

RESEARCH ARTICLE

국내에 서식하는 꽃에서 분리한 야생 효모 분포 및 종 다양성

김정선^{1,2}, 이미란¹, 김재윤¹, 허준¹, 권순우¹, 윤봉식², 김수진^{1,*}

¹국립농업과학원 농업미생물과, ²전북대학교 환경생명자원대학 생명공학부

Distribution and Species Diversity of Wild Yeasts Isolated from Flowers in Korea

Jeong-Seon Kim^{1,2}, Miran Lee¹, Jae Yoon Kim¹, Jun Heo¹, Soon-Wo Kwon¹, Bong Sik Yun², Soo-Jin Kim^{1,*}

¹Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea.

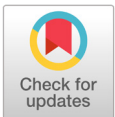
²Division of Biotechnology and Advanced Institute of Environmental and Bioscience, College of Environmental and Bioresource Sciences, Chonbuk National University, Chonbuk 54596, Korea.

*Corresponding author: sinhye@korea.kr

ABSTRACT

Various indigenous yeasts were isolated and obtained from flowers in the Republic of Korea, and their distribution and species diversity were studied. Seventy-seven flowers were collected from 25 areas in Korea, and 502 yeast strains were isolated from these flowers. A total of 50 species were identified by comparing large subunit rDNA gene sequence homology with the type strains of yeasts. The analysis of yeast distribution showed that the dominant yeast species were *Aureobasidium pullulans*, *A. leucospermi*, and *Filobasidium magnum* in each region and flower samples. Except for the above three yeast species, no species of yeasts showed any meaningful distribution among the habitat regions and sources. In conclusion, 50 species of indigenous yeasts were obtained from flowers that can be used as industrial resources, and the data could be used for further research on yeast diversity and interactions between yeast and its host.

Keywords: Diversity, Flowers, Identification, Yeast



OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249

Kor. J. Mycol. 2020 December; 48(4): 475-484
<https://doi.org/10.4489/KJM.20200045>

Received: October 30, 2020

Revised: November 19, 2020

Accepted: November 30, 2020

© 2020 THE KOREAN SOCIETY OF MYCOLOGY.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

효모는 다양한 서식지에서 다양하게 분포한다고 알려져 있다[1]. 토양과 수생환경에서의 효모 서식에 관한 연구는 많이 이루어지고 있지만 식물과 관련된 효모 군집(community)의 다양성과 그들의 연관성에 관한 연구는 상대적으로 부족하다[2-4]. 꽃은 영양 성분이 풍부하고 화학적 특성이 다양하여 효모 성장에 유리한 미세환경을 제공한다고 알려짐에 따라 최근 들어서 꽃을 분리원으로 하는 효모 연구가 종종 이루어지고 있다[5-7]. 특히 꿀을 많이 생산하는 꽃은 고에너지 함량으로 인해 미생물 성장에 유리하고, 높은 삼투압과 2차 화합물로 인해 다양한 효모 서식이 가능

하다고 보고되고 있다[8-9]. 꽃은 다양한 효모의 서식지로 알려질 뿐 아니라 꽃의 꿀 농도에 효모가 직접적으로 영향을 주며 서로 간에 연관성을 증명하려는 연구 또한 다각도로 진행되고 있다[10].

본 연구는 국내에 분포하는 꽃을 분리원으로 하여 지역별, 분리원별 효모의 다양성과 분포 특성에 관한 기초 자료를 확보하고, 국내에서 서식하고 있는 다양한 토착 효모 종을 수집하고자 하였다.

재료 및 방법

국내 지역별 꽃 채집 및 효모 순수 분리

2018년에서 2019년까지 경기도 수원, 충청북도 청주, 인천, 충청남도 아산, 보령, 부여, 당진, 공주, 논산, 서천, 서산, 전라북도 김제, 군산, 익산, 전주, 완주, 전라남도 구례, 광양, 순천, 여수, 경상북도 울진, 의성, 영덕, 경상남도 하동, 제주도, 25지역에서 꽃 9종(n=77)을 채취하였다. 9종의 꽃은 개나리(*Forsythia koreana*) 17개체, 매화(*Prunus mume* S. et Z.) 14개체, 홍매화(*Prunus mume* for. *alphandii*) 3개체, 황매화(*Passiflora caerulea* L.) 2개체, 벚꽃(*Prunus serrulata* var. *spontanea*) 8개체, 아카시아(*Robinia pseudoacacia*) 9개체, 진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 7개체, 산수유(*Cornus officinalis*) 7개체, 목련(*Magnolia kobus*) 8개체가 각각의 지역에서 채집되었다(Table 1).

채취된 꽃은 멸균된 0.85% sodium chloride buffer에 희석하여 항생제(chloramphenicol 17 mg/L과 propionic acid 1.25 g/L)가 첨가된 5종 배지; MEA (malt extract agar), DG18 (dichloran-glycerol agar), DRBC (dichloran rose bengal chloramphenicol agar), YMA(yeast malt extract agar), GPYA(glucose-peptone-yeast extract agar)에 각각 희석평판하고 3차 계대배양을 실시하여 효모 균주를 순수분리하였다.

효모 염기서열 분석 및 분자계통학적 분석

분리된 효모의 large-subunit (LSU) rDNA gene의 D1/D2 영역 염기서열은 (주)마크로젠(MacroGen, Seoul, Korea)의 염기서열 분석 의뢰를 통해 확보하였다. 프라이머는 NL1 (5'-GCATATCAATAAGCGGAGGAAAAG-3'), NL4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG-3')을 사용하여 양방향 분석하였다.

염기서열 분석 및 계통수 제작을 위한 프로그램은 MEGA ver. 7.0 software를 사용하였다[11]. 분석은 maximum likelihood statistical method (ML)과 bootstrap method (n=1,000)을 설정값으로 수행하였다. 표준균주 염기서열은 NCBI blast (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)의 데이터베이스를 참고하였고, 상동성 비교는 DNAMAN 7.0 (Lynnon Co., Quebec, Canada) software로 수행하였다.

결과 및 고찰

국내에 서식하는 꽃에서 유래한 야생 효모의 분리 및 동정

국내 25개 시·군(경기 1, 충북 2, 충남 8, 전북 5, 전남 4, 경북 3, 경남 1, 제주 1)에서 2018년부터 2년간 꽃 9종(n=77)을 채집하여 효모 502균주를 분리하였다. 분리된 효모의 LSU rDNA gene D1/D2 영역 염기서열을 분석하여 기존에 알려진 효모 표준균주 염기서열과 상동성을 비교하여 동정하였다. 그 결과 자낭균으로는 363균주(strain)가 3목(order), 9과(family), 26종(species)으로, 담자균으로는 139균주가 5목, 8과, 24종으로 동정되었다(Table 1, 2).

Table 1. List of flower samples from 25 regions of Korea during the year of 2018-2019.

No.	Collection regions	Host species	n
Chungcheongbuk-do			
1	Cheongju-si	<i>Forsythia koreana</i> (6)*, <i>Magnolia kobus</i> (2), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (6)	3
2	Jincheon-gun	<i>Forsythia koreana</i> (7), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (2), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (1), <i>Cornus officinalis</i> (6)	4
Chungcheongnam-do			
3	Asan-si	<i>Forsythia koreana</i> (5), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (6), <i>Cornus officinalis</i> (6)	3
4	Boryeong-si	<i>Prunus mume</i> S. et Z. (4), <i>Prunus mume</i> for. <i>alphandii</i> (8), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (11)	3
5	Buyeo-gun	<i>Robinia pseudoacacia</i> (2), <i>Robinia pseudoacacia</i> (4), <i>Robinia pseudoacacia</i> (2)	3
6	Dangjin-si	<i>Prunus mume</i> S. et Z. (4), <i>Magnolia kobus</i> (4), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (3)	3
7	Gongju-si	<i>Forsythia koreana</i> (8), <i>Forsythia koreana</i> (3), <i>Prunus mume</i> for. <i>alphandii</i> (2), <i>Magnolia kobus</i> (1), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (8)	5
8	Nonsan-si	<i>Passiflora caerulea</i> L. (4), <i>Robinia pseudoacacia</i> (1), <i>Robinia pseudoacacia</i> (6), <i>Robinia pseudoacacia</i> (7), <i>Robinia pseudoacacia</i> (7)	5
9	Seocheon-gun	<i>Forsythia koreana</i> (6), <i>Forsythia koreana</i> (4), <i>Forsythia koreana</i> (6), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (2), <i>Magnolia kobus</i> (9), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (4)	6
10	Seosan-si	<i>Prunus mume</i> S. et Z. (2)	1
Gyeonggi-do			
11	Suwon-si	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (7)	1
Gyeonggangbuk-do			
12	Uljin-gun	<i>Forsythia koreana</i> (5), <i>Forsythia koreana</i> (5)	2
13	Uiseong-gun	<i>Prunus mume</i> S. et Z. (5), <i>Cornus officinalis</i> (5)	2
14	Yeongdeok-gun	<i>Magnolia kobus</i> (9), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (12), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (5)	3
Gyeonggangnam-do			
15	Hadong-si	<i>Forsythia koreana</i> (4), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (3), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (1), <i>Magnolia kobus</i> (4)	4
Jeju-si			
16	Jeju-si	<i>Forsythia koreana</i> (6), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (6), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (7)	3
Jeollabuk-do			
17	Gimje-si	<i>Passiflora caerulea</i> L. (16)	1
18	Gunsan-si	<i>Forsythia koreana</i> (7), <i>Cornus officinalis</i> (9)	2
19	Iksan-si	<i>Robinia pseudoacacia</i> (18), <i>Robinia pseudoacacia</i> (2), <i>Robinia pseudoacacia</i> (8)	3
20	Jeonju-si	<i>Forsythia koreana</i> (4), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (4)	2
21	Wanju-gun	<i>Forsythia koreana</i> (6), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (8)	2
Jeollanam-do			
22	Gurye-gun	<i>Forsythia koreana</i> (11), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (11), <i>Magnolia kobus</i> (8), <i>Cornus officinalis</i> (7), <i>Cornus officinalis</i> (11)	5
23	Gwangyang-si	<i>Prunus mume</i> S. et Z. (19), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (5), <i>Prunus mume</i> for. <i>alphandii</i> (26), <i>Prunus mume</i> for. <i>alphandii</i> (7), <i>Cornus officinalis</i> (2)	5
24	Suncheon-si	<i>Forsythia koreana</i> (5), <i>Prunus mume</i> S. et Z. (13), <i>Magnolia kobus</i> (6), <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (11), <i>Rhododendron mucronulatum</i> (13)	5
25	Yeosu-si	<i>Rhododendron mucronulatum</i> (12)	1

*Number of isolated yeast strains is shown in parentheses.

Table 2. Flower-living yeasts isolated from 25 regions of Korea during the year of 2018-2019. (to be continued)

Species of yeasts	No. of Strain	Equivalent strain designation	Related GenBank sequence	Identity (%)
Ascomycota ^a -Capnodiales ^b -Cladosporiaceae ^c				
<i>Cladosporium endophytica</i>	2	MFLUCC17-0599 ^T	MG646949.1	576/577 (99.83%)
Ascomycota ^a -Dothideales ^b -Sacrotheciaceae ^c				
<i>Aureobasidium leucospermi</i> Group C1	4	CBS 130593 ^T	NG058566.1	585/586 (99.83%)
<i>Aureobasidium leucospermi</i> Group C4	4	CBS 130593 ^T	NG058566.1	581/586 (99.15%)
<i>Aureobasidium leucospermi</i> Group C6	78	CBS 130593 ^T	NG058566.1	581/585 (99.32%)
<i>Aureobasidium melanogenum</i> Group B2	7	CBS 105.22 ^T	FJ150926.1	583/583 (100%)
<i>Aureobasidium namibiae</i> Group D1	7	CBS 147.97 ^T	FJ150937.1	581/585 (99.32%)
<i>Aureobasidium namibiae</i> Group D8	1	CBS 147.97 ^T	FJ150937.1	580/582 (99.31%)
<i>Aureobasidium pulluans</i> Group A11	167	CBS 584.75 ^T	NG055734.1	582/582 (100%)
<i>Aureobasidium pulluans</i> Group A2	2	CBS 584.75 ^T	NG055734.1	580/581 (99.83%)
<i>Aureobasidium pulluans</i> Group A6	1	CBS 584.75 ^T	NG055734.1	584/585 (99.83%)
<i>Aureobasidium pulluans</i> Group A7	1	CBS 584.75 ^T	NG055734.1	578/579 (99.83%)
<i>Aureobasidium pulluans</i> Group A9	2	CBS 584.75 ^T	NG055734.1	586/587 (99.83%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Debaryomycetaceae ^c				
<i>Candida boleticola</i>	6	CBS 6420 ^T	KY106351.1	537/537 (100%)
<i>Candida saitoana</i>	2	CBS 940 ^T	KY106730.1	552/553 (99.82%)
<i>Debaryomyces nepalensis</i>	1	CBS 5921 ^T	KY107578.1	559/561 (99.64%)
<i>Debaryomyces prosopidis</i>	5	JCM 9913 ^T	NG055701.1	584/584 (100%)
<i>Meyerozyma caribbica</i>	1	NRRL-Y-27274 ^T	EU348786.1	567/570 (99.47%)
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	16	NRRL-Y-2075 ^T	JQ689047.1	573/574 (99.83%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Dipodascaceae ^c				
<i>Yarrowia deformans</i>	1	CBS 2071 ^T	EF405984.1	480/480 (100%)
<i>Yarrowia lipolytica</i>	1	CBS 6124 ^T	AM268450.1	483/484 (99.79%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Metschnikowiaceae ^c				
<i>Metschnikowia rancensis</i>	2	CBS 8174 ^T	AJ508580.1	505/509 (99.21%)
<i>Metschnikowia reukaufii</i>	11	CBS 5834 ^T	KY108499.1	518/522 (99.23%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Phaffomycetaceae ^c				
<i>Candida vartiovaarae</i>	6	CBS 4289 ^T	KY106862.1	555/555 (100%)
<i>Cyberlindnera fabianii</i>	2	NRRL-Y-1871 ^T	EF550321.1	577/577 (100%)
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	9	NRRL-Y-366 ^T	NG057174.1	554/555 (99.82%)
<i>Wickerhamomyces arborarius</i>	3	CBS 12941 ^T	KY110107.1	459/460 (99.78%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Pichiaceae ^c				
<i>Nakazawaea siamensis</i>	1	DMKU RK467 ^T	NG060235.1	555/556 (99.82%)
<i>Pichia membranifaciens</i>	1	CBS 107 ^T	KY108878.1	575/578 (99.48%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Saccharomycetaceae ^c				
<i>Lachancea thermotolerans</i>	7	NRRL-Y-8284 ^T	NG042626.1	575/575 (100%)
Ascomycota ^a -Saccharomycetales ^b -Saccharomycetales incertae sedis ^c				
<i>Candida argentea</i>	1	CBS 12358 ^T	KY106304.1	540/540 (100%)
<i>Candida bombi</i>	2	Y-17081 ^T	U45706.1	480/483 (99.38%)
<i>Candida sake</i>	3	CBS 159 ^T	KY106745.1	556/556 (100%)
<i>Candida temnochilae</i>	6	CBS 9938 ^T	AY242344.1	529/531 (99.68%)
Ascomycota-Filobasidiales ^b -Filobasidiaceae ^c				
<i>Cryptococcus albidus</i> var. <i>kuezingii</i>	1	CBS 1926 ^T	KY106960.1	570/570 (100%)
<i>Filobasidium magnum</i>	36	CBS 140 ^T	KY107722.1	617/618 (99.84%)
<i>Naganishia adeliensis</i>	11	CBS 8351 ^T	KY108601.1	597/598 (99.82%)
<i>Naganishia albida</i>	4	CBS 142 ^T	NG055717.1	598/598 (100%)
<i>Naganishia diffluens</i>	2	CBS 160 ^T	KY108608.1	565/565 (100%)
<i>Naganishia friedmannii</i>	11	CBS 7160 ^T	KY108613.1	613/614 (99.84%)
<i>Naganishia uzbekistanensis</i>	1	CBS 8683 ^T	KY108618.1	553/554 (99.82%)

Table 2. Flower-living yeasts isolated from 25 regions of Korea during the year of 2018-2019.

Species of yeasts	No. of Strain	Equivalent strain designation	Related GenBank sequence	Identity (%)
Basidiomycota ^a -Microbotryomycetes incertae sedis ^b -Microbotryomycetes incertae sedis ^c				
<i>Curvibasidium pallidicorallinum</i>	23	CBS 9091 ^T	KY107299.1	555/555 (100%)
Basidiomycota ^a -Sporidiobolales ^b -Sporidiobolaceae ^c				
<i>Rhodotorula dairenensis</i>	3	CBS 4406 ^T	KY108996.1	575/575 (100%)
<i>Rhodotorula graminis</i>	17	CBS 2826 ^T	AF070431.1	593/593 (100%)
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	4	CBS 316 ^T	NG055716.1	591/591 (100%)
<i>Rhodotorula taiwanensis</i>	2	CBS 11729 ^T	KY109163.1	579/580 (99.83%)
<i>Sporobolomyces phaffii</i>	6	CBS 9129 ^T	KY109760.1	590/593 (99.49%)
Basidiomycota ^a -Tremellales ^b -Bulleraceae ^c				
<i>Bullera alba</i>	1	CBS 500 ^T	NG042387.1	613/613 (100%)
Basidiomycota ^a -Tremellales ^b -Bulleribasidiaceae ^c				
<i>Hannaella kunmingensis</i>	1	JCM 11006 ^T	NG042317.1	617/617 (100%)
<i>Hannaella luteola</i>	1	CBS 943 ^T	AJ555466.1	614/614 (100%)
<i>Hannaella oryzae</i>	1	CBS 7194 ^T	NG042351.1	611/612 (99.84%)
Basidiomycota ^a -Tremellales ^b -Cryptococcaceae ^c				
<i>Kwoniella pini</i>	1	VKM-Y-2958 ^T	NG042453.1	611/611 (100%)
<i>Kwoniella shandongensis</i>	1	Y13-1 ^T	JN160602.1	610/610 (99.51%)
Basidiomycota ^a -Tremellales ^b -Rhynchogastremataceae ^c				
<i>Papiliotrema aurea</i>	5	CBS 318 ^T	KY108728.1	597/600 (99.50%)
<i>Papiliotrema pseudoalba</i>	1	CBS 7227 ^T	NG058276.1	606/607 (99.84%)
<i>Papiliotrema rajasthanensis</i>	1	CBS 10406 ^T	KY108743.1	574/575 (99.83%)
Basidiomycota ^a -Trichosporonales ^b -Trichosporonaceae ^c				
<i>Cutaneotrichosporon moniliiforme</i>	3	CBS 2467 ^T	KY107333.1	607/617 (98.38%)
<i>Trichosporon aquatile</i>	2	CBS 5973 ^T	NG058417.1	608/608 (100%)
Total number of strains	502			

^a Phylum; ^b Order; ^c Family; taxonomy of yeasts from those phylum level to family level

꽃 유래 야생 효모의 지역별 및 분리원별 다양성

총 502균주의 효모 중에서 자낭균 Saccotheciaceae family에 속하는 *Aureobasidium pullulans* (173균주)과 *A. leucospermi* (86균주)가 가장 많이 분리되었고, 담자균 Filobasidiaceae family의 *Filobasidium magnum* (36균주)이 다음 순위로 분리되었다(Fig. 1). 가장 발생 빈도가 높은 *A. pullulans*는 주로 식물 표면에 부착하여 서식하는 종으로 보고되었고, 5% 미만의 빈도로 분리된 *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, *Sporobolomyces* 속 등의 담자균류도 식물 잎에서의 분포가 보고된 바 있다[12-13]. 국내 주요 산과 섬, 논밭과 과수원, 수목원, 하천 등지의 야생화로부터 선행된 발생 보고에 의하면 *Cryptococcus* 속, *Pseudozygoma* 속, *Rhodotorula* 속, *Sporobolomyces* 속, *Metschnikowia* 속 등이 주로 분리되었다[14-18]. 스페인 남부지역의 다양한 꽃의 꿀에서 효모의 다양성에 관한 연구에서는 꽃의 당 농도 및 온도를 조절하거나 곤충 행동이나 식물의 활력에 미친다고 알려진 *Metschnikowia reukaufii*와 *M. gruessii* 종이 꽃의 꿀에 가장 많이 분포하고 그다음 빈도로 *A. pullulans*가 분포한다고 보고한 바 있다[5,8]. 이는 본 연구에서 보여준 효모 종의 분포와 일부 차이를 보였기 때문에 국내외 효모의 지역적 분포 차이로 해석할 수도 있으나, 꽃의 표면에 많이 분포하는 *Aureobasidium* 속이 많이 분리되었는가 또는 적게 분리되었는가의 차이는 분리원으로 꽃의 어느 부위(꽃잎, 꽃 받침, 꽃잎 표면 또는 내부, 화분, 꿀 등)를 사용하는가에 또는 어떤 분리 방법을 사용했는가 등의 방법적 차이에 의한 것도 함께 고려하여 판단해야 할 것이다.

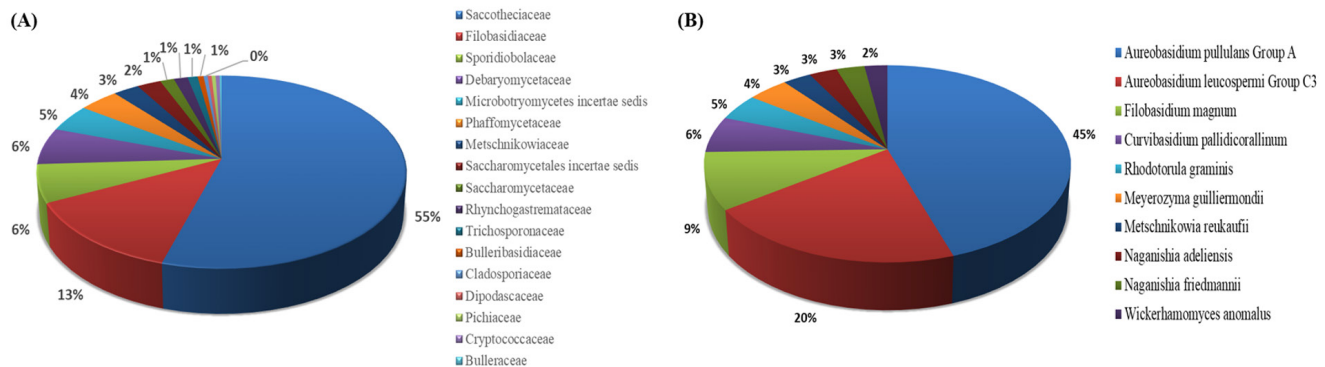


Fig. 1. Distribution and classification of yeasts isolated from flowers in Korea during the year of 2018-2019. (A) Classification of yeasts at family-level (B) Classification of yeasts at species-level; In (B), only the top 10 species of yeasts were shown.

채집 지역에 따라 효모의 분포 특성을 살펴보면, 꽃이 많이 채집된 지역인 충청남도과 전라남도 지역에서 각각 24종 139균주와 24종 167균주가 분리되었다. 모든 지역에서 *A. pullulans*와 *A. leucospermi*가 분리되었으며, *F. magnum*은 꽃이 적게 채집된 경기도와 제주도를 제외하고 모든 지역에서 분리되었다. 효모 3종 *A. pullulans*, *A. leucospermi*, *F. magnum*의 경우 여러 지역에서 골고루 분포하는 것으로 보아 국내에 분포하는 많은 꽃이 위의 주요한 효모 3종의 서식지로서 적합한 환경을 제공하는 것으로 보인다(Fig. 2).

효모의 분포는 지역적으로 유의미한 차이는 보이지 않았지만, 다양한 지역에서 분리된 효모는 앞선 연구에서와같이 샘플링 단위 수가 증가할수록 효모의 다양성이 증가함을 확인할 수 있었다 [10].

꽃 종류에 따른 효모 종(species)의 분포를 살펴보면, 분리원으로 사용된 모든 꽃에서 효모가 분리되었고 꽃 1종에서 효모는 최대 6종까지 분리할 수 있었다. 17시료로 가장 많이 채집된 개나리 (*Forsythia koreana*)로 부터 25종의 효모를 분리할 수 있었고, 지역적 분포에서 나타난 결과와 같이 모든 시료에서 *A. pullulans*, *A. leucospermi*, *F. magnum*가 분리되었고 채집된 시료가 다양할수록 다양한 효모를 확보할 수 있었다(Fig. 3). 주요한 3종 효모를 제외하고는 분리원에 따라 효모 종은 각기 다른 분포를 보였고, 대부분의 경우 꽃에 따른 효모 종 분포 유의성은 확인할 수 없었고 추후 연구를 통해 더 많은 샘플링과 더 많은 지역에서의 연구가 필요한 것으로 사료된다. 하지만 세계 여러 지역에서의 꽃과 효모의 광범위적 지역 분포 특성과 같은 많은 데이터베이스가 요구되는 연구를 위한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것으로 기대한다[5].

본 연구에서는 국내에 서식하는 꽃에 *A. pullulans*, *A. leucospermi*, *F. magnum* 효모 3종이 우점하는 것을 확인하였고, 다양한 효모 종의 지역별 및 분리원별 차이를 살펴봄으로써 효모와 기주 간의 상호작용이나 효모 다양성 연구에 기초 자료로 구축하였다. 또한 국내 토착 효모 50종을 확보함으로써 효모의 산업적 응용 분야를 위한 귀중한 자원으로 활용하고자 한다.

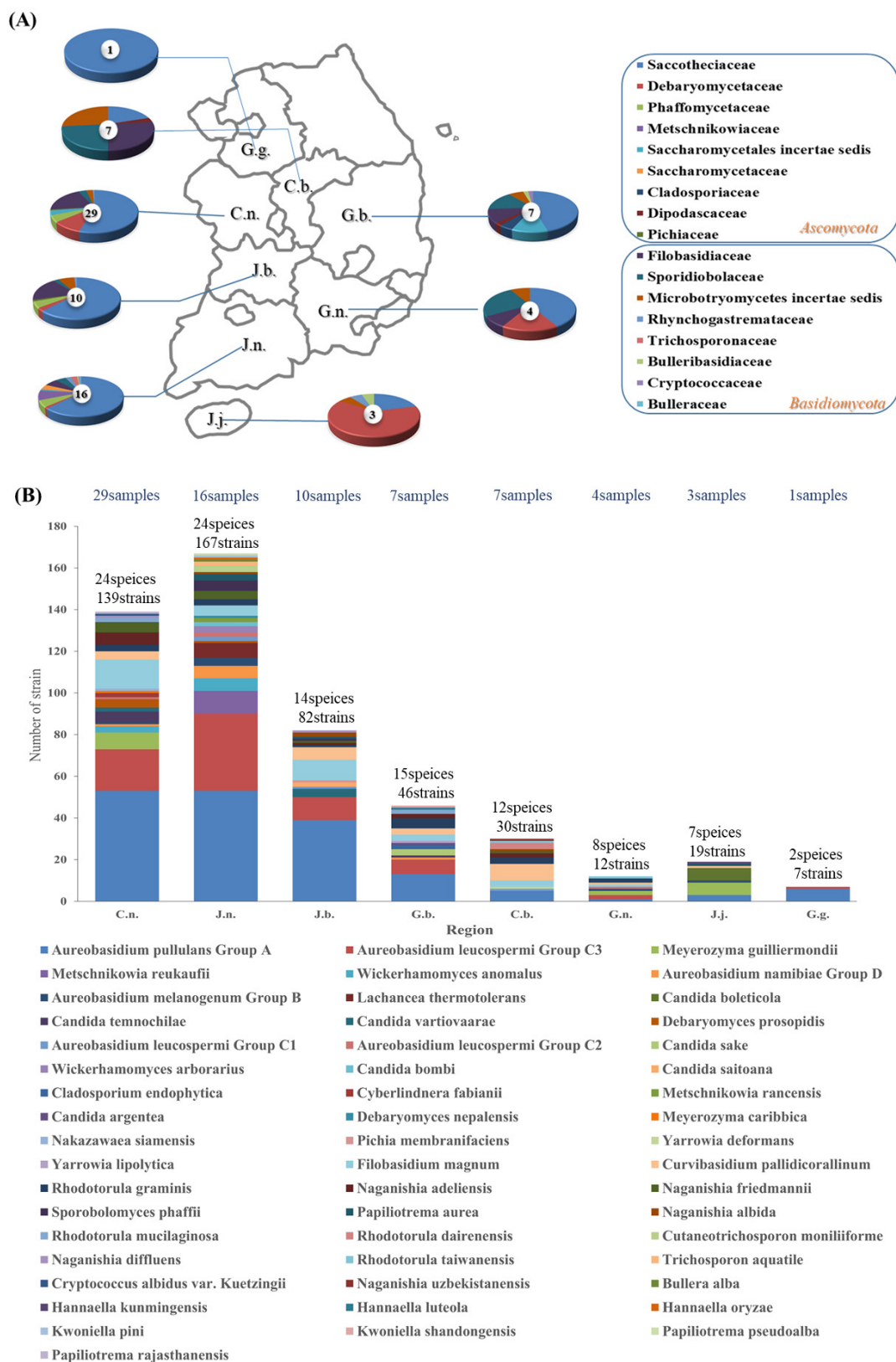


Fig. 2. The relationship between regions of collected samples and yeast species from flowers in Korea. (A) Distribution of yeasts species by sampling sites in Korea. The number of collected flowers are shown in pie graph. (B) The number of yeasts species and strains isolated by region. G.g., Gyeonggi-do; C.b., Chungcheongbuk-do; C.n., Chungcheongnam-do; J.b., Jeollabuk-do; J.n., Jeollanam-do; G.b., Gyeongsangbuk-do; G.n., Gyeongsangnam-do; J.j., Jeju-si.

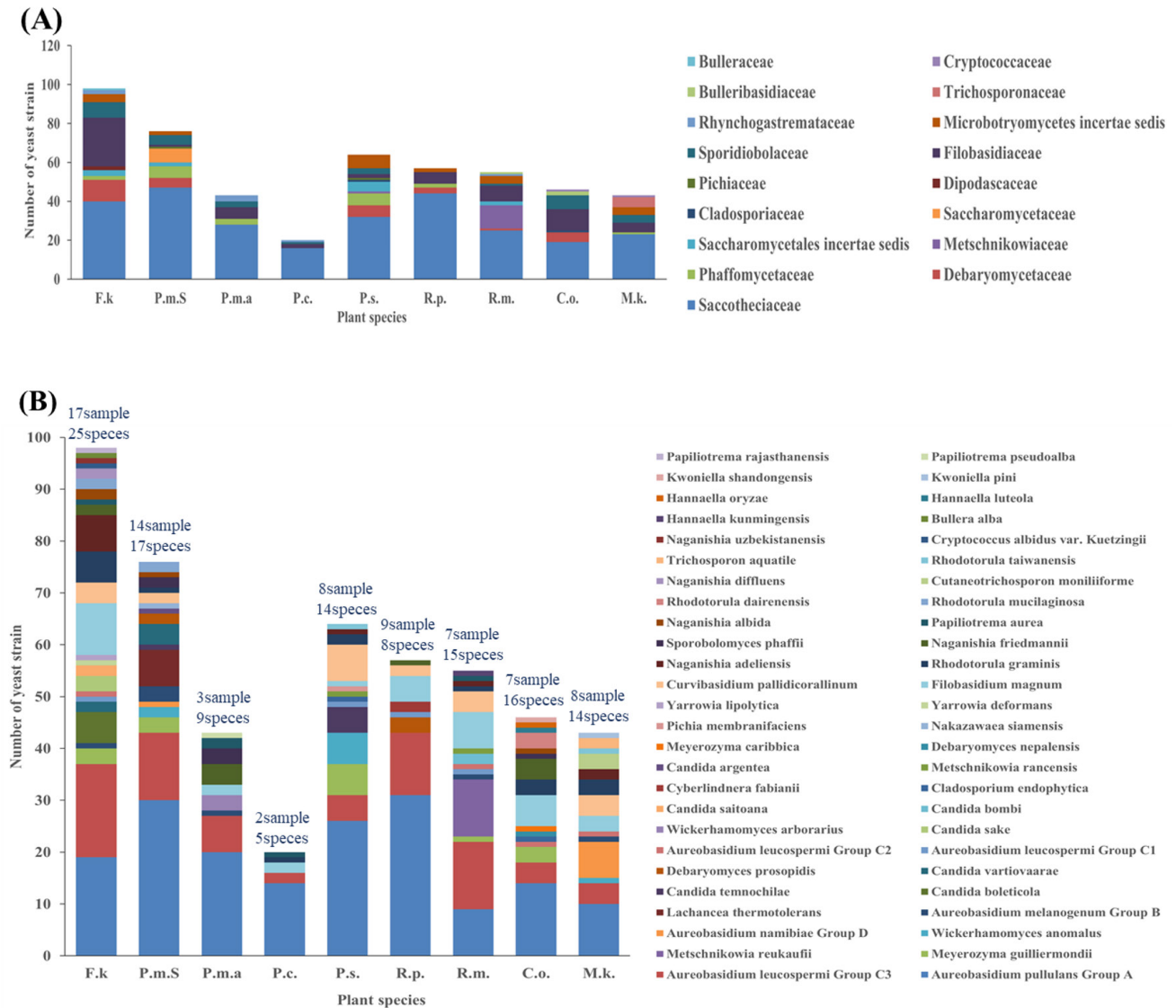


Fig. 3. Distribution of yeasts isolated from various flowers collected in Korea. (A) Classification of yeasts at family-level. (B) Classification of yeasts at species-level. Scientific names of flowers: F.k., *Forsythia koreana*; P.m.S, *Prunus mume* S. et Z.; P.m.a., *Prunus mume* for. *alphanthii*; P.c., *Passiflora caerulea* L; P.s., *Prunus serrulata* var. *spontanea*; R.p., *Robinia pseudoacacia*; R.m., *Rhododendron mucronulatum*; C.o., *Comus officinalis*; M.k., *Magnolia kobus*.

적요

국내에 서식하는 꽃에서 다양한 토착 효모를 분리 및 확보하고 효모의 분포 특성과 종 다양성에 관해 연구하였다. 국내 25지역에서 꽃 9종 77개체를 채집한 후 효모를 순수분리하였다. 효모 502 균주의 large-subunit (LSU) rDNA 염기서열을 분석 및 상동성 비교로 각 효모의 종을 동정하였다. 분리된 효모는 총 50종으로 동정 되었고, 모든 꽃 시료로부터 *Aureobasidium pullulans*, *A. leucospermi*, *Filobasidium magnum*이 분리되었다. 꽃에 우점한 효모 3종을 제외하고, 효모 균주수가 적게 분리된 종은 지역과 분리원에 따른 유의성을 확인할 수는 없었다. 본 연구를 통해 꽃으로부터 확보한 국내 토착 효모 50종은 산업적 활용을 위한 자원으로써 역할을 기대할 수 있고, 추후 효모와 기주 간의 상호작용이나 효모 다양성 연구의 기초 자료로써 활용될 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by a grant National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (Project No. PJ01354906) in Korea.

REFERENCES

1. Kurtzman PC, Fell WJ. Amsterdam, the yeasts, a taxonomic study, fifth edition. London: Elsevier; 2011; p. 65.
2. Han SM, Hyun SH, Lee HB, Lee HW, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from soils of paddy fields in Daejeon metropolitan city and Chungcheongnam-do, Korea. *Kor J Mycol* 2016;44:1-7.
3. Han SM, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from soils of an herb park in Seoul metropolitan city and characteristics of unrecorded yeasts. *Kor J Mycol* 2016;44:108-12.
4. Han SM, Kim HK, Lee HB, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from freshwaters and soils of Nakdong and Yeongsan river, Korea, with characterization of two unrecorded yeasts. *Kor J Mycol* 2016;44:350-4.
5. de Vega C, Albaladejo RG, Guzmán B, Steenhuisen SL, Johnson DS, Herrera MC, Lachance MA. Flowers as a reservoir of yeast diversity: description of *Wickerhamiella nectarea* f.a. sp. nov., and *Wickerhamiella natalensis* f.a. sp. nov. from South African flowers and pollinators, and transfer of related *Candida* species to the genus *Wickerhamiella* as new combinations. *FEMS Yeast Res* 2017;17:1-11.
6. Lachance AM, Bowles MJ, Starmer TW, Barker SJ. *Kodamaea kakaduensis* and *Candida tolerans*, two new ascomycetous yeast species from Australian *Hibiscus* flowers. *Can J Microbiol* 1999;45:172-77.
7. Hong SG, Chun JS, Oh HW, Bae KS. *Metschnikowia koreensis* sp. nov., a novel yeast species isolated from flowers in Korea. *Int J Syst Evol Microbiol* 2001;51:1927-31.
8. Pozo IM, Herrera MC, Bazaga P. Species richness of yeast communities in floral nectar of southern Spanish plants. *Microb Ecol* 2011;61:82-91.
9. Mittelbach M, Yurkow MA, Nocentini D, Nepi M, Weigend M, Begerow D. Nectar sugars and bird visitation define a floral niche for basidiomycetous yeast on the canary islands. *BMC Ecol* 2015;15:1-13.
10. Canto A, Herrera MC, Rodriguez R. Nectar-living yeasts of a tropical host plant community: Diversity and effects on community-wide floral nectar traits. *PeerJ* 2017;5:e3517.
11. Kumar S, Stercher G, Tamura K. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Mol Biol Evol* 2016;33:1870-4.
12. Fonseca Á, Inácio J. Phylloplane yeasts. The yeasts handbook. Biodiversity and ecophysiology of yeasts. In: Rosa CA, Peter G. Berlin: Springer-Verlag; 2006. pp. 263-302.
13. Vadkertiová R, Molnárová J, Vránová D, Sláviková E. Yeasts and yeast-like organisms associated with fruits and blossoms of different fruit trees. *Can J Microbiol* 2012;58:1344-52.
14. Hyun SH, Mun HY, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation of yeasts from wild flowers in Gyonggi-do province and Jeju island in Korea and the production of anti-gout xanthine oxidase inhibitor. *Korean J Microbiol Biotechnol* 2013;41:383-90.
15. Min JH, Ryu JJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers in Gyejoksan, Oseosan and Baekamsan of Korea. *Kor J Mycol* 2013;41:47-51.

16. Hyun SH, Min JH, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of yeasts from wild flowers in Ulleungdo and Yokjido, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:28-33.
17. Hyun SH, Han SM, Lee JS. Isolation and physiological functionality of yeasts from wild flowers in Seonyudo of Gogunsanyeoldo, Jeollabuk-do, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:201-6.
18. Hyun SH, Lee JG, Park WJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of yeasts from fruits and flowers of orchard in Sinam-myeon of Yesan-gun, Chungcheongnam-do, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:21-7.