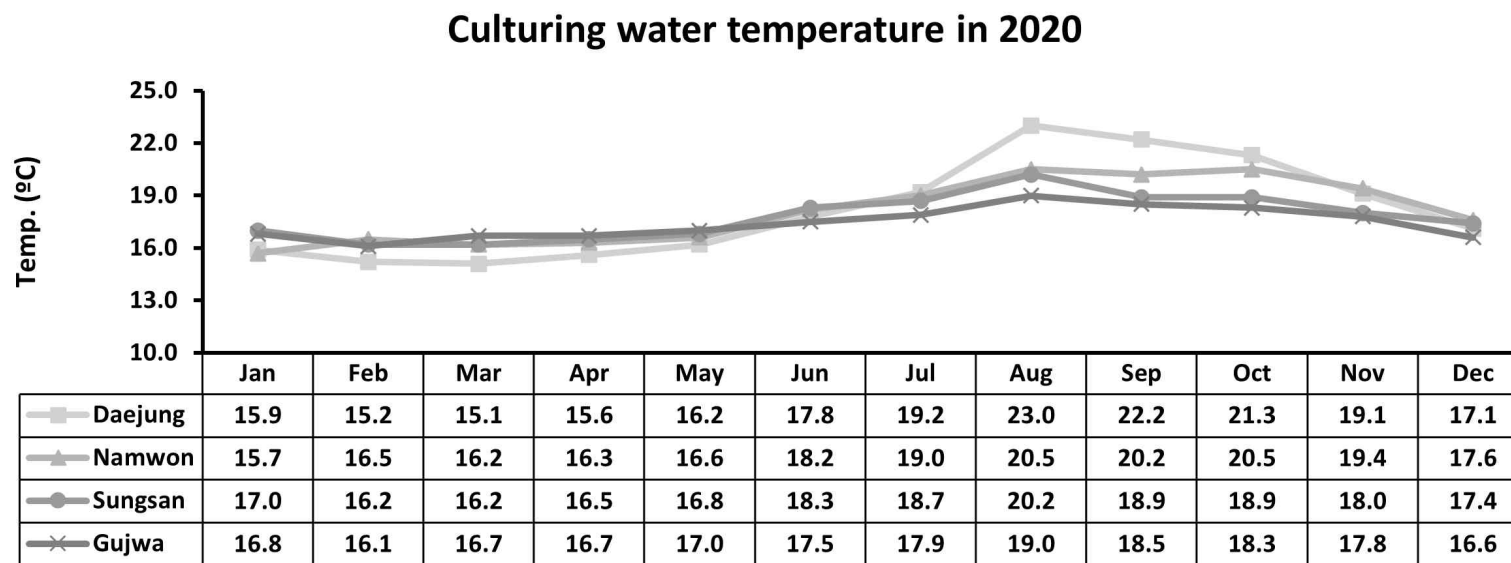


Fig. 20. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2020.

***Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2020**

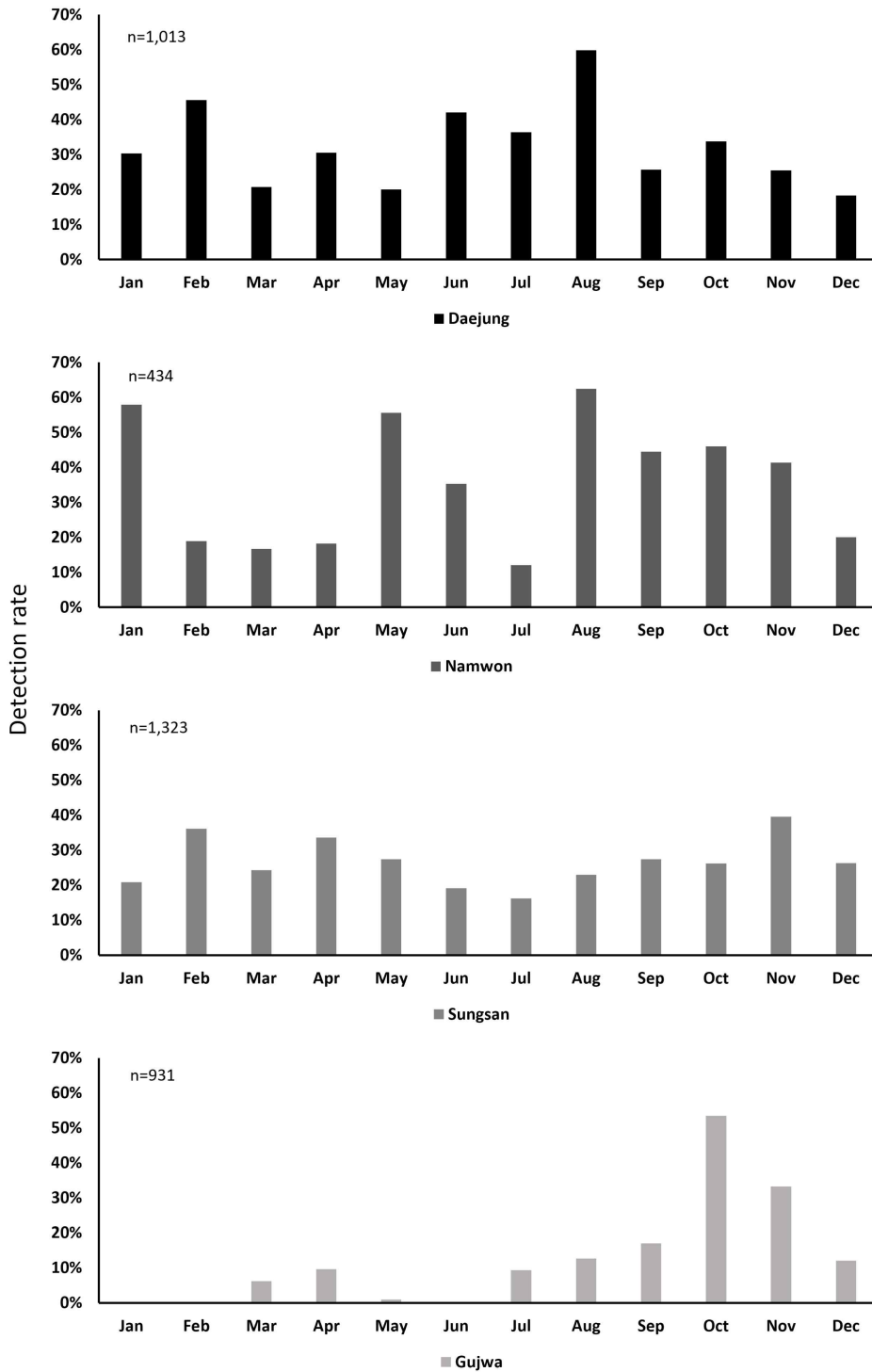


Fig. 21. Monthly *Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.

***Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2020**

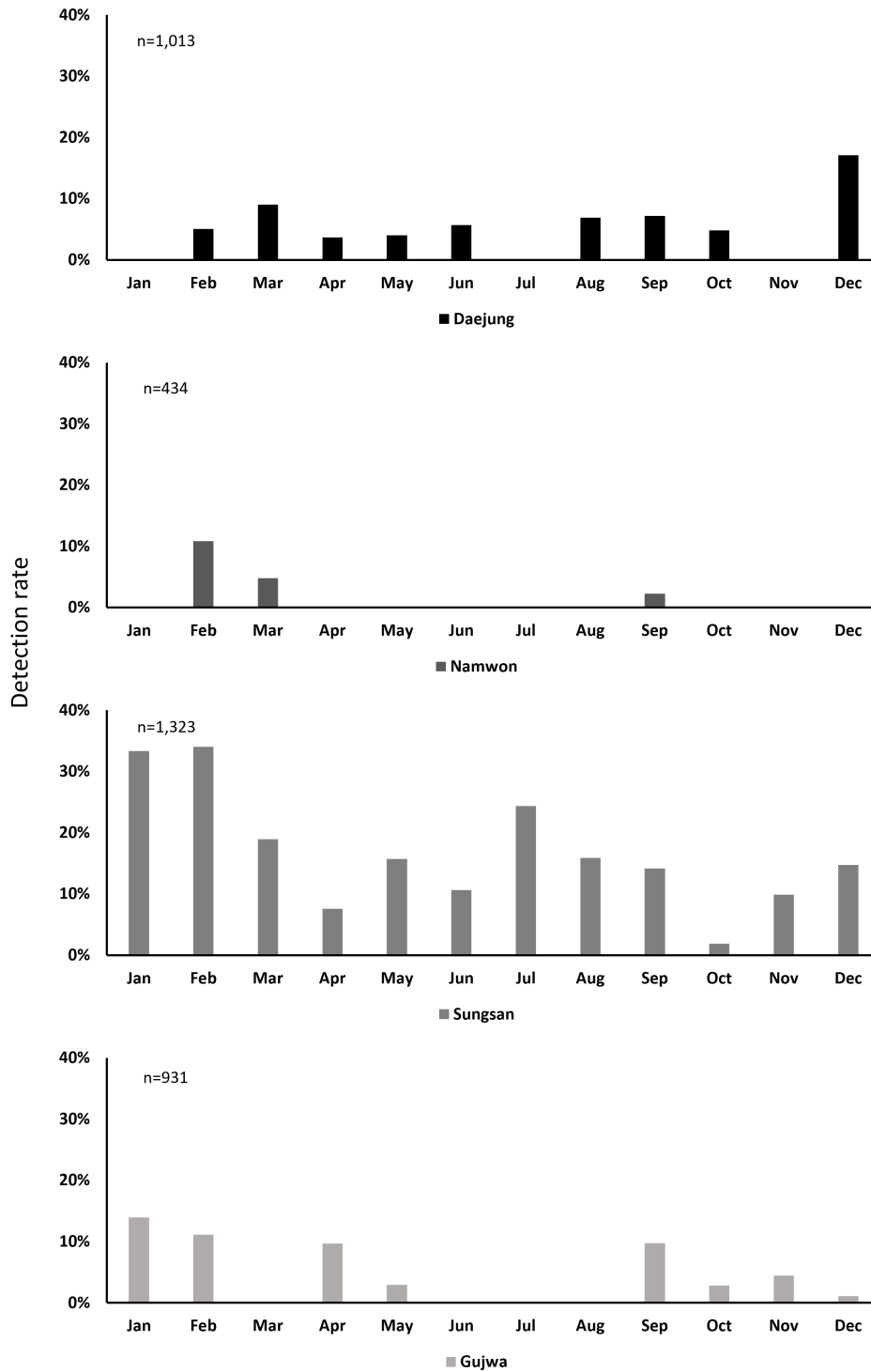


Fig. 22. Monthly *Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.

Scuticociliates detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2020

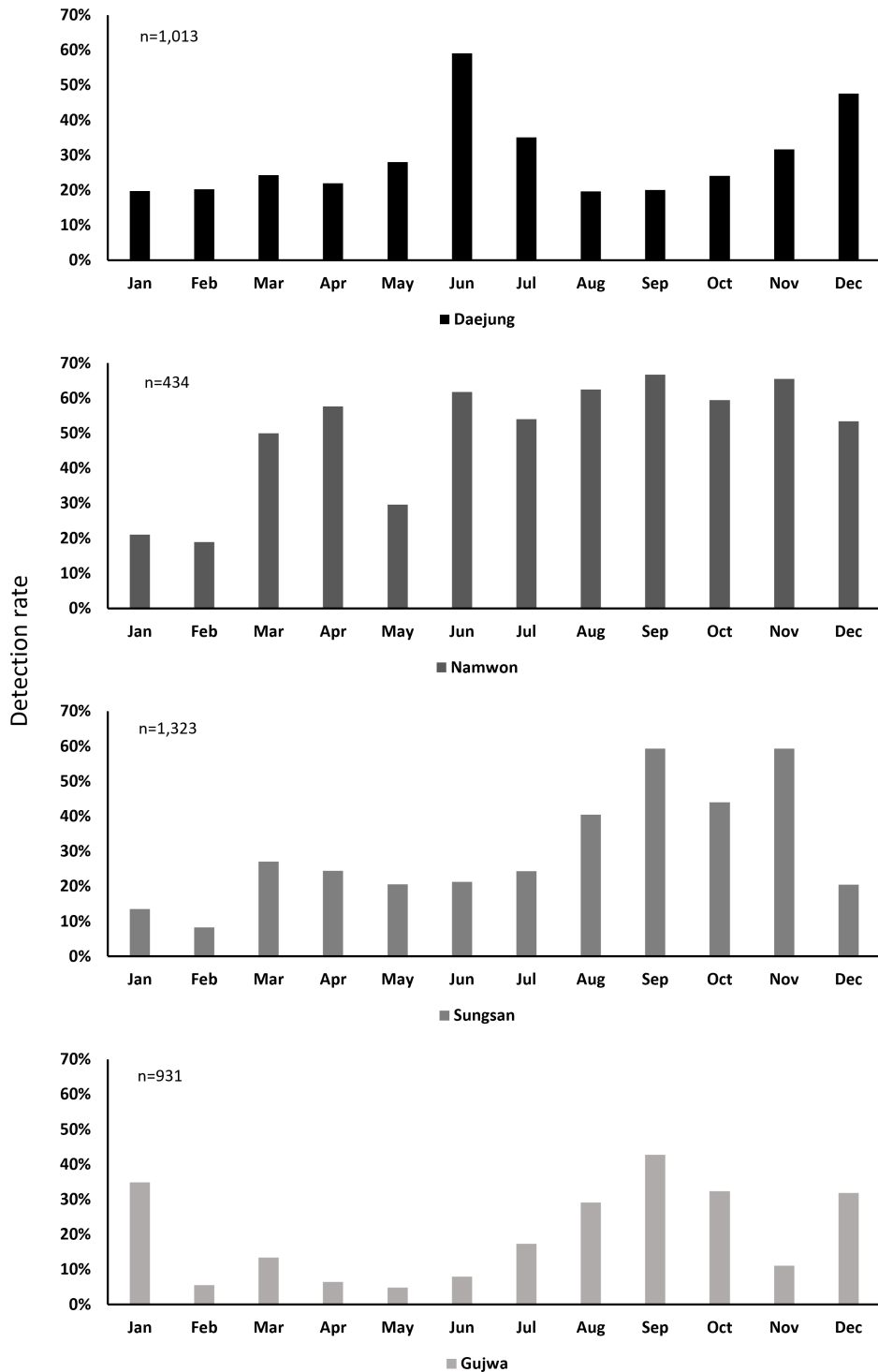


Fig. 23. Monthly scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2020.

2-4. 2021년 사육수온과 지역별 *S. parauberis*, *E. piscicida*, Scuticociliate 검출의 상관관계

2021년 지역별 평균 사육수온에서 자연해수 100%를 사용하는 대정지역이 고수온기에 특이적으로 높은 수온을 나타냈다. 대정지역의 최고 평균수온은 9월의 25°C, 최저수온은 3월의 15.1°C 였다. 대정지역에 비하여 수온 변화폭이 매우 낮은 구좌지역의 최고 평균 수온은 8월에 19.7°C, 최저수온은 2월에 16.1°C 였다 (Fig. 24).

2021년 제주도 4곳 지역의 양식 넙치에서 검출된 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.473$). *S. parauberis* 검출률은 5월, 6월, 3월 순으로 높았다. 남원지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *S. parauberis* 검출률은 9월, 1월, 10월 순으로 높았다. 성산지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.051$). *S. parauberis* 검출률은 3월, 4월, 7월 순으로 높았다. 구좌지역은 *S. parauberis* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. *S. parauberis* 검출률은 9월, 7월, 8월 순으로 높았다(Table 6, Fig. 25).

E. piscicida 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 양의 상관관계를 보였다($r=0.429$). *E. piscicida* 검출률은 11월, 10월, 5월 순으로 높았다. 남원지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.440$). *E. piscicida* 검출률은 9월, 1월, 10월 순으로 높았다. 성산지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.548$). *E. piscicida* 검출률은 11월, 8월, 9월 순으로 높았다. 구좌지역은 *E. piscicida* 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.199$). *E. piscicida* 검출률은 11월, 8월, 12월 순으로 높았다(Table 6, Fig. 26).

Scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 대정지역은 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Scuticociliate 검출률은 12월, 11월, 2월 순으로 높았다. 남원지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 음의 상관관계

를 보였다($r=-0.126$). Scuticociliate 검출률은 4월, 3월, 5월 순으로 높았다. 성산 지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Scuticociliate 검출률은 5월, 3월, 4월 순으로 높았다. 구좌지역은 scuticociliate 검출률과 사육수온의 상관관계 분석결과 양의 상관관계를 보였다($r=0.282$). Scuticociliate 검출률은 8월, 4월, 9월 순으로 높았다(Table 6, Fig. 27).

2021년 결과에서도 2018년, 2019년, 2020년 결과와 마찬가지로 100% 자연해수를 사용하여 수온 변화폭이 큰 대정지역의 병원체 검출률이 높게 나타났고, 지하해수 사용 비율이 높아 수온 변화폭이 적은 구좌지역에서는 병원체 검출률이 비교적 매우 낮은 것을 확인하였다.

Table 6. Pearson's correlation estimation culturing water temperature with pathogen detection rate in 2021 (*:p-value(<0.05) no significant)

Region	<i>S. parauberis</i>	<i>E. piscicida</i>	Scuticociliate
Daejung	-0.473	0.429	-0.593
Namwon	0.577*	0.440	-0.126
Sungsan	0.051	0.548	-0.713*
Gujwa	0.649*	0.199	0.282

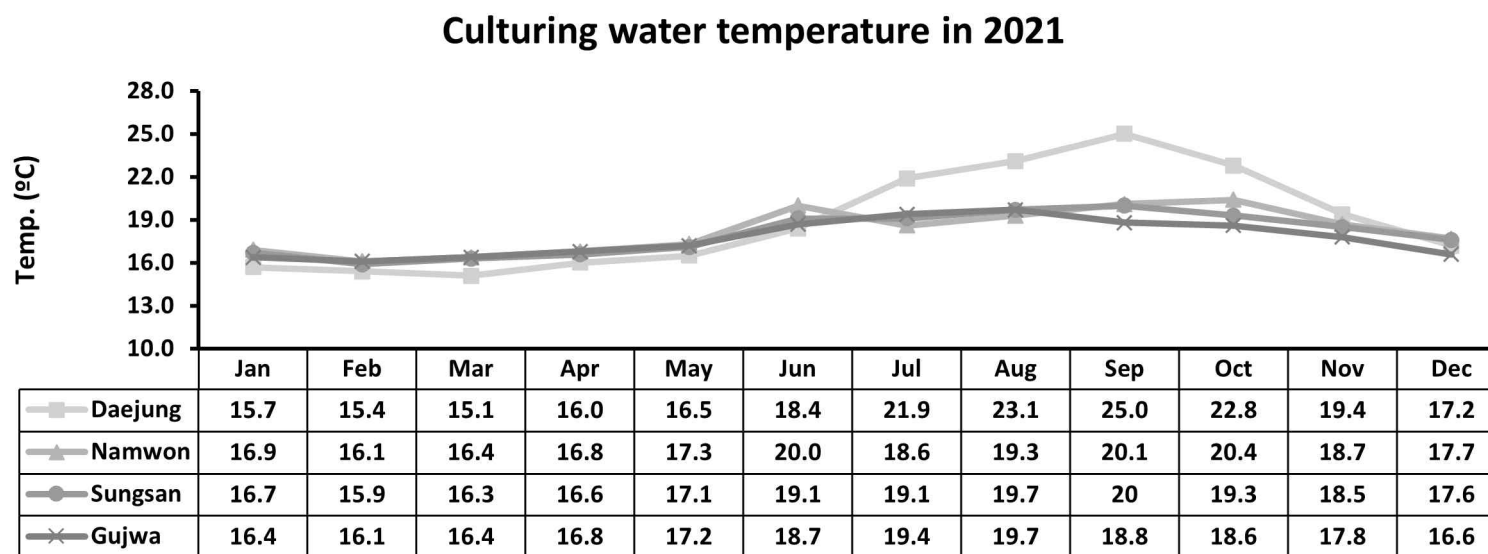


Fig. 24. Monthly average culturing water temperature of Daejung, Namwon, Sungan, Gujwa in 2021.

***Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2021**

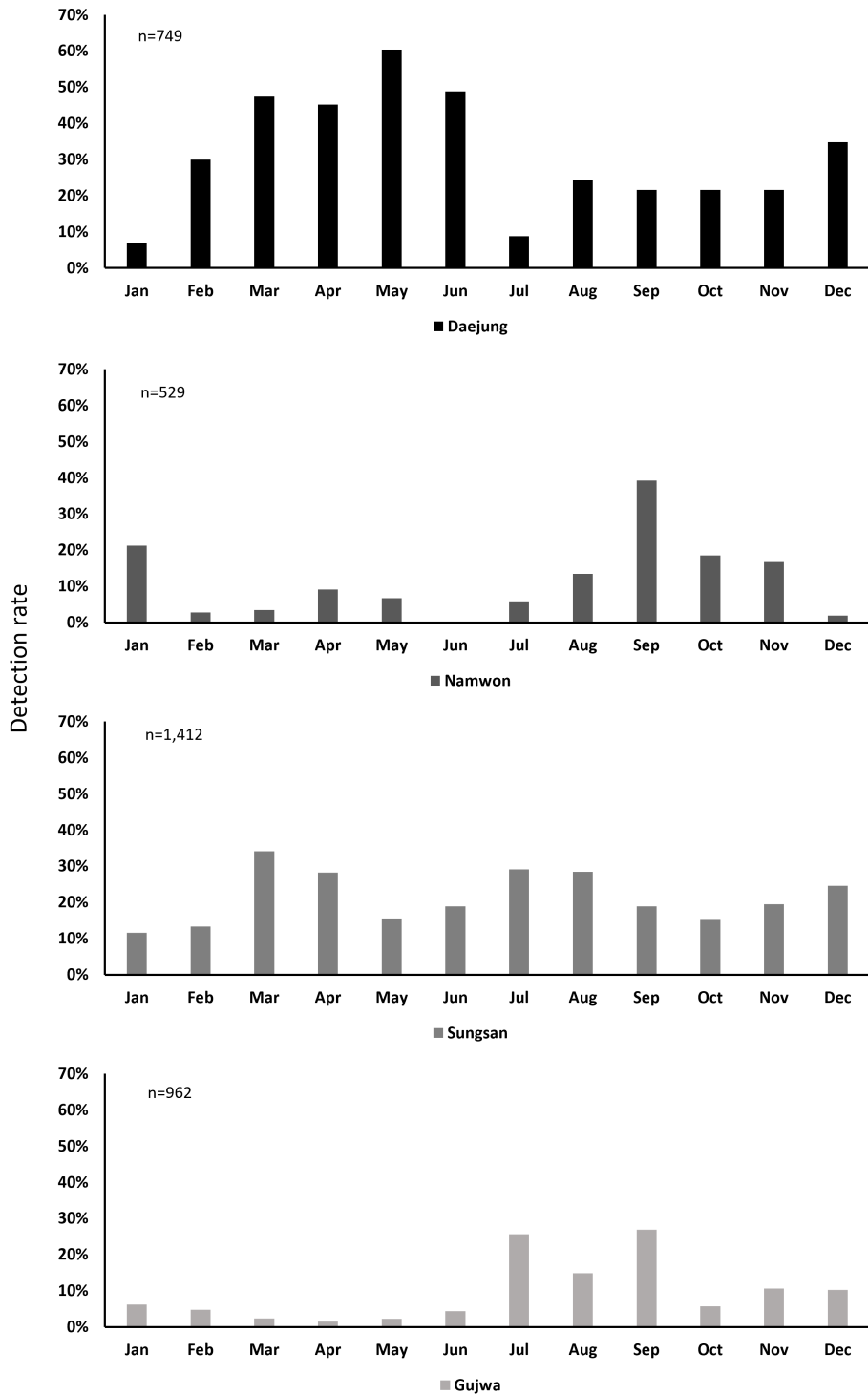


Fig. 25. Monthly *Streptococcus parauberis* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.

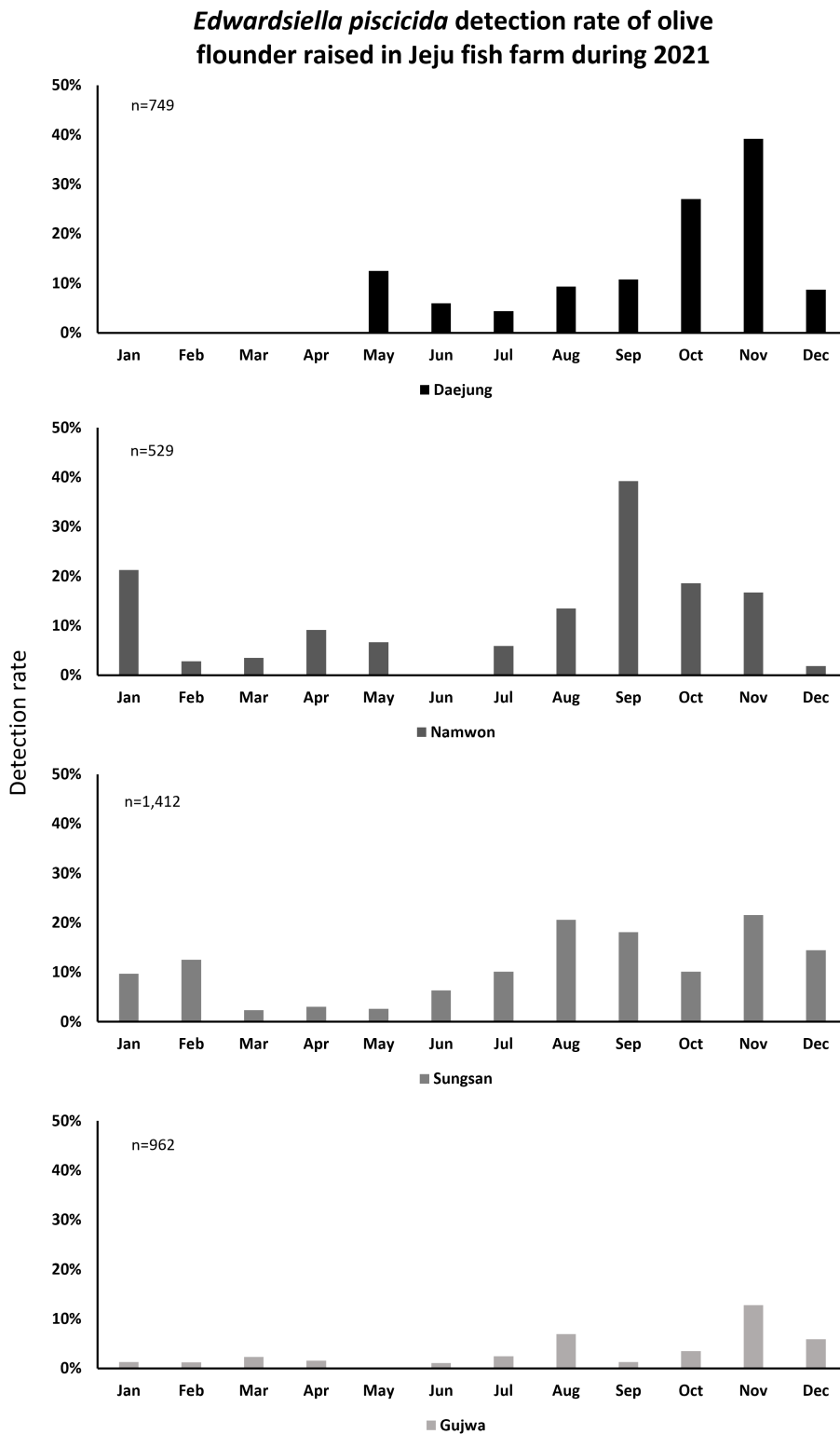


Fig. 26. Monthly *Edwardsiella piscicida* detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.

Scuticociliates detection rate of olive flounder raised in Jeju fish farm during 2021

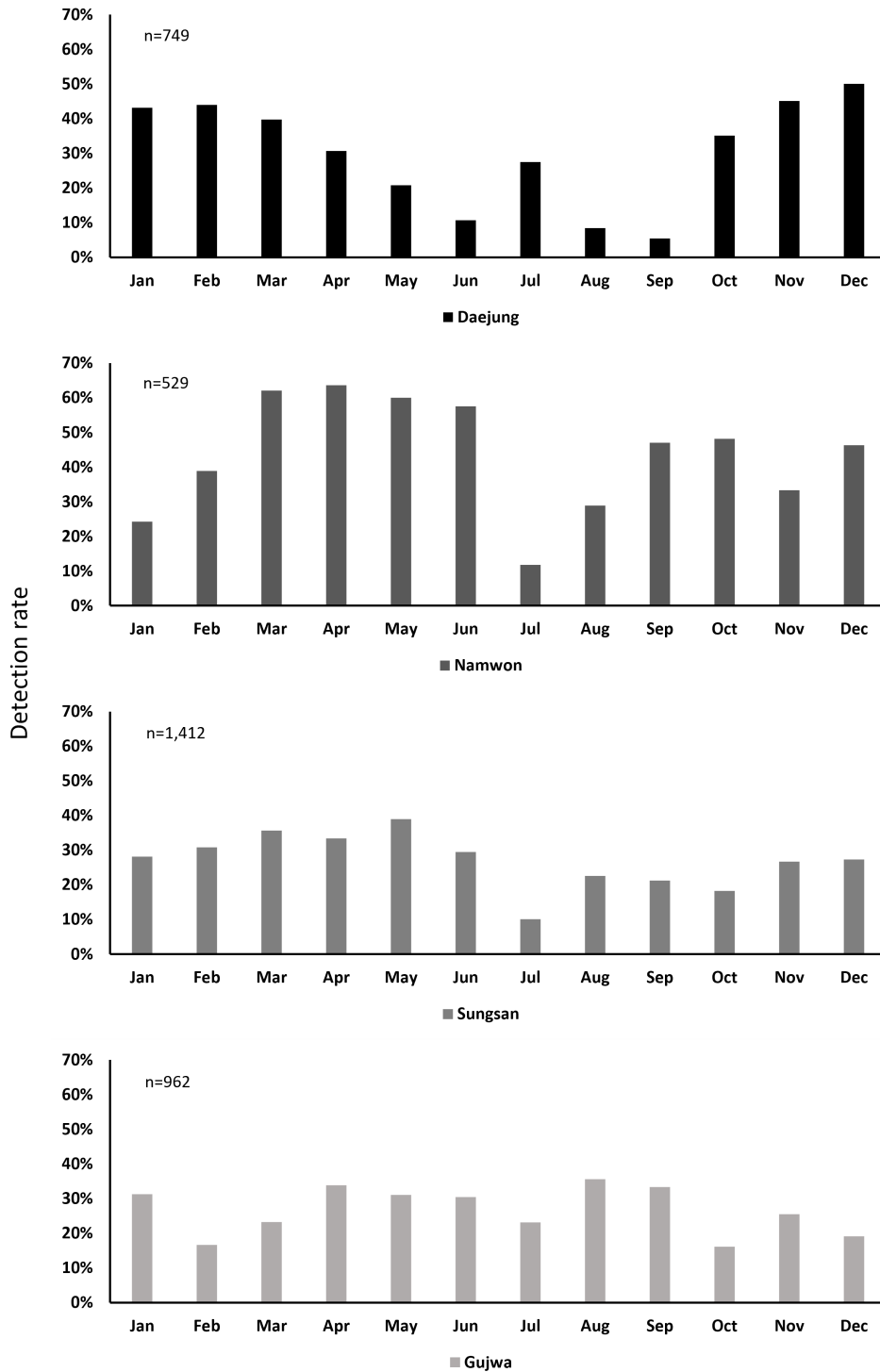


Fig. 27. Monthly Scuticociliate detection rate of olive flounder cultured at Daejung, Namwon, Sungsan, Gujwa in 2021.

3. 지역별 수온과 검출률 비교

3-1. 대정지역

대정지역의 2018년부터 2021년까지 평균 사육수온과 병원체별 검출률을 회귀분석한 결과 2020년의 수온 변화폭이 2018년, 2019년, 2021년에 비하여 완만하였으나, 연도별 경향성에 유의미한 차이가 없는 것으로 확인하였다. 대정지역의 *S. parauberis* 검출률을 회귀분석한 결과 연간 검출률 중 2018년 검출이 1월, 3월, 7월에 없었고, 양의 경향임을 확인하였다. 2019년, 2020년, 2021년 검출률이 2018년 검출률 보다 매우 높았고, 1월부터 12월까지 연중 검출되었으나 월별 검출률은 기온기가 작은 음의 경향임을 확인하였다. *E. piscicida* 검출률이 높은 시기는 연도별로 차이가 있으나 8월~12월에 검출률이 높은 것을 확인하였다. 2019년의 검출률이 가장 높았고, 2020년의 검출률이 가장 낮은 것으로 확인하였다. Scuticociliate는 연중 검출되었으며, 2018년과 2019년의 검출률은 유사한 경향임을 확인하였고, 2020년과 2021년이 유사한 경향임을 확인하였다. 각 연도별 검출률에 차이가 있으나 8월~10월의 검출률이 다른 시기에 비하여 낮은 것을 확인하였다(Figs. 28, 29).

Average culturing water temperature in Daejung

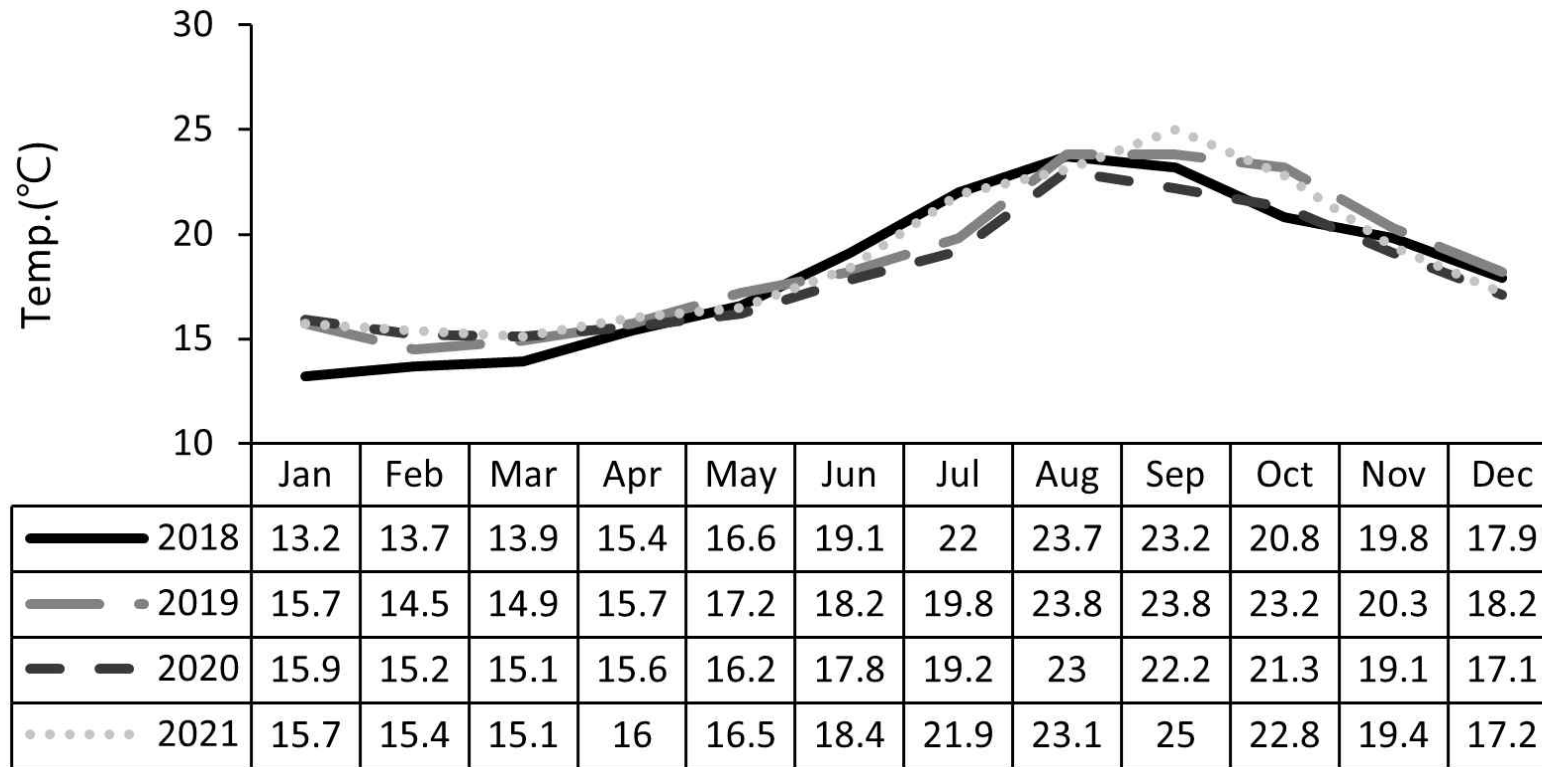


Fig. 28. Monthly average culturing water temperature in Daejung fish farms during 2018~2021.

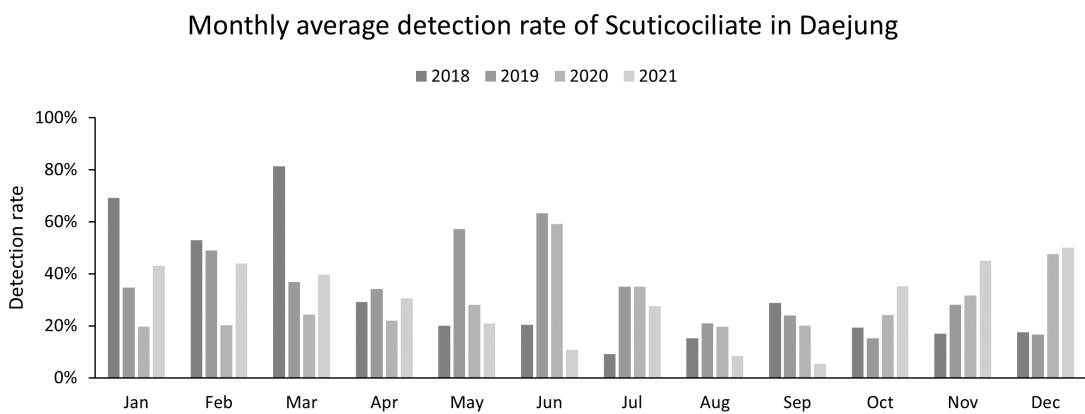
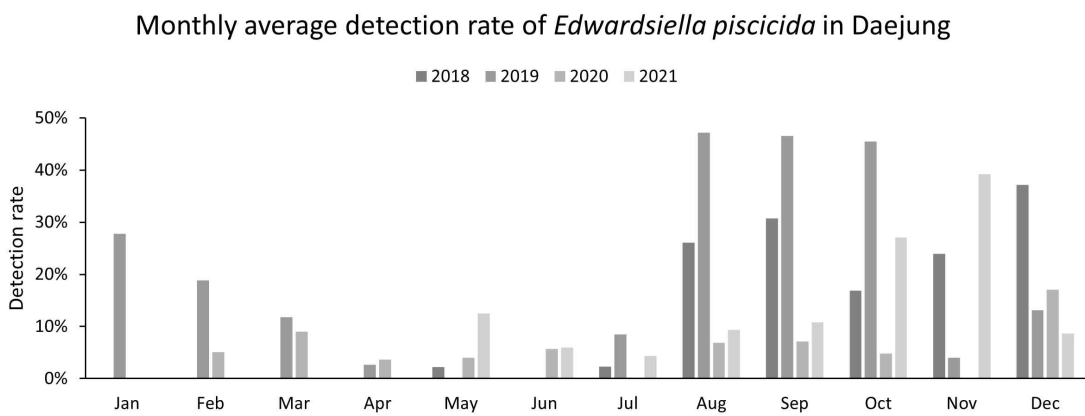
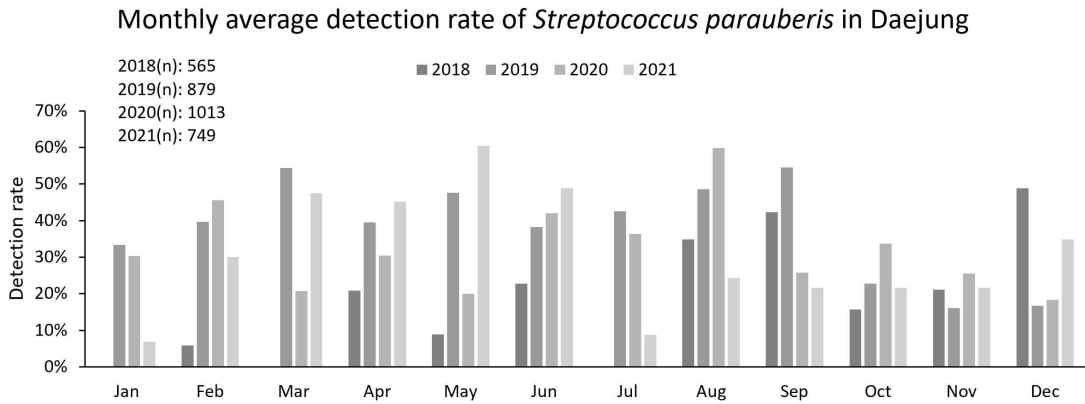


Fig. 29. Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder in Daejung.

3-2. 남원지역

남원지역의 2018년부터 2021년까지 평균 사육수온과 병원체별 검출률 차이를 분석한 결과 연도별 경향성에 유의미한 차이가 없는 것으로 확인했다. 남원지역의 *S. parauberis* 검출률을 회귀분석한 결과 연간 검출률 중 2018년 검출률이 음의 경향임을 확인하였고, 2019년, 2020년 2021년은 양의 경향성을 보이는 것을 확인하였다. 이 결과는 남원지역의 *S. parauberis* 검출률이 2018년에 음의 경향성을 가지는 다른 요인이 있음을 예상할 수 있다. *E. piscicida*의 검출률을 회귀분석한 결과 2018년, 2019년, 2021년에는 양의 경향임을 확인하였고 이는 수온의 상승과 *E. piscicida*의 검출률이 관련이 있는 것으로 보이며, 2020년에는 음의 경향인 것을 확인하였다. 2020년에는 특이적으로 *E. piscicida* 검출이 2월, 3월, 9월에 각각 11%, 5%, 2% 였고, 그 외 다른 월에는 검출이 없었다. Scuticociliate는 연중 검출되었으며, 회귀분석 결과 경향성에 유의미한 차이가 없음을 확인하였다(Figs. 30, 31).

Average culturing water temperature in Namwon

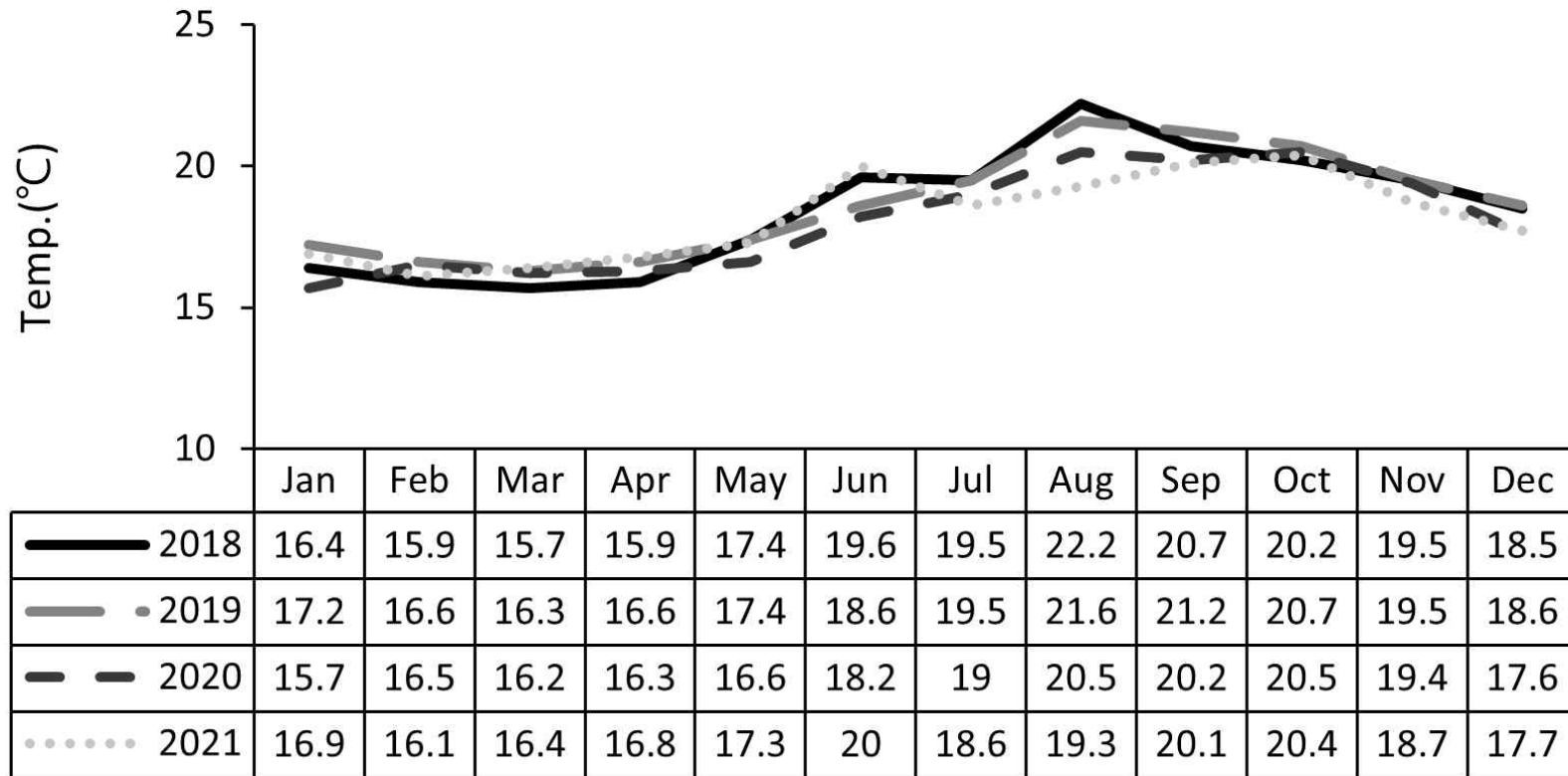
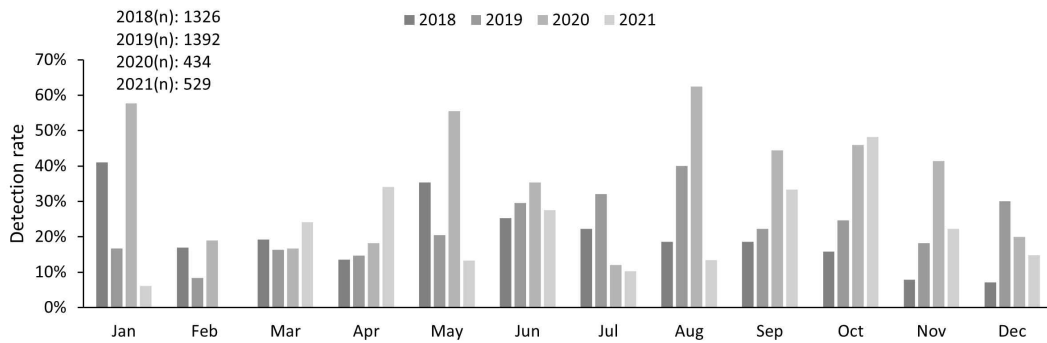
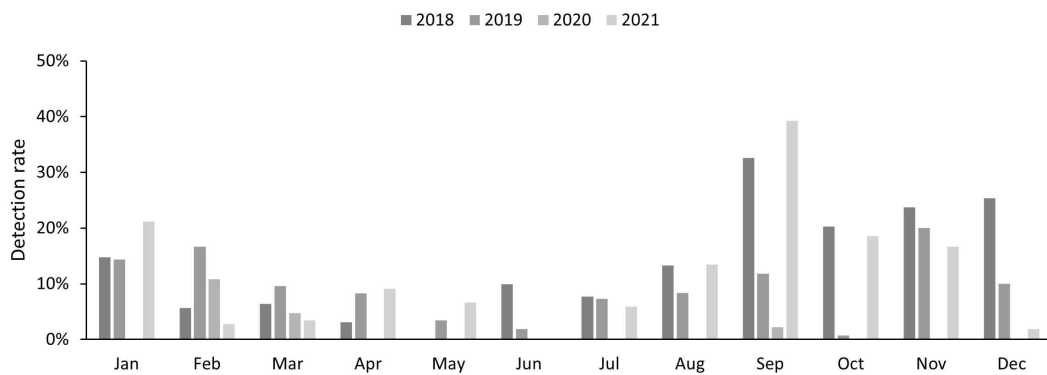


Fig. 30. Monthly average culturing water temperature in Namwon fish farms during 2018~2021.

Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis* in Namwon



Monthly average detection rate of *Edwardsiella piscicida* in Namwon



Monthly average detection rate of Scuticociliate in Namwon

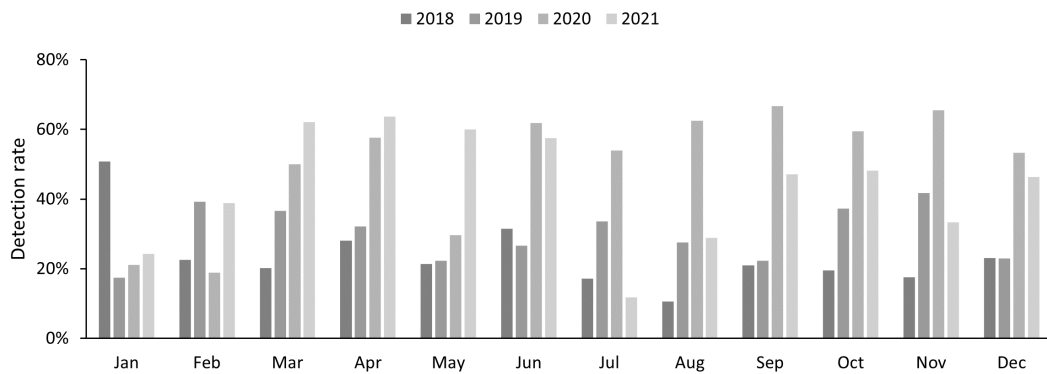


Fig. 31. Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder in Namwon.

3-3. 성산지역

성산지역의 2018년부터 2021년까지 평균 사육수온과 병원체별 검출률 차이를 분석한 결과 연도별 경향성에 유의미한 차이가 없는 것으로 확인했다. 성산지역의 *S. parauberis* 검출률을 회귀분석한 결과 연간 검출률의 경향성이 모두 양의 경향성임을 확인하였다. 성산지역에서 *E. piscicida*는 연중 검출되었으나 검출률을 회귀분석한 결과 경향성에 유의미한 차이가 없음을 확인하였으며, scuticiliate 검출률 또한 연중 검출되었으나 경향성에 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 이 결과를 통해 성산지역의 *S. parauberis* 검출률은 수온 상승과 관련이 있는 것을 확인하였으며, *E. piscicida*와 scuticiliate 검출률은 수온의 상승이나 하강보다 다른 요인에 의해 검출률이 영향을 받는 것으로 보인다(Figs. 32, 33).

Average culturing water temperature in Sungsan

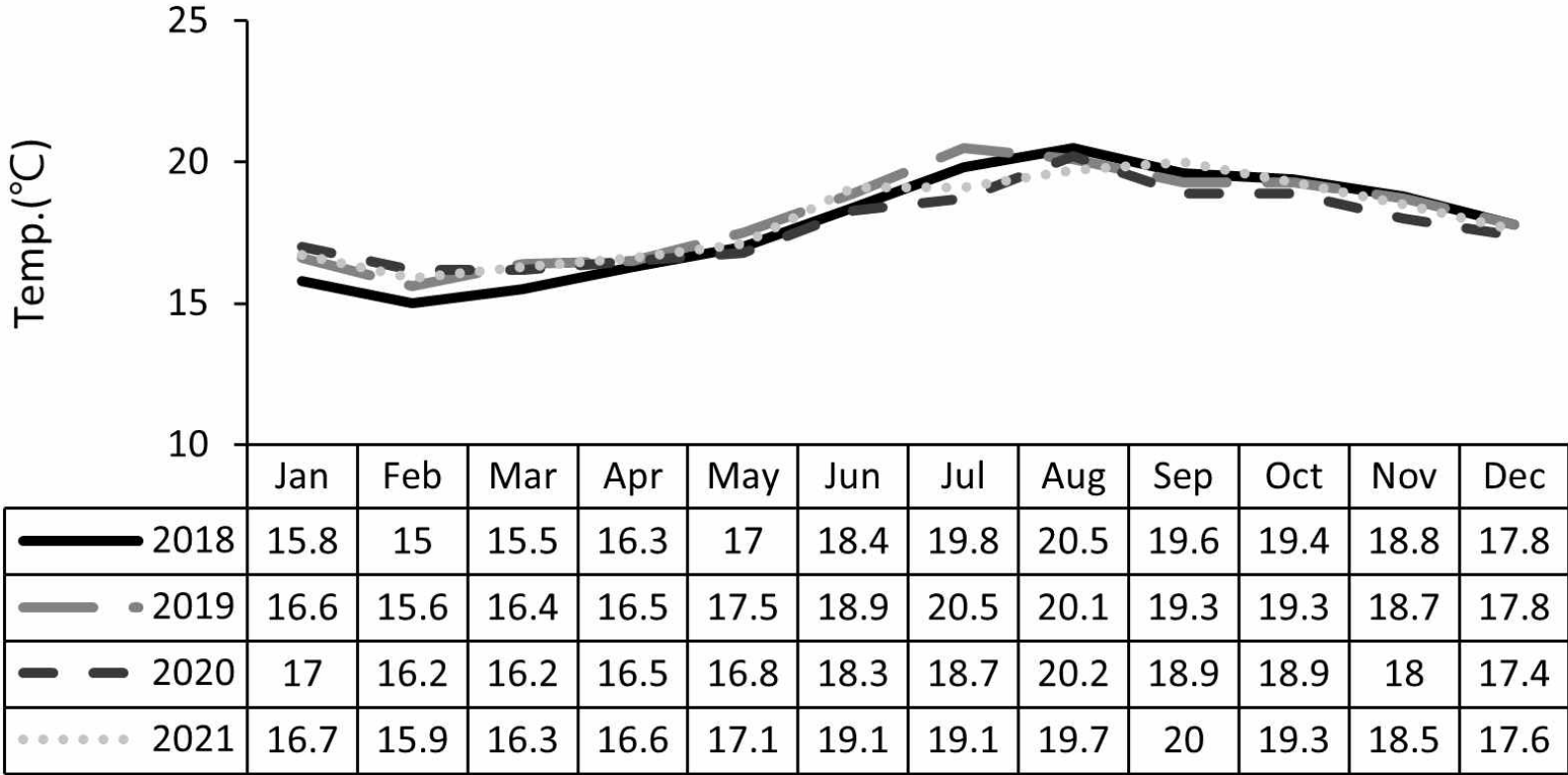
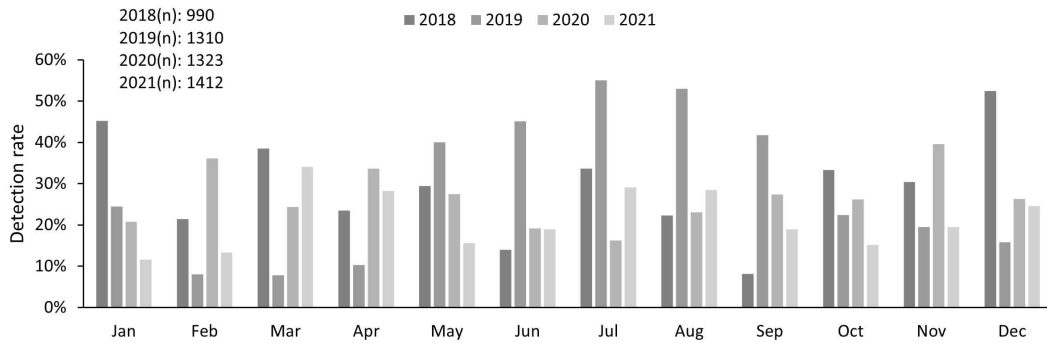
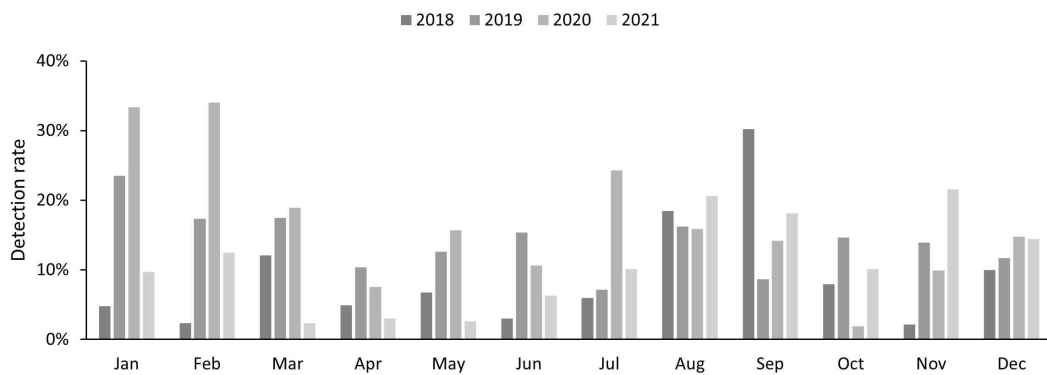


Fig. 32. Monthly average culturing water temperature in Sungsan fish farms during 2018~2021.

Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis* in Sungsan



Monthly average detection rate of *Edwardsiella piscicida* in Sungsan



Monthly average detection rate of Scuticociliate in Sungsan

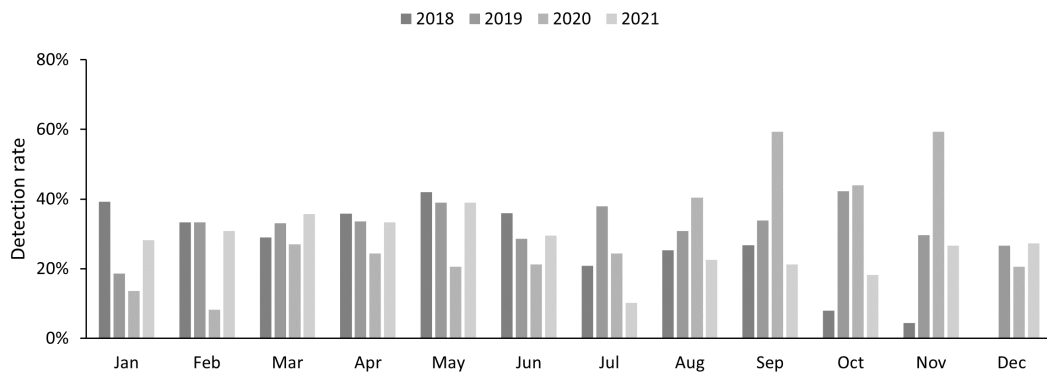


Fig. 33. Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder in Sungsan.

3-4. 구좌 지역

구좌지역의 2018년부터 2021년까지 평균 사육수온과 병원체별 검출률 차이를 분석한 결과 연도별 경향성에 유의미한 차이가 없는 것으로 확인했다. 구좌지역의 *S. parauberis* 검출률을 회귀분석한 결과 연간 검출률 중 2019년만 음의 경향성을 보였으며, 2018년, 2020년, 2021년은 양의 경향성임을 확인하였다. 구좌지역에서 *E. piscicida*는 6월, 7월 중 검출률이 매우 낮거나 없었으며, 회귀분석 결과 2020년만 음의 경향성을 보였으며, 2018년, 2019년, 2021년에는 양의 경향성임을 확인하였다. Scuticociliate 검출률 또한 연중 검출되었으나 경향성에 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 이 결과를 통해 *S. parauberis* 검출률은 수온의 상승과 관련이 있음을 확인하였으며, 구좌지역의 *E. piscicida* 검출률이 다른 지역에 비하여 매우 낮은 것을 확인하였다(Figs. 34, 35).

Average culturing water temperature in Gujwa

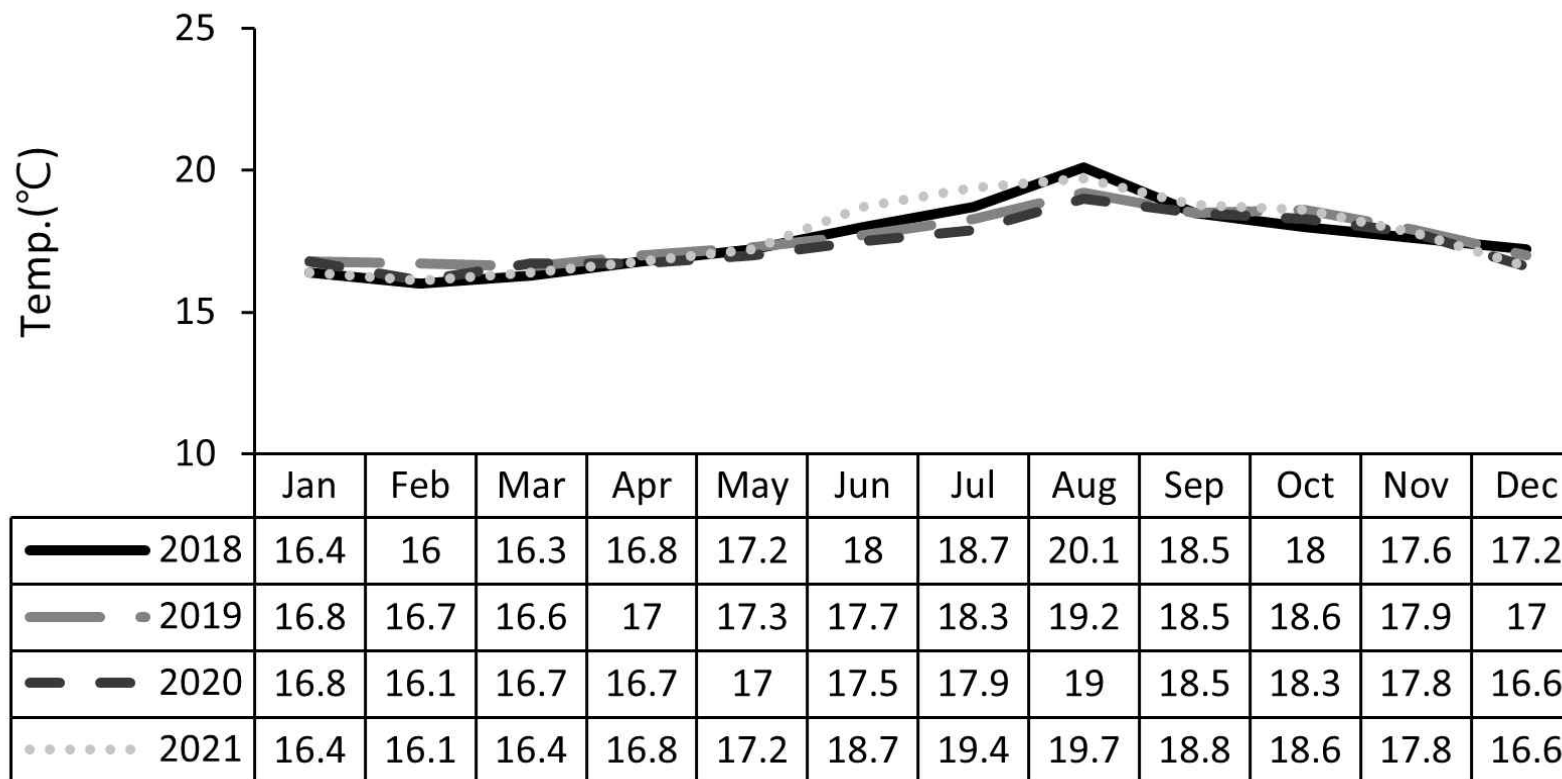


Fig. 34. Monthly average culturing water temperature in Gujwa fish farms during 2018~2021.

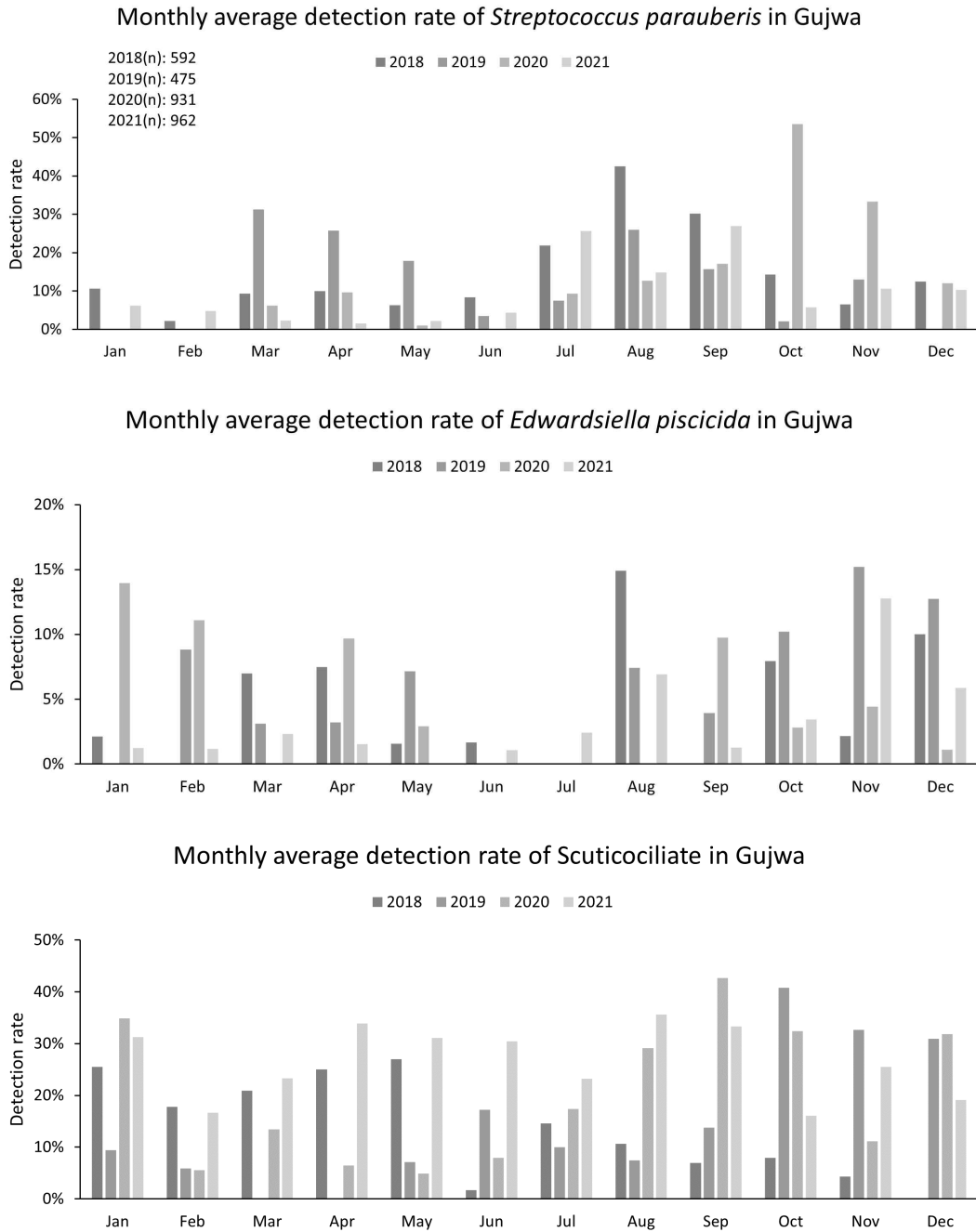


Fig. 35. Monthly average detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder in Gujwa.

3-5. 지역별 양식장 수온과 검출률 비교

대정, 남원, 성산, 구좌 지역별 가장 넓치 샘플 수가 많은 양식장 각 1개소를 선정하여 검출률과 평균 사육 수온을 비교하였다.

D1 양식장은 대정지역이며, 자연해수만 사용하는 양식장으로 2018년 최고 월평균 사육 수온은 8월 23.9°C 였으며, 최저수온은 1월 13.2°C 였다. 2019년 최고 월평균 사육 수온은 9월 24.2°C, 최저수온은 2월 14.5°C, 2020년 최고수온은 8월 23.88°C, 최저수온은 2월과 3월에 14.9°C, 2021년 최고수온은 9월 24.7°C. 최저수온은 3월 15.1°C 였다. N1 양식장은 남원지역으로 자연해수와 지하해수 비율을 5:5으로 사용하는 양식장이다. 2018년 최고 월평균 사육 수온은 8월 22.2°C, 최저수온은 2월 15.3°C, 2019년 최고수온은 8월 22.8°C, 최저수온은 3월 15.3°C, 2020년 최고수온은 8월 24°C, 최저수온은 2월 15.7°C, 2021년 최고수온은 9월 21.6°C, 최저수온은 3월 15.3°C였다. S1 양식장은 성산지역으로 자연해수와 지하해수 비율을 3:7로 사용하는 양식장이다. 2018년 최고 월평균 사육 수온은 8월 23.5°C, 최저수온은 2월 14.4°C, 2019년 최고수온은 8월 23.9°C, 최저수온은 3월 16°C, 2020년 최고수온은 8월 21.2°C, 최저수온은 3월 16°C, 2021년 최고수온은 10월 22.6°C, 최저수온은 2월 15.6°C 였다. G1 양식장은 구좌지역으로 자연해수와 지하해수 비율을 2:8로 사용하는 양식장이다. 2018년 최고 월평균 사육 수온은 8월 20.9°C, 최저수온은 2월 15.3°C, 2019년 최고수온은 8월 19.7°C, 최저수온은 1월 15.9°C, 2020년 최고수온은 8월 19.5°C, 최저수온은 2월 15°C, 2021년 최고수온은 10월 18.9°C, 최저수온은 2월 15.8°C로 4개 양식장 중 일년 간 수온 변화폭이 가장 낮았다(Figs. 36-39).

각 양식장별 *S. parauberis* 검출률은 2018년에 S1 양식장에서 3월과 5월에 특이적으로 높은 검출률을 보였고, 2019년에는 N1 양식장에서 12월에 특이적으로 높은 검출률을 보였다. 2020년에는 S1 양식장에서 2월에 특이적으로 높은 검출률과 N1 양식장에서 5월에 특이적으로 높은 검출률을 보였으며, 2021년에는 3, 4, 5, 12월에 D1 양식장에서 특이적으로 높은 검출률을 보였다. 이 결과를 통해 *S. parauberis*의 검출률은 각 양식장별로 다르게 나타남을 확인할 수 있다(Fig. 40). *E. piscicida* 검출률은 2018년에 8~12월 중에 D1, N1, S1, G1 양식장 모두에서

높은 검출률을 보였으며, 1월에는 N1와 S1, 3월에는 S1와 G1에서 특이적으로 높은 검출률을 확인하였다. 2019년에도 8~12월 중에 4개소 양식장에서 높은 검출률을 보였고, 2020년에는 1월, 2월, 4월에 G1 양식장에서 높은 검출률을 보였으며, 8월~12월 중 4개소 양식장 모두 검출이 없거나 검출률이 매우 낮았다. 2021년에는 2018년과 2019년과 마찬가지로 7월~12월 중에 4개소 양식장에서 높은 검출률을 확인할 수 있었는데, 각 양식장별 월평균 사육수온이 2018년, 2019년, 2021년과 큰 차이가 없는 것으로 미루어보아 이 결과를 통해 2020년에 수온이 아닌 *E. piscicida* 검출률에 영향을 끼친 요인이 있을 것으로 예상할 수 있다(Fig. 41).

Scuticociliate의 검출률은 2018년에 4개소 양식장 모두 연중 높은 검출률을 보였으며, 2019년, 2020년, 2021년 검출률 또한 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였다. 추가적으로 회귀분석을 통해 경향성을 분석한 결과 각 연도별, 양식장별 경향성이 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였고, 이 결과로 scuticociliate 검출률은 수온이나 지역적 차이가 유의미한 요인이 아닌 것을 확인하였다(Fig. 42).

Average culturing water temperature of 4 fish farms in 2018

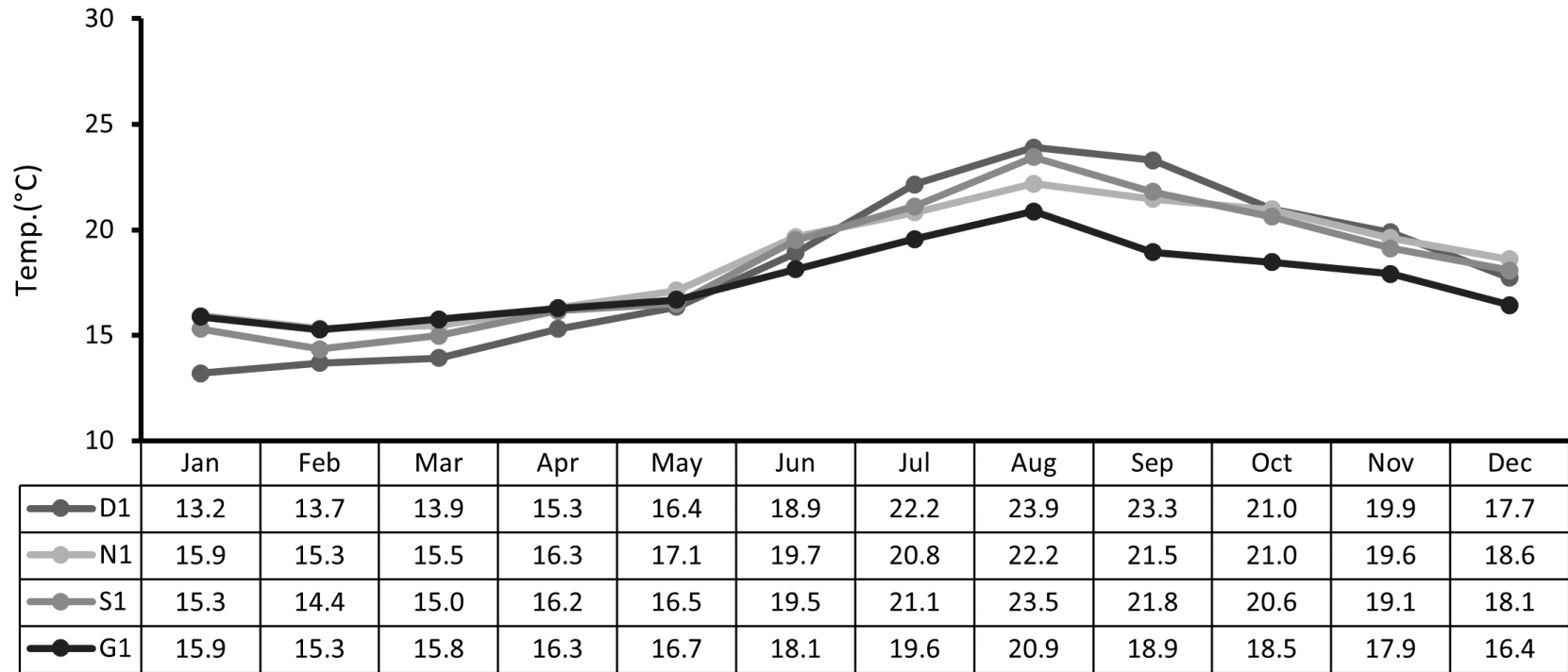


Fig. 36. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2018.

Average culturing water temperature of 4 fish farms in 2019

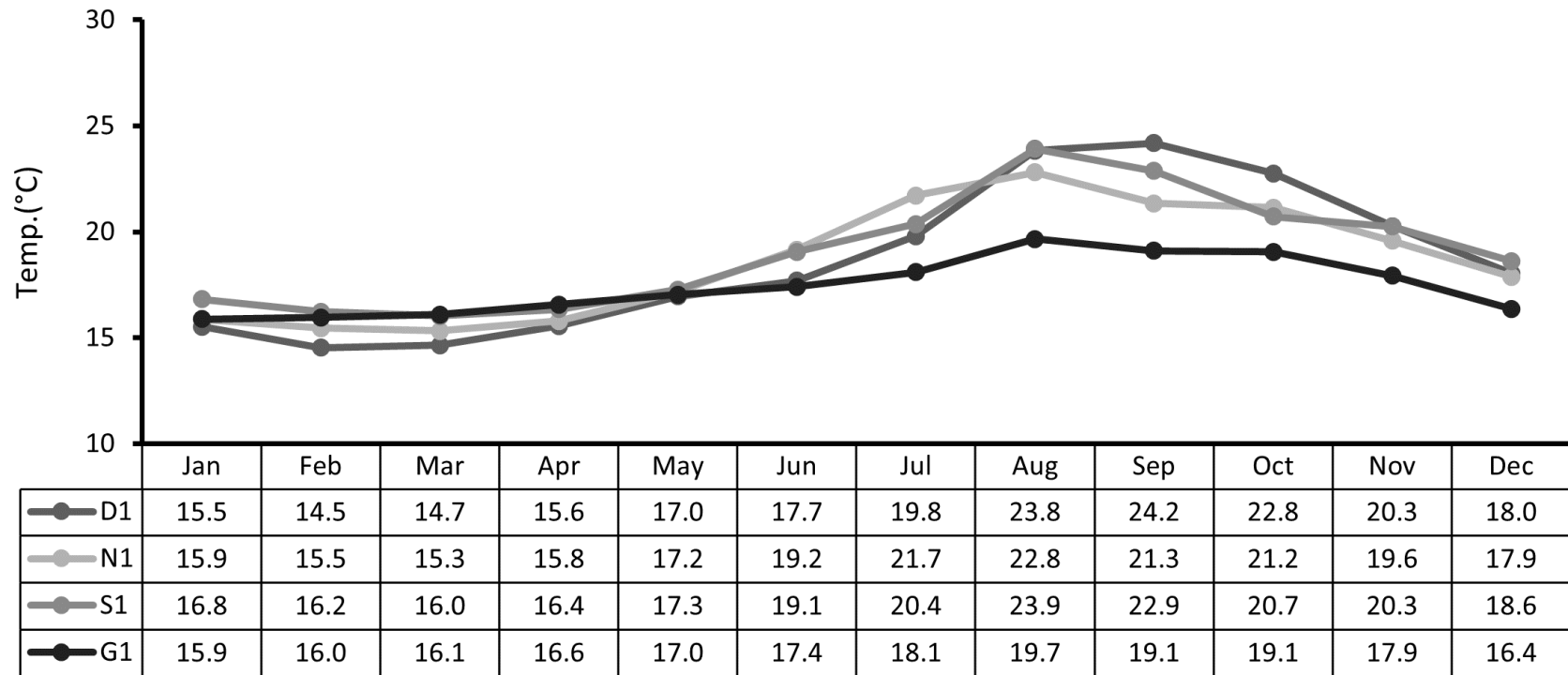


Fig. 37 Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2019.

Average culturing water temperature of 4 fish farms in 2020

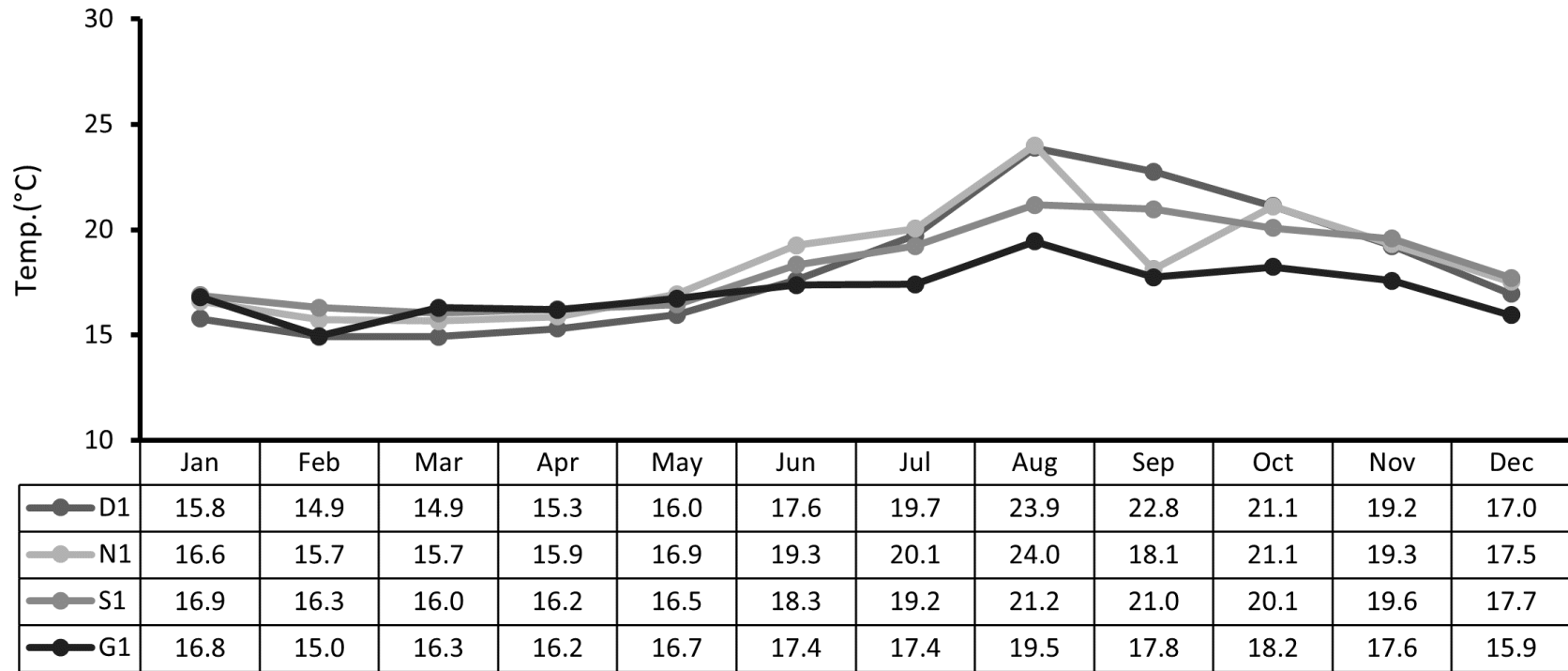


Fig. 38. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2020.

Average culturing water temperature of 4 fish farms in 2021

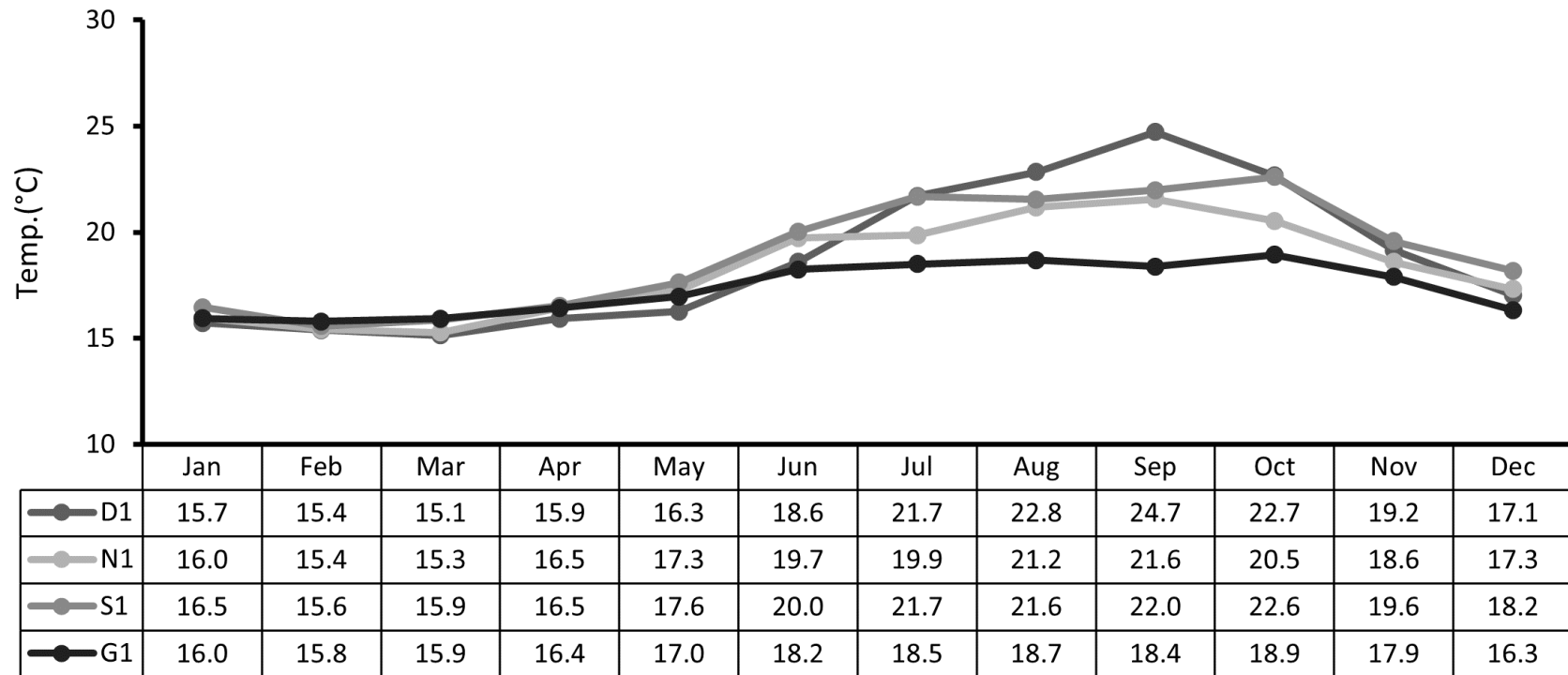


Fig. 39. Monthly average culturing water temperature of D1, N1, S1, G1 fish farms in 2021.

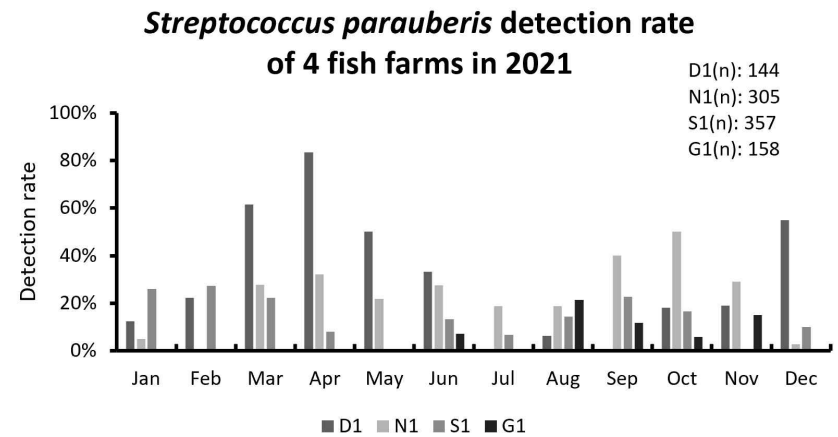
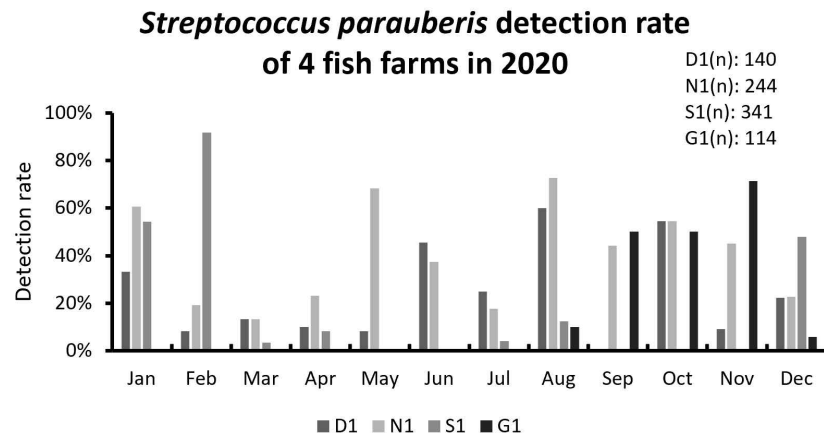
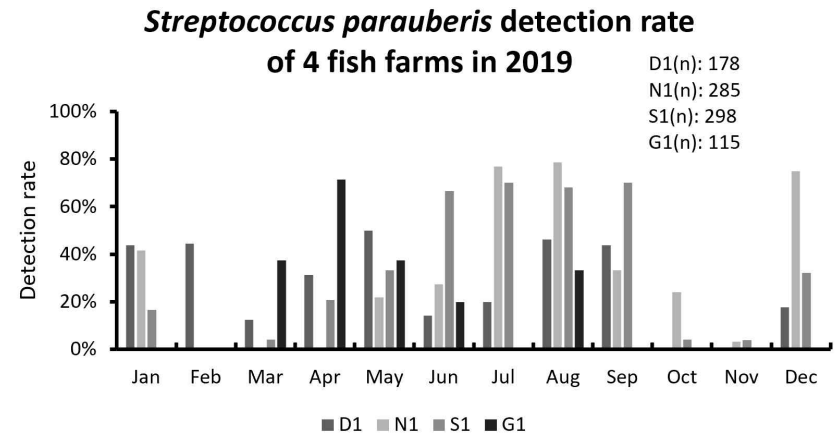
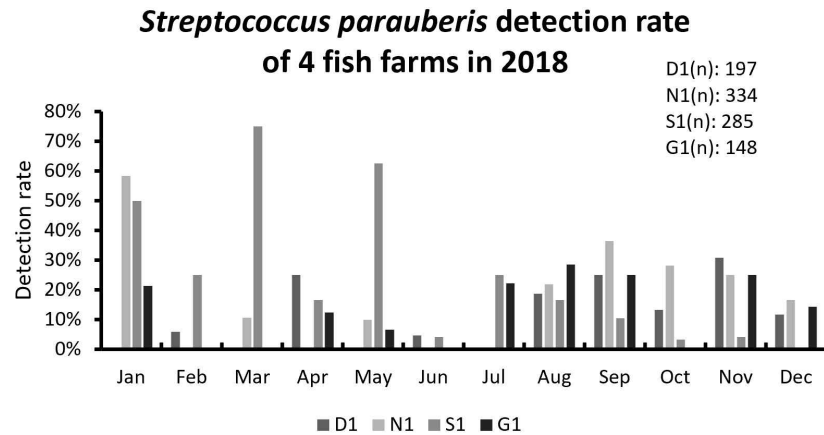


Fig. 40. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis* detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.

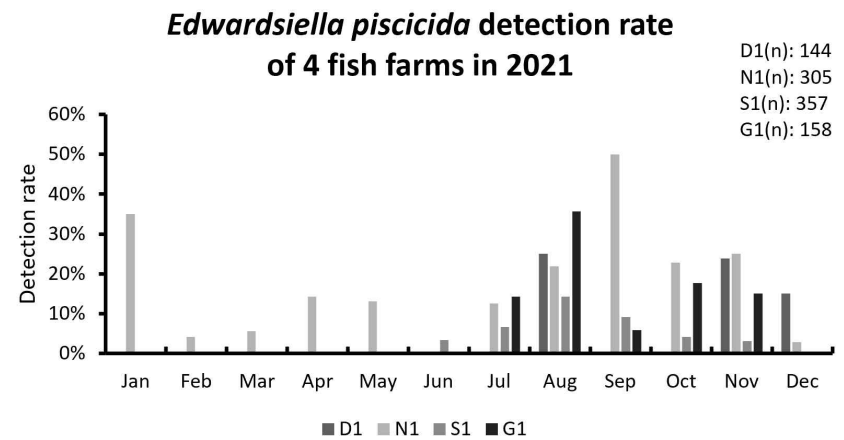
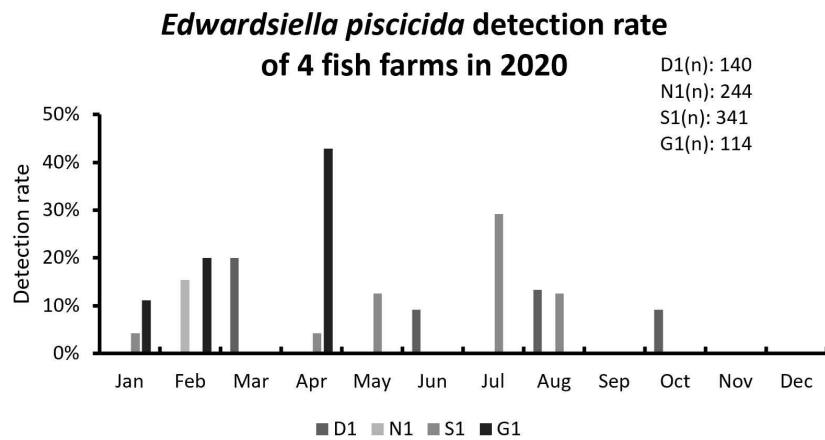
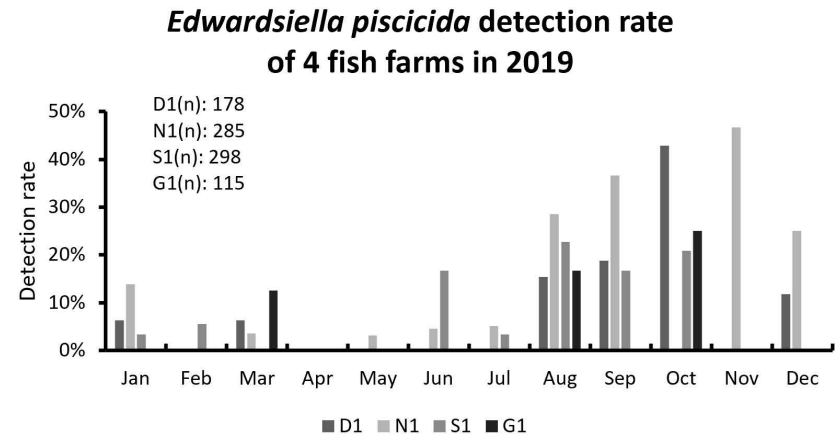
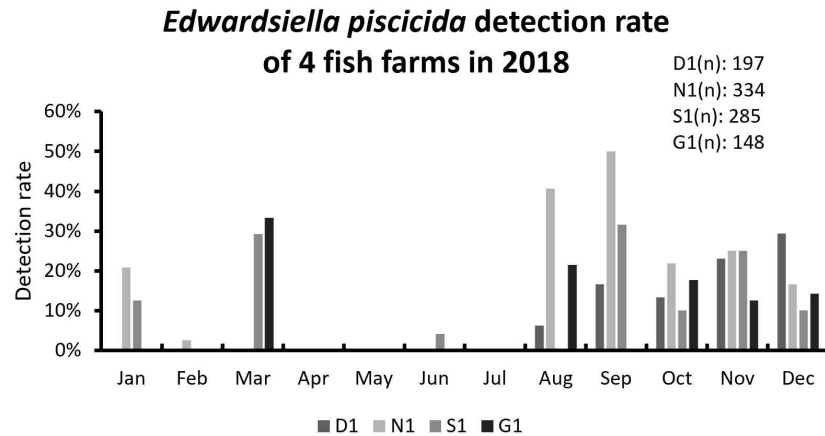


Fig. 41. Monthly detection rate of *Edwardsiella piscicida* detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.

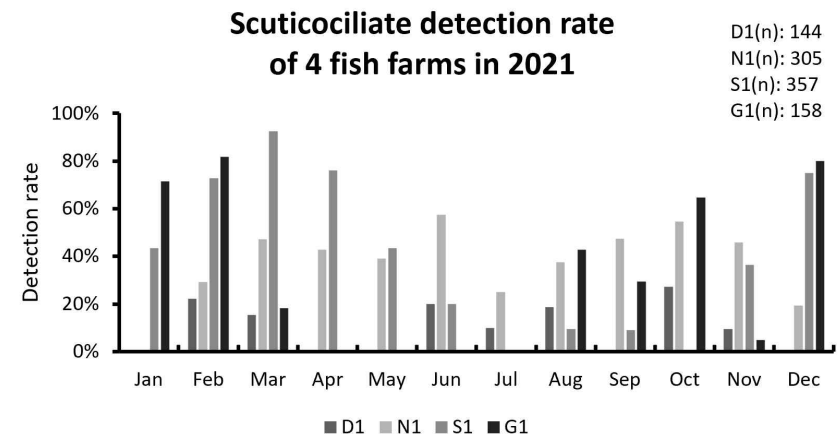
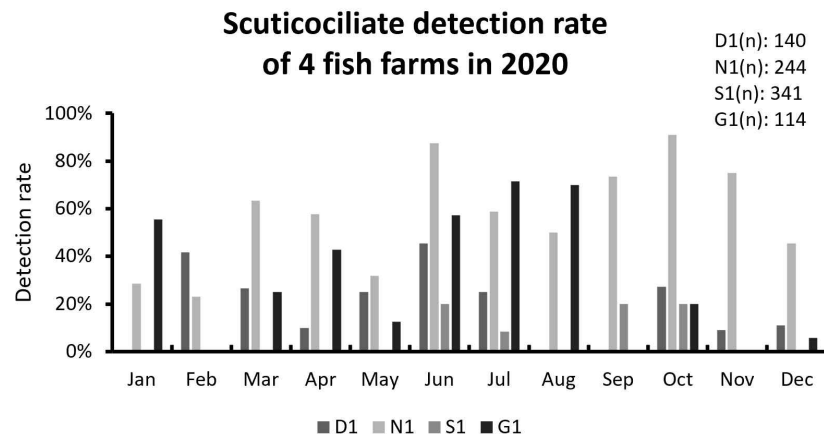
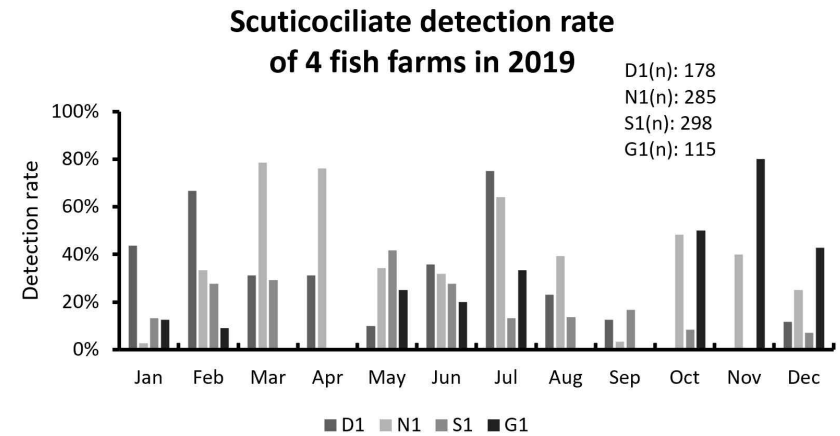
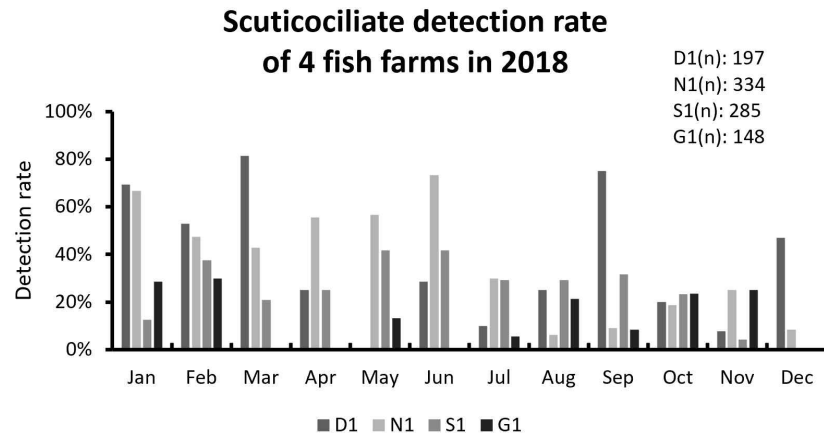


Fig. 42. Monthly detection rate of scuticociliate detected from olive flounder of D1, N1, S1, G1 fish farms during 2018~2021.

3-6. 양식장별 병원체 검출률

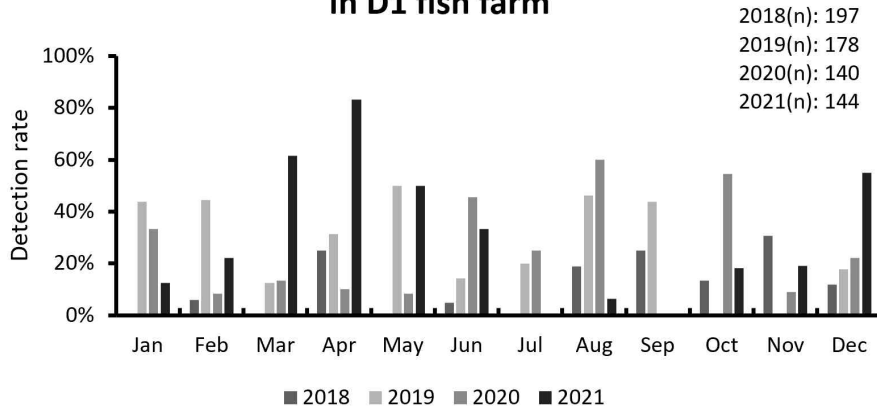
D1 양식장의 연중 *S. parauberis* 검출률은 2021년이 가장 높았고, 2018년이 가장 낮았다. 2018년, 2019년, 2020년, 2021년 검출률을 회귀분석한 결과 경향성 또한 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였으며, scuticociliate 또한 경향성이 유의미한 차이가 없었으나, *E. piscicida*는 2018년, 2019년, 2021년에는 양의 경향성이었으나 2020년에는 특이적으로 음의 경향성임을 확인하였다. 이 결과로 D1 양식장의 2020년 *E. piscicida* 검출률에 영향을 끼친 특이적인 요인이 있음을 예상할 수 있다(Fig. 43).

N1 양식장의 *S. parauberis* 검출률은 연중 높게 지속되었으며, 2019년과 2020년에 특이적으로 높은 검출률을 보였다. *E. piscicida*는 2018년, 2019년, 2021년에는 양의 경향성이었으나 2020년에는 D1 양식장과 마찬가지로 음의 경향성을 확인하였다. Scuticociliate 검출률은 연중 높은 검출률을 보였으며, 경향성 분석결과 유의미한 차이가 없음을 확인하였다(Fig. 44).

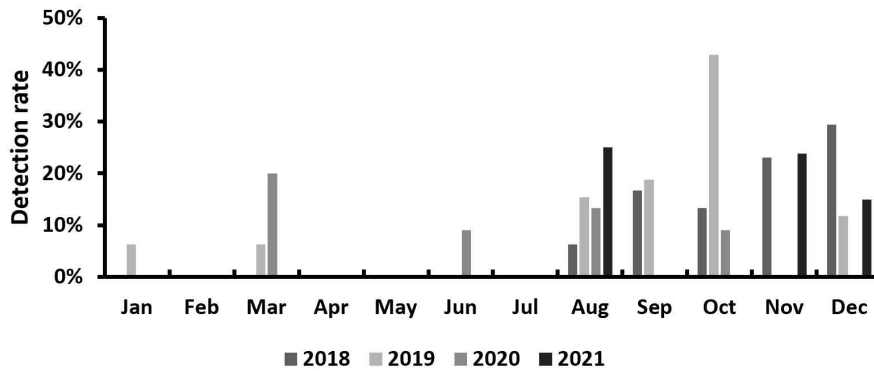
S1 양식장의 *S. parauberis* 검출률은 2019년에 가장 높게 지속적으로 검출되었으며, 회귀분석 결과 경향성은 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. *E. piscicida* 검출률은 S1 양식장 또한 2020년의 경향성만 음의 경향성임을 확인하였다. Scuticociliate의 검출률은 2021년에 가장 높게 지속되었으며, 2020년만 양의 경향성을 보이고, 2018년, 2019년, 2021년은 음의 경향성임을 확인하였다. 2020년에는 다른 해에 높은 검출률이 나타났던 1월~5월 중 scuticociliate 검출이 없었기 때문으로 이때 scuticociliate 검출률에 영향을 미친 특이적인 요인이 있음을 예상할 수 있다(Fig. 45).

G1 양식장의 *S. parauberis* 검출률은 2019년에는 3월~8월 중에 높은 검출률이 지속되었으며, 2020년에는 9월~11월 중에 높은 검출률이 지속되었음을 확인하였고, 회귀분석을 통해 경향성을 확인한 결과 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. *E. piscicida* 검출률은 G1 양식장 또한 2020년에만 음의 경향성을 보임을 확인하였다. Scuticociliate 검출률은 연중 높은 검출률을 확인하였으며, 경향성은 유의미한 차이가 없음을 확인하였다(Fig. 46).

**Detection rate of *Streptococcus parauberis*
in D1 fish farm**



**Detection rate of *Edwardsiella piscicida*
in D1 fish farm**



**Detection rate of Scuticociliate
in D1 fish farm**

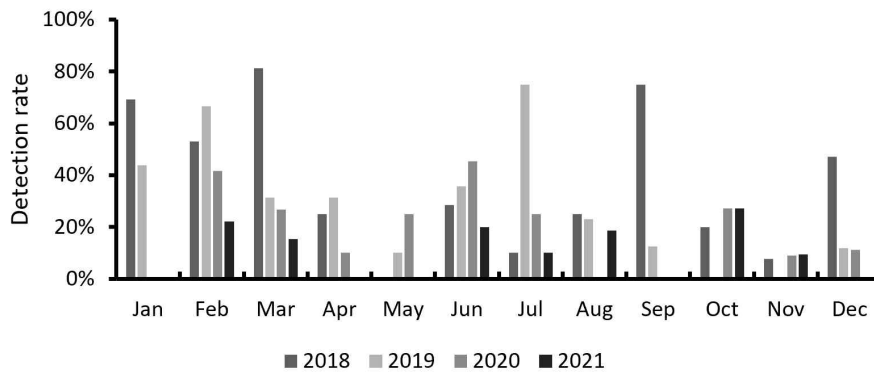


Fig. 43. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder of D1 fish farm during 2018~2021.

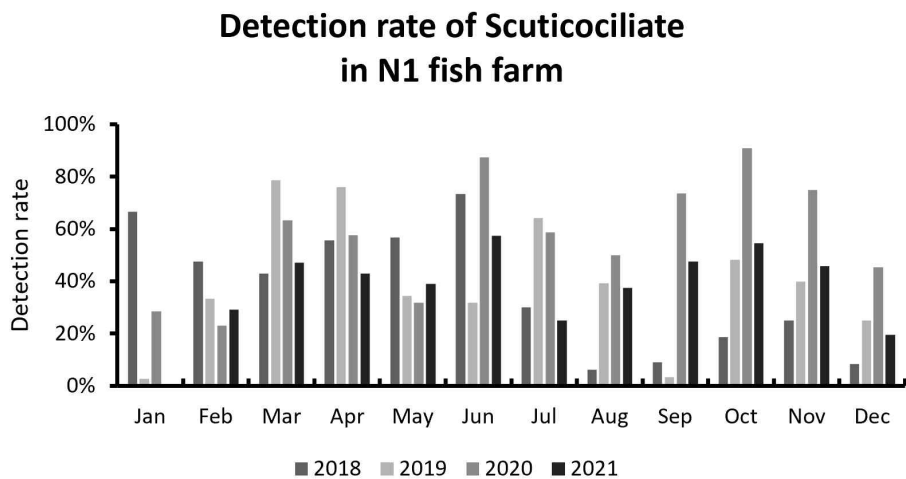
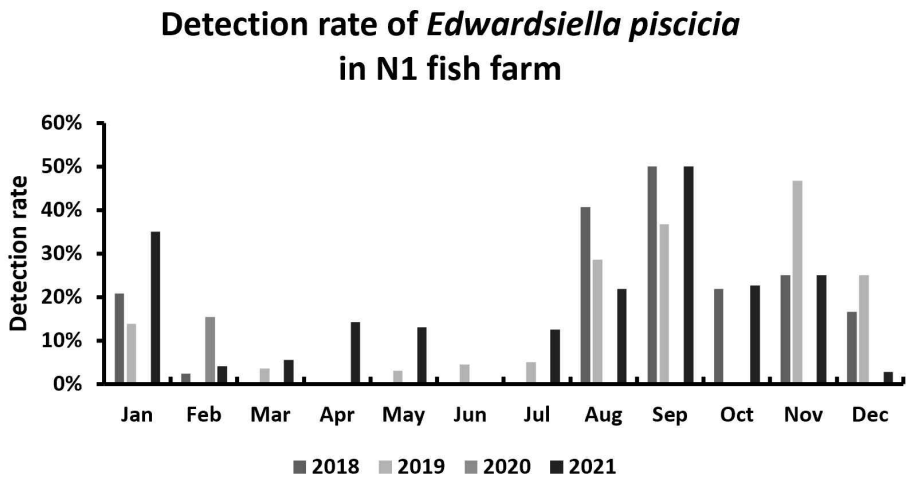
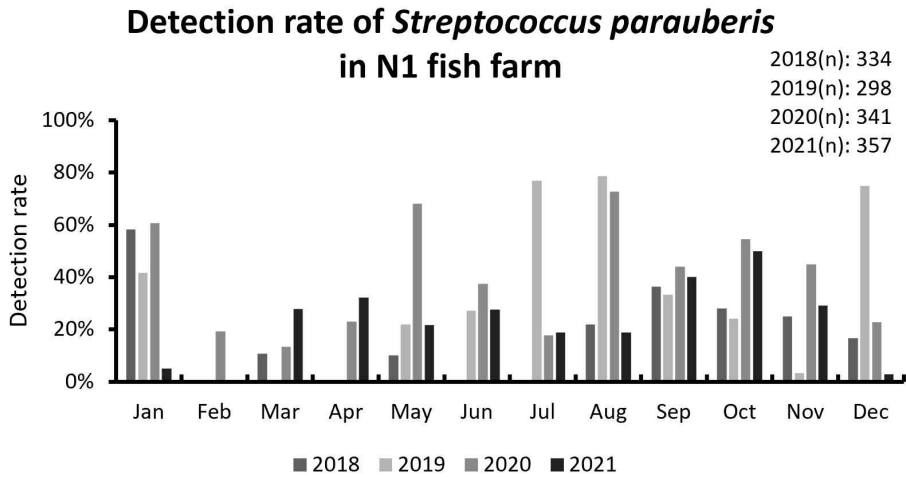


Fig. 44. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder of N1 fish farm during 2018~2021.

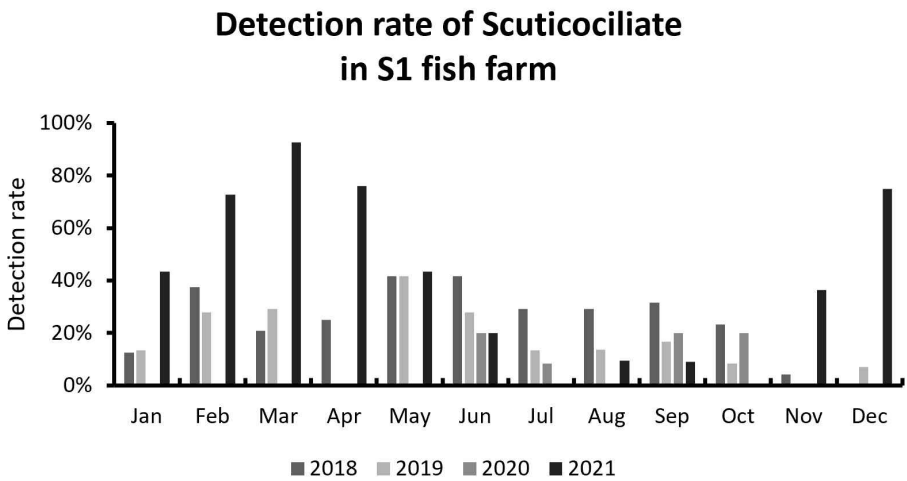
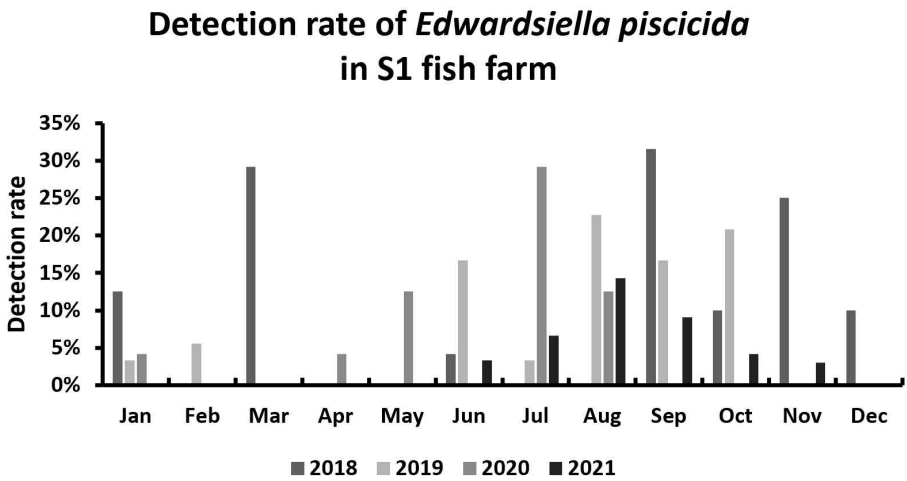
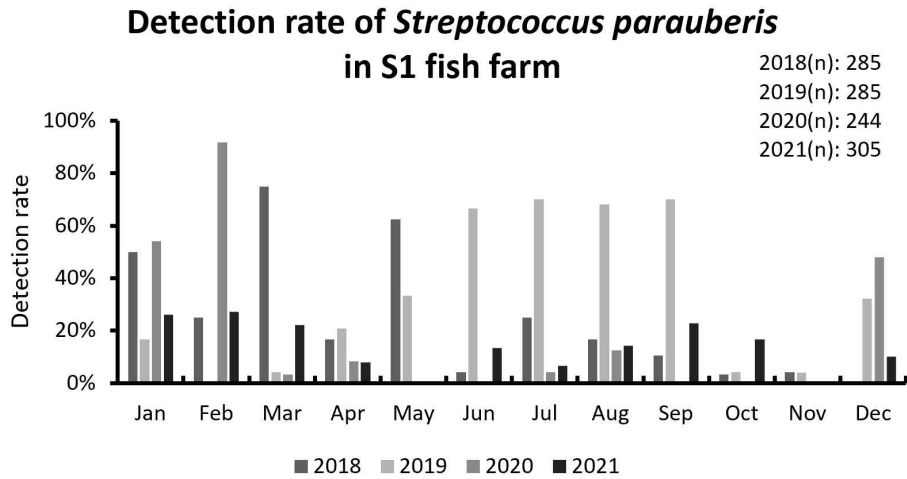


Fig. 45. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder of S1 fish farm during 2018~2021.

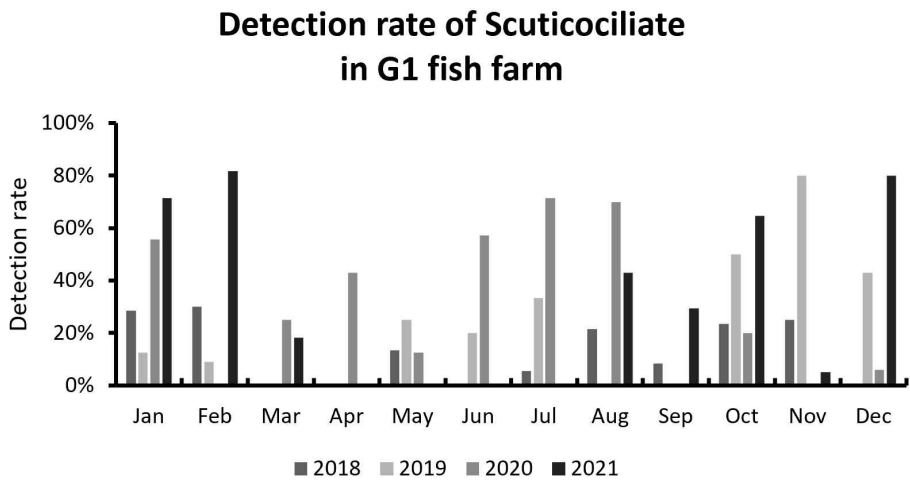
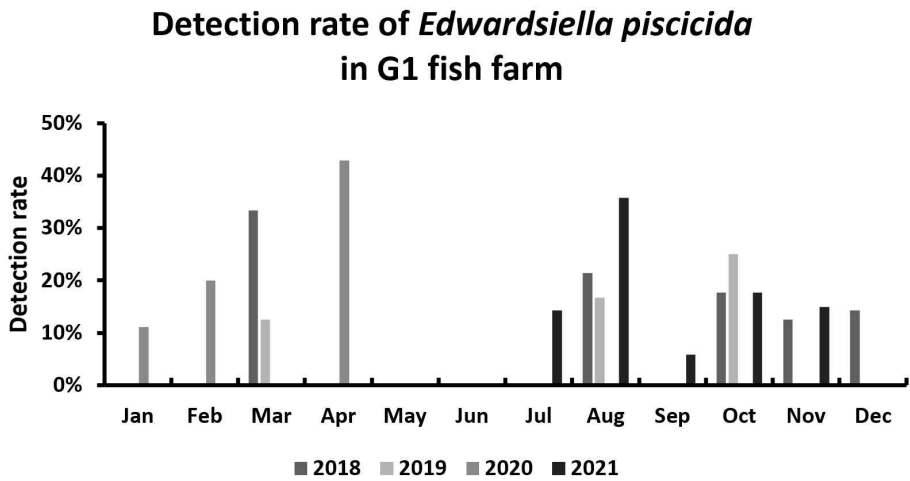
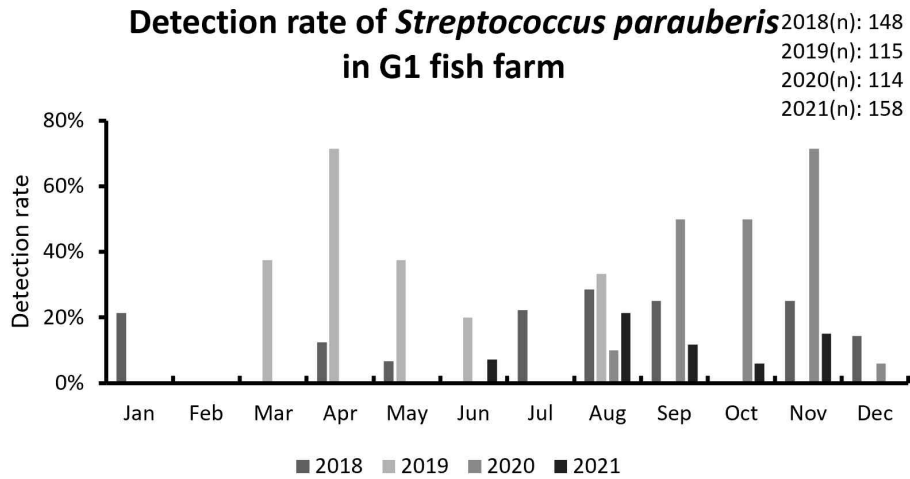


Fig. 46. Monthly detection rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, and scuticociliate detected from olive flounder of G1 fish farm during 2018~2021.

4. 넙치 성장시기별 병원체 검출률

넙치 성장 시기별 *S. parauberis*, *E. piscicida*, scuticociliate 검출률 차이 비교 결과, 치어(1~200 g juvenile fish) 총 5,390마리 중 scuticociliate 검출률이 27%, *S. parauberis* 19%와 *E. piscicida* 8% 순서로 높은 검출률을 보였다. *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합 감염이 2%, *S. parauberis*와 scuticociliate 복합 감염이 6%, *E. piscicida*와 scuticociliate 복합 감염이 2%로 단독 감염보다 비교적 낮은 검출률을 보였다. 이 결과는 넙치 치어가 scuticociliate 감염에 *S. parauberis*와 *E. piscicida* 보다 취약하다는 것을 보여준다. 그러나 그 외 기타 감염이 55%를 보였으며 이는 3가지 주요 병원체 외의 원인 또한 피해가 큼을 보여준다. 중성어(201~500 g middle age fish)는 총 5,163마리 중 scuticociliate 검출률이 27%, *S. parauberis* 25%, *E. piscicida* 10% 순서로 높은 검출률을 보였다. *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합 감염이 2%, *S. parauberis*와 scuticociliate 복합 감염이 8%, *E. piscicida*와 scuticociliate 복합 감염이 2%로 중성어 또한 치어와 마찬가지로 단독 감염에 비하여 복합 감염은 낮은 검출률을 보였다. 이 결과는 중성어 또한 치어만큼 scuticociliate 감염에 취약하며, *S. parauberis* 감염에도 *E. piscicida* 감염보다 취약하다는 것을 보여준다. 중성어에서 기타 감염이 49%로 3가지 주요 병원체 외에 기타 원인에 의한 피해가 큼을 보여준다. 성어(over 500 g Adult fish)는 총 4,329마리였고, 치어, 중성어와 다르게 *S. parauberis* 검출률이 27%, *E. piscicida* 14%와 scuticociliate 11% 순서로 높은 검출률을 보였다. *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합 감염이 4%, *S. parauberis*와 scuticociliate 복합 감염이 4%, *E. piscicida*와 scuticociliate 복합 감염은 1%로 단독 감염에 비하여 비중이 크지 않지만 치어와 중성어에 비하여 *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합 감염의 비중이 비교적 큼을 보여준다. 성어에서는 3가지 주요 병원체 중 *S. parauberis*에 의한 폐사 피해가 큰 것을 보여주었으며, 기타 원인이 차지하는 비율이 57%로 3가지 주요 병원체 외의 다른 원인에 의한 피해가 더 심각함을 보여준다(Fig. 47).

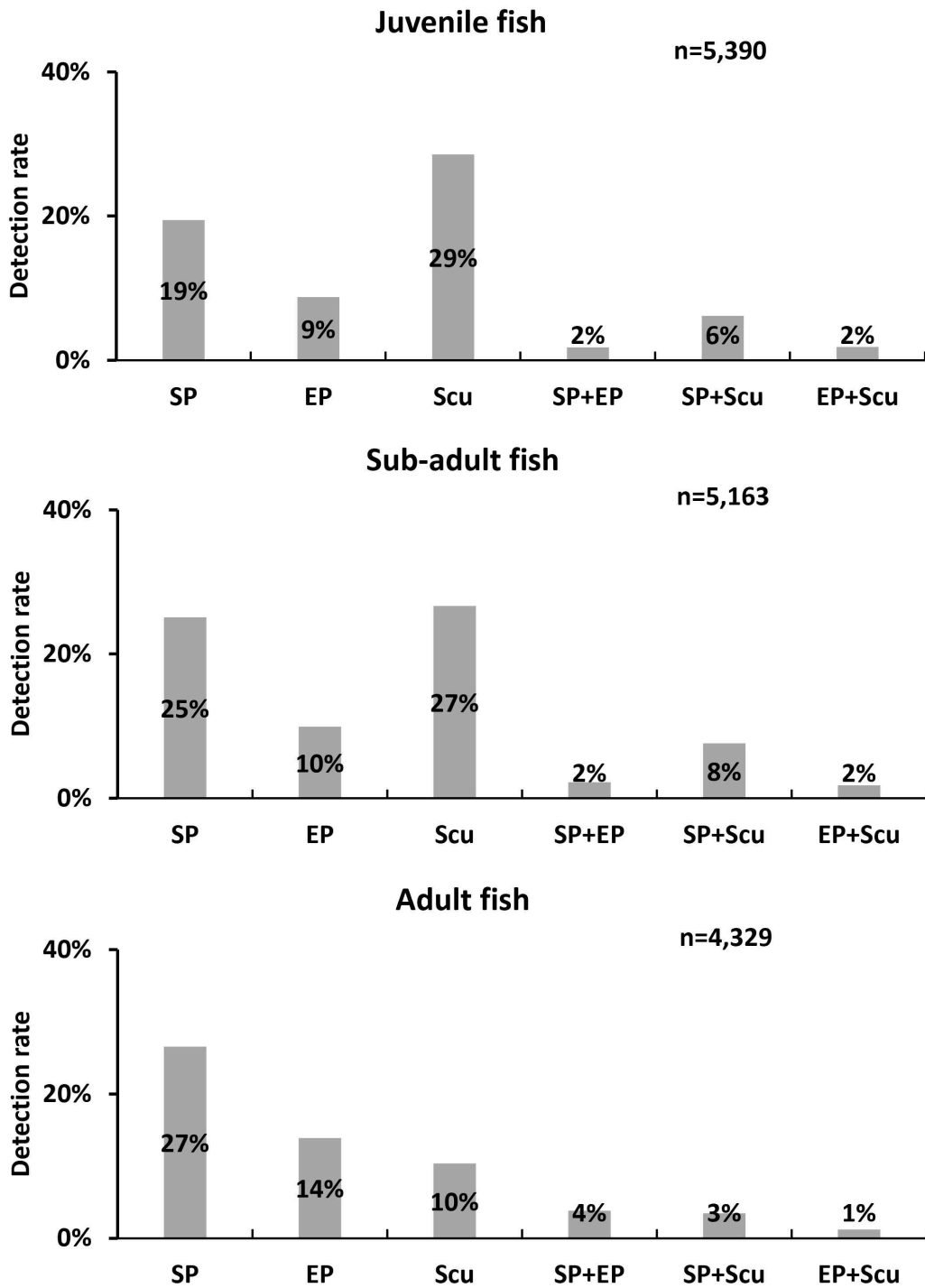


Fig. 47. Detection rate divided by olive flounder weight (Juvenile fish weight 1 g~200 g: 5,390 olive flounders, Sub-adult fish weight 201 g~500 g: 5,163 olive flounders, Adult fish weight over 500 g: 4,329 olive flounders; SP: *S. parauberis*, EP: *E. piscicida*, Scu: Scuticociliate). Complex infection data is included in each pathogen detection rate data.

5. 넙치 성장시기에 따른 병원체 검출률과 복합감염 검출률 비교

Fig. 48은 단독감염과 복합감염을 구분하여 각 병원체에 대한 넙치 성장시기별 (juvenile, middle, adult) 검출률 비교 그래프이다. 각 병원체에 감염된 넙치를 총합으로 하여 치어, 중성어, 성어가 차지하는 비율을 확인하였다. *S. parauberis* 감염은 중성어에서 37%로 가장 높게 나타났고, *E. piscicida*는 38%로 성어에서 가장 높았다. Scuticociliate는 46%로 치어에서 가장 높은 검출률을 보였고 성어에서는 상대적으로 13% 검출률을 보였다. *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합감염에서는 44%로 성어에서 검출률이 가장 높았으며, *S. parauberis*와 scuticociliate 복합감염에서는 45%로 중성어의 검출률이 가장 높았다. *E. piscicida*와 scuticociliate 복합감염에서는 41%로 치어의 검출률이 가장 높았다. *S. parauberis*와 *E. piscicida* 검출 비율에는 크기별 차이가 없는 것으로 판단하였으며, scuticociliate 검출은 성어보다 치어와 중성어가 큰 비중을 차지하였고, *S. parauberis*와 *E. piscicida* 복합감염은 성어가 큰 비중을 차지하는 것을 확인하였다.

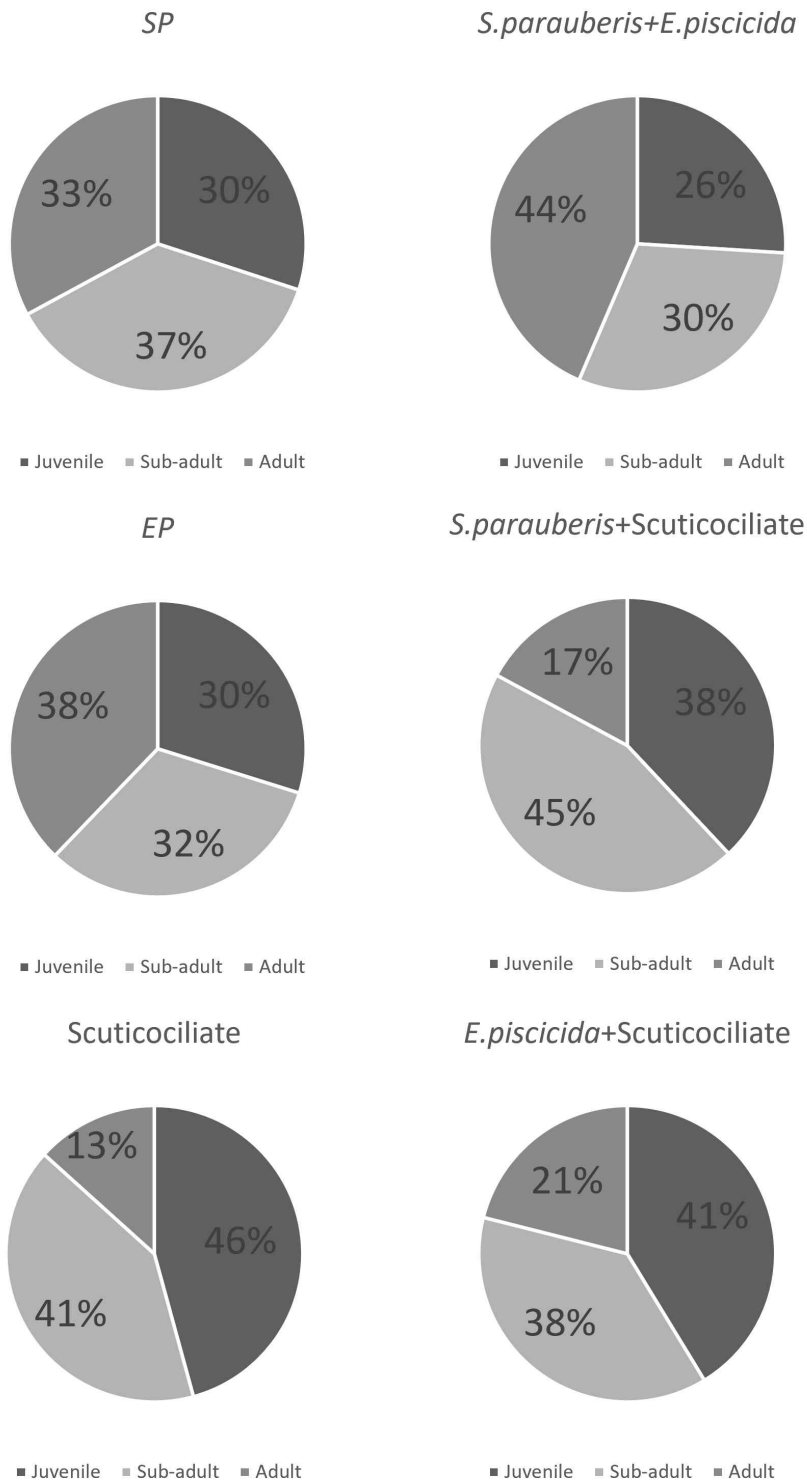


Fig. 48. The rate of *Streptococcus parauberis*, *Edwardsiella piscicida*, scuticociliate and co-infection sorted by weight of olive flounder (Juvenile fish weight 1 g~200 g, sub-adult fish weight 201 g~500 g, adult fish weight over 500 g).

IV. 토의 및 결론

넙치 양식은 제주도 양식 산업에서 가장 큰 규모를 차지하고 있으며 매우 중요한 산업 품목으로 산업의 유지를 위해서는 위해요소 제어가 필수이다. 위해요소 중에서는 어류의 생산성과 품질에 직결되는 질병 제어가 중요하다. 특히 제주도는 넙치 양식 산업에서 지하해수라는 특수한 환경요인을 활용하는 양식어업을 하고 있으며, 지하해수는 연중 수온 변화폭이 적어 사육수온 관리에 유리하여 양식현장에서 수온을 유지하는데 사용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 사실을 바탕으로 지하해수 사용 비율에 따라 지역적 질병 발생에 차이가 있을 것으로 예상하여 연구를 진행하였다.

제주도의 양식현장은 지역별로 지하해수의 사용 가능량이 다르기 때문에 지하해수의 사용 비율에 따라 지역별로 수온 변화 폭에 차이가 난다. 지역별 지하해수 사용 비율에 따라 대정(서쪽, 자연해수 100%), 남원(남쪽, 지하해수 30%~50%), 성산(동쪽, 지하해수 50%~70%), 구좌(북쪽, 지하해수 70%~100%)으로 나눌 수 있다. 각 지역별 넙치 양식 수조 내 염분 측정 결과 각 지역별 평균 28 psu로 유의미한 차이가 없었으며, 지하해수 사용 비율에 따라 연중 수온 변화 폭이 크게 달라지는 것을 확인하였다. 특히 대정지역과 구좌지역의 수온 변화폭의 차이가 크게 나타났으며, 그에 따라 병원체 검출률 차이가 가장 뚜렷하게 나타났다. 이는 자연해수의 비교적 급격한 수온 변동폭과 지하해수의 비교적 완만한 수온 변동 폭에 의한 차이인 것으로 사료된다. 이는 제주지역 양식장의 지하해수의 사용으로 평균적으로 매년 비슷한 사육수온을 유지하여 질병 발생률을 낮추고 있다는 것을 추측할 수 있다.

2018년의 지역별 월 평균 사육수온과 병원체 검출률의 상관관계를 분석한 결과 *S. parauberis*는 상관관계가 없었고, *E. piscicida*는 대정지역을 제외한 남원, 성산, 구좌지역에서는 양의 상관관계였으며, scuticociliate의 경우 전 지역 모두 음의 상관관계임을 확인하였다. 2019년의 결과는 2018년과 다르게 대정지역의 사육수온과 *S. parauberis*와 scuticociliate 검출률 사이에서 음의 상관관계를 확인하

였으며, *E. piscicida*는 상관관계가 없었다. 남원지역은 *S. parauberis*가 사육수온과 상관관계가 없었고, *E. piscicida*와 scuticociliate는 음의 상관관계임을 확인하였고, 성산지역은 *S. parauberis*는 상관관계가 없었고, *E. piscicida*는 음의 상관관계, scuticociliate는 양의 상관관계였으며, 구좌지역의 경우 *S. parauberis*, *E. piscicida*, scuticociliate 전부 양의 상관관계였다. 2020년 결과에서는 *E. piscicida* 검출률과 사육수온이 4개 지역 전부 음의 상관관계였으며, 2021년에는 전부 양의 상관관계였다. *S. parauberis*와 scuticociliate는 지역적 차이 또는 사육수온의 차이에 의한 의미있는 상관관계 결과값이라고 할 수 없다. 이 결과를 통해 한 시점을 기준으로 수온과 병원체 검출률의 상관관계를 분석하였을 때는 사육수온과 *S. parauberis*, *E. piscicida*, scuticociliate 검출률의 상관관계가 적은 것으로 사료된다.

위 결과를 토대로 사육수온과 검출률의 상관관계에 대한 추가적인 검증으로 각 지역별 넙치 샘플 수가 가장 많은 양식장을 1개소씩 선별하여 병원체 검출률과 경향성을 확인한 결과 2020년 *E. piscicida* 검출률에 특이사항이 있는 것을 확인하였다. D1(대정), N1(남원), S1(성산), G1(구좌) 양식장의 2020년 *E. piscicida* 검출률 모두 2018년, 2019년, 2021년과 다르게 음의 경향성을 보였으며, 검출률 또한 매우 낮은 것을 확인하였다. 이 결과를 통해 검출률에 영향을 주는 다른 요인이 있음을 예상할 수 있으며, 그 요인으로 가장 확률이 높은 것은 항생제의 사용이다. 그람음성균과 그람양성균에 모두 효과가 있는 광범위 항생제인 세이프티오피 성분의 항생제가 2020년에 넙치를 대상으로 품목허가를 받았으며, 세이프티오피 항생제가 양식현장에서 2020년부터 에드워드병 발병현장에서 빈번하게 사용됨에 따라 *E. piscicida*의 검출률에 영향을 준 것으로 추측된다.

수온에 따른 넙치의 생리적 활성과 면역반응 변화는 수온 변화 스트레스에 의한 넙치의 면역력이 취약해지는 것으로 이전 연구에서 확인되었다(Bang & Park 1994; Lee et al. 2002). 이는 사계절로 인해 발생하는 수온 변화 시기에 넙치는 수온 스트레스로 인해 영향을 받으며, 넙치의 면역이 취약해진 사이에 시기별 특정 병원체가 우점하여 검출될 것으로 예상했다. 이전 연구에서 *S. parauberis*와 *E. piscicida*, 그리고 scuticociliate의 검출 또한 시기별 수온 변화에 영향이 있는 것으로 밝혔다. 이전 연구에서는 *S. parauberis*가 수온이 하강할 때 주로 감염되

는 것으로 보고되었으나(Choi et al. 2009), 본 연구의 경향성 분석결과에서는 수온이 하강할 때뿐만 아니라 수온이 상승할 때에도 *S. parauberis*와 수온과 유의미한 상관관계가 있음을 확인하였다. 또한, 지하해수 사용량의 차이로 인한 제주도 지역별 사육수온의 차이가 있음에도 불구하고 제주도 내 지역에 따른 *S. parauberis* 검출률에 유의미한 차이는 없는 것을 확인하였다. 이 결과는 *S. parauberis* 검출률이 양의 경향성을 보이지만 연중 검출되는 병원체로 시기별, 지역별 상관관계와 경향성이 모두 다르게 나타나 수온과 유의미한 상관관계가 없는 것으로 판단하였다.

광온·광염성 세균인 *E. piscicida*는 주로 고수온기에 검출되는 것으로 알려져 있으며(Woo et al., 2011; Sakai et al., 1994; Rashid et al., 1994), 본 연구 결과에서는 *E. piscicida*는 고수온기 이후 수온이 하강하는 8월~12월에 높은 검출률을 보이는 것을 확인할 수 있었고, 이 결과를 통해 *E. piscicida*의 검출은 수온과 상관관계가 있는 것으로 판단하였다.

Scuticociliate의 발병과 수온과의 관계성 그리고 넙치 크기에 따른 발병 정도에 대한 선행연구(Jin et al. 2007, Bae et al. 2009)에서 계절에 따른 발병 차이는 없으나 고수온기에 발병률이 높고, 체장 범위 11 ~ 20 cm의 치어에서 가장 발병이 높다고 보고되었으며, 본 연구에서는 200 g 이하의 치어에서 scuticociliate 검출률이 가장 높았다. Lee (2019)의 연구에 따르면 제주지역 양식장에 1월 넙치 치어 입식 후 3월부터 어류의 질병 발생 빈도가 높아졌으며, 주요 폐사 병원체는 스키티카충과 연쇄구균으로 12월 누적 생존률은 73.6%(52,737미 폐사/200,000미 입식)를 보였다고 밝혔다. 추가적으로 복합감염 결과에서 *S. parauberis*와 scuticociliate, *E. piscicida*와 scuticociliate의 치어와 증성어의 점유율이 모두 높게 나타나는 것으로 미루어보아 치어와 증성어 시기 모두 scuticociliate에 의한 단독감염과 복합감염으로 인해 경제적 피해가 심각한 것을 알 수 있다.

본 연구에서 넙치 성장시기에 따른 병원체 검출률을 제외한 제주도 내 지역, 수온과 검출률의 상관관계, 4년간 제주도 내 지역과 시기에 따라 상관관계가 전부 예상과 다르게 분석되었으며, 이는 넙치 양식현장별, 지역별 병원체로 인한 경제적 피해에 차이가 있음을 의미한다. 기존의 연구들은 넙치 양식장에서 발생하는 질병들의 패턴을 분석하여 예측할 수 있을 것으로 예상했지만, 시기별, 지역별,

양식장별, 넙치 성장 시기별로 병원체 검출률과의 상관관계가 일관적이지 않음을 확인하였으며, 이를 통해 주요 병원체의 발병을 미리 예측할 수 없을 것으로 판단하였다.

예측 불가능한 질병 발생에 항생제의 남용과 획일화된 백신접종 시기 등 질병의 제어 방법은 넙치 양식장의 생산효율을 떨어트리는 원인이 된다. 질병으로 인한 경제적 피해를 절감시키기 위해 실시하고 있는 획일화된 백신 접종을 이론적인 메뉴얼에 따라 수행하는 것은 피해를 절감시키기에 적절하지 않으며, 각 현장의 양식환경과 시스템의 차이를 적용한 백신 접종 메뉴얼의 필요성을 보여준다. 각 현장의 양식환경 차이를 고려한 백신을 제작하고 적절한 시기의 백신 접종 프로그램을 적용한다면 질병에 의한 상품성 훼손과 폐사 피해를 저감시킬 수 있을 것으로 보인다. 또한 항생제와 같은 약품 사용량의 저감과 항생제 내성 병원체 발생을 방지할 수 있어 양식장은 경제적인 이득과 더불어 지속가능한 양식 산업이 가능해질 것이다. 또한 본 연구 결과와 같이 양식현장별로 넙치의 질병 발생이 수온 외의 다양한 요인으로 인해 다르게 나타날 수 있는 가능성을 제시함에 따라 본 연구 데이터를 활용하여 향후 각 양식현장에서는 현장 맞춤형 질병 제어 관리 프로그램의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대하며, 향후 연구에서는 병원체의 sero type에 따른 차이점, 어체 항체가 이력, 병원체의 어체 내 잠복기 등 생리적 분석의 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 참고문헌

Austin, B. and Austin, D. A. (1993). Enterobacteriaceae representatives. In Bacterial fish pathogens: Disease in farmed and wild fish, pp. 188-226. 2nd ed., Ellis Horwood Ltd., Chichester.

Bae, M. J., Im, E. Y., Kim, H. Y. and Jung, S. J. (2009). The effect of temperature to scuticociliatida *Miamiensis avidus* proliferation, and to mortality of infected olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of fish pathology, 22(2), 97-105.

Baek, G. W., Kim, J. H., Gomez, D. K. and Park, S. C. (2006). Isolation and characterization of Streptococcus sp. from diseased flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju Island. Journal of veterinary science, 7(1), 53-58.

Bang, J. D. and Park, S. I. (1994). Effect of water temperature on the immune response of flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of fish pathology, 7(2), 119-126.

Bujan, N., Mohammed, H., Balboa, S., Romalde, J. L., Toranzo, A. E., Arias, C. R. and Magariños, B. (2018). Genetic studies to re-affiliate *Edwardsiella tarda* fish isolates to *Edwardsiella piscicida* and *Edwardsiella anguillarum* species. Systematic and Applied Microbiology, 41(1), 30-37.

Cho, M. Y., Kim, M. S., Choi, H. S., Park, G. H., Kim, J. W., Park, M. S. and Park, M. (2008). A statistical study on infectious diseases of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in Korea. Journal of fish pathology, 21(3), 271-278.

Cho, M. Y., Kim, M. S., Kwon, M. G., Jee, B. Y., Choi, H. S., Choi, D. L., Park, G. H., Lee, C. H., Kim, J. D., Lee, J. S., Oh, Y. K., Lee, D. C., Park, S. H. and Park, M. (2007). Epidemiological study of bacterial diseases of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* from 2005 to 2006 in Korea. Journal of

fish pathology, 20(1), 61-70.

Choi, H. J., Cho, M. Y., Lee, J. I., Kwon, M. G., Choi, D. L., Kim, J. W., Han, M. C. and Lee, D. C. (2009). The pathogenicity of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of fish pathology, 22(3), 263-273.

Dubey, S., Maiti, B., Kim, S. H., Sivadasan, S. M., Kannimuthu, D., Pandey, P. K., Girisha, S. K., Mutoloki, S., Chen, S. C., Evensen, Ø., Karunasagar, I. and Munang'andu, H. M. (2019). Genotypic and phenotypic characterization of *Edwardsiella* isolates from different fish species and geographical areas in Asia: Implications for vaccine development. Journal of fish diseases, 42(6), 835-850.

Griffin, M. J., Ware, C., Quiniou, S. M., Steadman, J. M., Gaunt, P. S., Khoo, L. H. and Soto, E. (2014). *Edwardsiella piscicida* identified in the southeastern USA by *gyrB* sequence, species-specific and repetitive sequence-mediated PCR. Diseases of aquatic organisms, 108(1), 23-35.

Han, S. R., Munang'andu, H. M., Yeo, I. K., and Kim, S. H. (2020). *Bacillus subtilis* inhibits viral hemorrhagic septicemia virus infection in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) intestinal epithelial cells. Viruses, 13(1), 28.

Han, S. R., Han, H. S., Evensen, O. and Kim, S. H. (2017). PCR-based identification of *Pseudomonas fluorescens* in diseased olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, in Jeju Island, South Korea, J Fish Pathol 30(1), 67-70.

Janda, J.M. and Abbott, S.L. (1993). Infections associated with the genus *Edwardsiella*: the role of *Edwardsiella tarda* in human disease, Clin Infect Dis, 17, 742-748.

Jee, B. Y., Kim, Y. C. and Park, M. S. (2001). Morphology and biology of parasite responsible for scuticociliatosis of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Dis. Aquat. Org., 47: 49-55.

Jee, B. Y., Shin, K. W., Lee, D. W., Kim, Y. J. and Lee, M. K. (2014). Monitoring of the mortalities and medications in the inland farms of olive

flounder, *Paralichthys olivaceus*, in South Korea. Journal of fish pathology, 27(1), 77-83.

Jeong, Y. U., Kang, C. Y., Kim, M. J., Heo, M. S., Oh, D. C. and Kang, B. J. (2006). Characterization of streptococcosis occurrence and molecular identification of the pathogens of cultured flounder in Jeju Island. Korean Journal of Microbiology, 42(3), 199-204.

Jin, C. N., Kang, H. S., Moon, Y. G., Lee, C. H., Lee, Y. D., Lee, J. H., Song, C. B. and Heo, M. S. (2007). Scuticociliatosis in flounder farms of Jeju Island. Journal of fish pathology, 20(1), 93-98.

Jin, C. N., Lee, C. H., Na, O. S. and Heo, M. S. (2003). Infection route of scuticociliates in the juvenile of the cultured flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of fish pathology, 16(1), 13-21.

Jung, S. H., Choi, H. S., Do, J. W., Kim, M. S., Kwon, M. G., Seo, J. S., Hwang, J. Y., Kim, S. R., Cho, Y. R., Kim, J. D., Park, M. A., Jee, B. Y., Cho, M. Y. and Kim, J. W. (2012). Monitoring of bacteria and parasites in cultured olive flounder, black rockfish, red sea bream and shrimp during summer period in Korea from 2007 to 2011. Journal of fish pathology, 25(3), 231-241.

Kang, B. J., Jang, Y. H., Jhon, B. K., Park, B. H. and Jin, C. N. (2015). Monitoring of scuticociliatosis of olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) farm in Jeju, Korea from 2007 to 2014. Journal of fish pathology, 28(3), 165-169.

Kang, C. Y., Kang, B. J., Moon, Y. G., Kim, K. Y. and Heo, M. S. (2007). Characterization of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in the Jeju Island. Journal of fish pathology, 20(2), 109-117.

Kang, M. R., Kim, Y. J., Jun, L. J., Kim, S. M., Kim, S. H., Han, S. and Jeong, J. B. (2020). Therapeutic study of myxosporean emaciation disease of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju using toltrazuril. Journal of fish pathology, 33(1), 55-62.

Kim, J. W., Cho, M. Y., Park, G. H., Won, K. M., Choi, H. S., Kim, M. S. and Park, M. (2010). Statistical data on infectious diseases of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* from 2005 to 2007. Journal of fish pathology, 23(3), 369-377.

Kim, J. W., Cho, M. Y., Won, K. M., Kim, B. G., Choi, H. J., Han, M. C. and Park, M. (2009). Pathological changes of the heart of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in experimental *Streptococcus parauberis* infection. Journal of fish pathology, 22(3), 253-262.

Kim, J. H., Gomez, D. K., Baeck, G. W., Shin, G. W., Heo, G. J., Jung, T. S. and Park, S. C. (2006). Pathogenicity of *Streptococcus parauberis* to olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish Pathol. 41, 171 - 173.

KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023a. 양식방법별 어종에 따른 경영체 현황. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EZ0003&conn_path=I3

KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023b. 품종별 수출 검역실적. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=146&tblId=DT_MLTM_5002741&conn_path=I3

KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023c. 시도·시군구별 양식방법별 어종별 양식현황(입식, 생산, 사육, 먹이(사료)를 준 량). Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EZ0008&conn_path=I3

Lee, C. H. and Ha, D. S. (1997). Culture characteristics and division process of scuticociliate in vitro. J. Fish Pathol., 10(2): 177-186.

Lee, C. H., Kang, Y. J., Ha, D. S. and Lee, Y. D. (2001). Occurrence and histopathological observation of scuticociliatosis in the cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 59, 68-73.

Lee, D. C., Kim, D. H., Kim, S. M., Kang, M. S., Hong, M. J., Kim, H. J.

and Park, S. I. (2002). Effects of stress induced by changes of water temperature on the non-specific defense mechanism in cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of fish pathology, 15(2), 65-75.

Lee, Y. S. (2019) Productivity comparison to the management of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* aqua-farms in Jeju and Wando. PhD Thesis. Jeju National University.

Mizuno, Y. (1993). Control Methods of Diseased of Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus*, used in Fish Farms, in Japan. Journal of fish pathology, 6(2), 219-231.

Oh, S. P., Kim, D. H., Lee, J. J. and Lee, C. H. (1998). Bacterial diseases in flounder farms of cheju island. J. Fish Pathol., 11(1): 23-27.

Plumb, J. A. (1999). *Edwardsiella Septicaemias*, Fish diseases and disorders, volume 3; viral, bacterial, and fungal infections, vol. 3, Woo PTK, Bruno DW, Oxon, UK: CAB International, pp. 479-521.

Rashid M Mammur, Kazumitsu Honda, Toshihiro Nakai and Kiyokuni Muroga. (1994). An Ecological Study on *Edwardsiella tarda* in Flounder Farms, Fish Pathol 29(4), 221-227.

Sakai, M., Atsuta, S. and Kobayashi, M. (1994). Survival of fish pathogen *Edwardsiella tarda* in sea water and fresh water. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol 14, 188 - 190.

Satoshi Miwa and Nobuhiro Mano. (2000). Infection with *Edwardsiella tarda* causes hypertrophy of liver cells in the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, Dis Aquat Org 42, 227 - 231.

Shim, J. D., Hwang, S. D., Jang, S. Y., Kim, T. W. and Jeong, J. M. (2019). Monitoring of the mortalities in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) farms of Korea. Journal of fish pathology, 32(1), 29-35.

Song, J. Y., Kitamura, S. I., Oh, M. J., Kang, H. S., Lee, J. H., Tanaka, S. J. and Jung, S. J. (2009). Pathogenicity of *Miamiensis avidus* (syn. *Philasterides dicentrarchi*), *Pseudocohnilembus persalinus*, *Pseudocohnilembus*

hargisi and *Uronema marinum* (Ciliophora, Scuticociliatida). Diseases of aquatic organisms, 83(2), 133-143.

Toranzo, A. E., Devesa, S., Heinen, P., Riaza, A., Nunez, S. and Barja, J. L. (1994). Streptococcosis in cultured turbot caused by an Enterococcus-like bacterium. BULLETIN-EUROPEAN ASSOCIATION OF FISH PATHOLOGISTS, 14, 19-19.

Woo, P. T., Leatherland, J. F. and Bruno, D. W. (2011). *Edwardsiella septicaemias*: Fish diseases and disorders, Vol. 3, pp. 479 - 521, In Plumb, J.A., CABI, New York, USA.

Zheng Dahai, Kangsen Mai, Shuqing Liu, Limin Cao, Zhiguo Liufu, Wei Xu, Beiping Tan and Wenbing Zhang. (2004). Effect of temperature and salinity on virulence of *Edwardsiella tarda* to Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), Aquac Res 35, 494-500.

VI. 감사의 글

석사학위를 위해 대학원에 입학하여 많이 부족한 저를 이 논문을 완성할 수 있도록 이끌어주신 정준범 교수님과 전려진박사님께 먼저 깊은 감사를 드립니다. 이 논문을 심사해주신 심사위원장 허문수 교수님과 심사위원 정준범 교수님, 전려진 박사님께 감사드립니다. 정준범 교수님과 여인규 교수님 수업을 통해 심도 깊게 학문을 배우며 저는 한층 더 성장할 수 있었기에 감사드립니다.

언제나 변함없이 아낌없는 지원을 해준 피쉬케어연구소의 김성현대표님과 한소리 소장님, 홍지민 팀장님, 강보광 대리님, Mai 연구원님께도 감사의 말씀을 전합니다.

그리고 실험실 식구들인 예지, 영준, 예진, 영은, 지은, 응준과 좋은 인연이 되어 많은 것을 배웠고, 교수님과 박사님의 사려깊은 지도가 정말 많은 도움이 되었습니다.