다수성, 역병 저항성 흰색 참깨 품종 ‘누리’

김성업* · 이정은 · 오은영 · 김정인 · 김민영 · 김상우 · 조광수 · 이명희 · 정찬식

국립식량과학원 남부작물부

A White Sesame Variety ‘Nuri’ with Phytophthora Blight Disease Resistance

Sung-Up Kim*, Jeongun Lee, Eunyoung Oh, Jung-In Kim, Min Young Kim, Sang Woo Kim, Kwang-Soo Cho, Myoung-Hee Lee, and Chan Sik Jung

Department of Southern Area Crop, NICS, RDA, Miryang, 50424, Republic of Korea

Abstract A white sesame variety ‘Nuri’ (*Sesamum indicum* L.) with resistance to Phytophthora blight disease was developed in 2016. It was derived from a cross between ‘Suwon 131’ and ‘Yangbaek’ in 1999. ‘Nuri’ has few branches and triple capsules per node. Notably, ‘Nuri’ exhibited resistance to Phytophthora blight and Fusarium wilt and a yield of approximately 1.19 tons per hectare, 17% higher than that of ‘Kopoom’. ‘Nuri’ presented a crude fat content of 49.0% and protein content of 26.1%. Thus, this variety would contribute to increased sesame production. (Registration no. 7889).

Keywords sesame variety, Nuri, disease resistance, *sesamum indicum* L.

Received on November 9, 2021. Revised on December 8, 2021. Accepted on December 10, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: sesameup@korea.kr, Tel: +82-55-350-1227, Fax: +82-55-353-3050)

서 언

참깨는 역사가 오래된 유식작물 중 하나로 아시아, 아프리카 등 전세계적으로 재배되고 있다(Bedigian 2004). 종자에는 지방, 단백질, 미네랄이 풍부하고 항산화 성분인 세사민, 세사몰린 등이 포함되어 있다. 특히 세사민은 항염, 항암, 항산화 등 생리효능이 알려져 있다(Andargie et al. 2021, Kim et al. 2020).

국내에서는 5월 중순에 파종하여 8월 하순경에 수확하는 단작 재배가 주를 이룬다. 그리고 재배기간이 90~110일 정도로 짧아 양파·마늘 또는 과채류 후작으로도 재배되고 있다. 하지만 기계화가 저조하고 병과 재해에 취약하여 농가 생산성이 매우 저조하다. 2019년 기준 참깨 파종·정식 기계화율은 10.3%이고 수확 기계화율은 4.3%로 여전히 낮은 실정이다(KOSIS 2021). 또한 재배기간 동안 발생하는 잘록병, 시들음병, 역병, 잎마름병 등은 안정적인 재배에 큰 위협이 되고 있다(Oh et al. 2018). 특히 2020년에는 30일 이상 강우가 지속되면서 역병과 잎마름병이 많이 발생하였다. 그 결과 농가 수량성은 약 30 kg수준까지 떨어졌으며, 생산량은 약 7천톤으로 급감하였다(KOSIS 2021).

과거에는 직파 재배가 주를 이뤘지만 최근에는 재배 안정성을 높이고 노동력 절감을 위해 육묘이식재배로 전환되고 있다. 참깨,

들깨 간작 재배 등 다양한 작부체계 연구와 함께, 조기 파종에 적합한 품종, 만파 적응성이 높은 참깨 품종이 추천되었다(Kim et al. 2021, Shim et al. 2020). 또한 참깨 콤바인 수확 효율 증진을 위한 건조제로써 비선택성 제초제인 티아페나실이 선발되었다(Won et al. 2021). 종실용 들깨의 예취기를 이용한 기계 수확을 위한 최종파종시기가 확립되었다(Kwak et al. 2018).

최근 재배안정성이 높고 수량성이 높은 유미, 건백 등 참깨 품종이 개발되었다(Kim et al. 2018, Kim et al. 2020). 또한 참깨 역병유묘검정 방법이 확립되고 참깨 역병 연관 후보유전자가 탐색되면서 역병저항성 품종 육성에 활용되고 있다(Asekova et al. 2021, Oh et al. 2018). 하지만 아직까지 시들음병, 잎마름병 검정체계와 복합 병저항성 품종 개발은 미흡한 실정이다. 국립식량과학원 남부작물부에서는 역병과 시들음병에 강한 흰색 참깨 품종 ‘누리’를 개발하여 육성 경위와 품종 특성을 소개하고자 한다.

재료 및 방법

생육 특성, 병해 및 수량성

2014, 2015, 2016년에 나주, 밀양, 수원, 안동, 예산, 익산, 청주

7개 지역에서 지역적응시험을 수행하였다. 파종은 5월 중순에 하였으며, 재식거리는 30 x 10 cm으로, 시험구 크기는 11 m²으로 하여 난괴법 3반복으로 하였다. 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준에 따라 개화기, 성숙기, 경장, 착색부위장, 주당삭수, 천립중, 종실중, 도복, 역병, 시들음병, 흰가루병 등을 조사하였다(RDA 2012). ‘개화기’는 시험구에서 40%이상의 개체가 개화한 날을, ‘성숙기’는 시험구에서 전 주수의 80~90%의 잎, 줄기의 황화가 시작된 날을 조사하였다. ‘경장’은 수확 직전 시험구에서 20주의 지표면에서 주경의 끝부분까지의 길이의 평균값을 조사하였으며, ‘착색부위장’은 수확직전 20주의 처음 달린 꼬투리에서 끝에 달린 꼬투리 부위까지의 길이의 평균값을 조사하였다. ‘주당삭수’는 수확직전 20주의 꼬투리수의 평균값을 조사하였다. ‘천립중’은 정선한 종실 1000립의 무게를 조사하였고, ‘종실중’은 시험구 면적에서 보더를 제외하고 8.8 m²에서 얻은 종실량을 10 a당 수량으로 환산하였다. ‘도복’은 성숙기에 45°이상 기울어진 개체수를 조사하였고, ‘역병’, ‘시들음병’은 수확 이전 병해가 가장 심할 때 발병주율을 조사하여 0~9사이의 계급값을 부여한 후 평균값으로 나타내었다. 역병은 무발병일 때 0, 발병주율이 5% 이하일 때 1, 5%에서 15%사이일 때 3, 15%에서 25%사이일 때 5, 25%에서 50%사이일 때 7, 50%이상은 9로 하였다. 시들음병 조사기준은 무발병일 때 0, 발병주율이 5% 이하일 때 1, 5%에서 10%사이일 때 3, 10%에서 20%사이일 때 5, 20%에서 30%사이일 때 7, 30%이상은 9로 나타내었다. 도복은 전체 개체에서 5%이하의 개체가 도복 되었을 때 1, 6%에서 10%사이일 때 3, 11%에서 50%사이일 때 5, 51%에서 75%사이의 개체가 도복 되었을 때 7, 76%이상의 개체가 도복 되었을 때 9로 나타내었다.

역병저항성 생물검정을 위해 농업유전자원센터에서 역병균주 KACC48120을 분양 받아 사용하였다. 균주를 V8-주스배지에 28℃ 암배양 후 균사를 제외한 배지를 제외하고 멸균수로 씻었다. 이후 유주자낭 형성을 촉진하기 위해 23℃에서 광배양을 하였다. 이후 거즈로 균사를 거른 후 1×10^4 zoospore/mL 농도로 현탁액을 준비하였다. 접종할 식물체는 트레이 128공에 자원당 16개체씩 파종하였다. 접종 시기는 파종 후 10일정도 자란 제1본엽기에 줄기 아랫부분에 2 mL씩 현탁액을 관주하였다. 역병검정은 누리, 도담, 강유 등 주요 품종과 우량계통 등을 대상으로 하였으며 접종 후 7일 후에 저항성, 감수성으로 평가하였다(Oh et al. 2018).

품질특성

조지방 함량, 지방산 조성, 조단백질 함량, 세사민, 세사몰린 함량 분석을 위해 2014, 2015, 2016년에 밀양 남부작물부 시험포장에서 생산된 종자를 사용하였다. 조지방 함량은 분쇄시료 2.0 g을 헥산(n-hexane)을 용매로 하여 자동 속시렛 추출장치(B-811, Buchi, Switzerland)를 이용하여 20회 추출하여 수분 보정한 값을 환산하였다. 지방산조성은 추출한 지방을 기름 150 µl과 시약(MeOH:H₂SO₄:Toluene=20:1:10) 5ml를 가하여 1시간 중탕을 통하여 지방의 Methyl ester로 변환시킨 후 가스크로마토그래프(7890A, Agilent, USA)를 이용하여 분석하였다. GC column은 HP-FFAP capillary, 온도는 150-230℃, Carrier gas는 N₂ 등 분석 조건으로 수행하였다. 리그난 함량은 분쇄시료 1 g을 메탄올을 용매로 하여 24시간동안 상온에서 교반한 후에 필터(0.2 µm membrane filter)로 여과 후 액체크로마토그래피(HPLC, High Performance Liquid Chromatography)로 분석하였다. 단백질 함량은 시료 1 g을 자동 Kjeldahl (rapid N cube, Elementar, Germany) 기기로 분석하였다.

통계분석

통계분석은 SAS program version 9.4 (SAS Institute 2009)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

육성 경위

‘누리’는 병에 강하고 안정적인 재배가 가능한 참깨 품종을 육성하기 위해 1999년 내병성이 강한 ‘수원131호’와 품질이 우수하고 수량성이 높은 ‘양백’을 모본, 부본으로 하여 인공 교배 하였고 계통 육종법으로 육성하였다. 2012, 2013년 밀양에서 생산력검정시험 결과 역병과 시들음병에 강한 HS1149-2B-1-3-1-1-1을 선발하였고 ‘밀양55호’로 계통명을 부여하였다. 이후 2014년, 2015년, 2016년 3개년간 나주, 밀양, 수원, 안동, 예산, 익산, 청주 7지역에서 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과 2016년 직무육성 신품종 선정위원회에서 그 우수성이 인정되어 ‘누리’로 명명, 신품종으로 등록하게 되었다(Figs. 1, 2).

생육특성

‘누리’는 분지 발생이 적고 꼬투리는 3과성 2실 4방형으로 달리며, 화색과 종피색은 흰색이다(Table 1, Fig. 3). 개화기는 7월 3일, 성숙기는 8월 23일로 대조품종인 ‘고품’과 비슷하였다.

Year	'99	'00	'01	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Suwon131			1		1							
×	HS1149	B	B	1	3	1	1	1	1			
Yangbaek			•	•	•	•	2					
			400	6	5	3		3	3			
Remark	Pedigree selection					Yield Trial Regional Yield Trial						

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Nuri'

Fig. 2. Genealogical diagram of 'Nuri'

Table 1. Inherent characteristics of 'Nuri'

Variety	Branching style	Flower color	Capsule bearing habit			Seed coat color
			Capsule	Carpellate	Loculus	
Nuri	Few	White	Tri	Bi	Quadri	White
Kopoom	Few	White	Tri	Bi	Quadri	White

경장은 138 cm로 고품 보다 10 cm 길었으며, 착색부위장은 86 cm로 '고품'과 비슷하였다. 주당삭수는 82개로 '고품'과 비슷하였다 (Table 2, Fig. 4).

Fig. 3. The seed of 'Nuri'

Fig. 4. The maturity stage of 'Nuri'.

병 및 도복저항성

역병 생물검정 결과 '누리'를 포함한 도담, 강유 등은 저항성을 나타내었다 (Table 3, Fig. 5). 포장에서 역병 평가결과 '누리'는 3으로 나타나 대조품중인 '고품(5)' 보다 강한 것으로 나타났다. 시들음병 평가결과 1로 나타나 '고품(3)' 보다 강한 것으로 나타났다 (Fig. 6). 흰가루병 평가결과 '누리'는 1로 나타나 '고품(3)'

보다 강한 것으로 나타났다. 잎마름병 평가 결과 ‘누리’, ‘고품’ 모두 5로 나타나 약한 것으로 나타났다. 도복 평가결과 ‘누리’는 3으로 나타나 ‘고품(5)’ 보다 강한 것으로 나타났다(Table 3). 특히 역병과 시들음병은 토양전염성 병으로 매년 함께 재배에 커다란 위협이 되고 있다. 최근 5년간 가장 많이 보급되어 재배되고 있는 ‘건백’은 시들음병에 다소 약한 특성을 갖고 있다. 반면에 ‘누리’는 역병과 시들음병에 모두 강한 특성을 나타내어 ‘건백’을 대체하여 함께 안정적인 생산에 기여 가능할 것으로 사료된다. 하지만 아직까지 잎마름병에 대한 저항성을 나타내는 품종은 없는 실정으로, 추후 잎마름병, 시들음병 검정체계 확립과 함께 복합병저항성 품종 개발을 위한 노력이 지속적으로 필요하다.

수량성

2014년, 2015년, 2016년 3개년간 밀양, 청주, 안동, 나주, 수원, 익산, 예산 7개 지역에서 지역적응시험 결과 ‘누리’의 1ha당 평균 수량은 1.18MT으로 대조 품종인 ‘고품’ 보다 17% 높게 나타났다(Table 4). 현재 농가에 가장 많이 보급되고 있는 ‘건백’의 수량성(1.19MT)과 비슷한 수준이었다(Kim et al. 2018). 또한 7개 지역에서 평균 수량이 ‘고품’보다 모두 높아 지역적응성이 우수한 것으로 나타났다. 하지만 2014년 밀양에서 ‘누리’의 평균수량은 0.48MT로 낮았다. 이는 잎마름병으로 등숙이 빨라지고 종자가 탈립되면서 손실이 발생했기 때문이다. 반면, 2014년 밀양에서 ‘고품’의 평균 수량은 0.90MT으로 잎마름병으로 인한 수량 손실

Fig. 5. The result of phytophthora inoculation in sesame elite line and varieties.

Fig. 6. Fusarium wilt resistance in the field(left:Nuri, right:Kopoom)

이 적었다. ‘고품’은 내탈립성이 강해 잎마름병으로 꼬투리 등숙이 진행되어도 종자가 탈립되지 않았기 때문이다(Table 4).

Table 2. Agronomic characteristics of ‘Nuri’

Variety	Flowering Date	Maturity Date	Height of plant (cm)	Capsule zone length (cm)	Number of capsules	1000 Seed weight (g)
Nuri	Jul. 3	Aug. 23	138±19	86±15	82±12	2.7±0.1
Kopoom	Jul. 2	Aug. 21	128±8	85±8	81±16	2.7±0.1
<i>t</i> -value			-0.85 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.30 ^{ns}

^{ns}not significant

Table 3. Resistance to disease and lodging of ‘Nuri’

variety	Phytophthora Blight		Fusarium Wilt (0-9) ^x	Powdery mildew (0-9) ^w	Leaf blight (0-9) ^w	Lodging (1-9) ^v
	Inoculation (R,S) ^z	Field (0-9) ^y				
Nuri	R	3	1	1	5	3
Kopoom	S	5	3	3	5	5

^zStrain: KACC48120(*Phytophthora nicotianae*.)

^y0; None, 1; under 5%, 3; 5.1~15%, 5; 15.1~25%, 7; 25.1~50%, 9; over 50.1%.

^w0; None, 1; under 5%, 3; 5.1~10%, 5; 10.1~20%, 7; 20.1~30%, 9; over 30.1%.

^v0; None, 1; under 10%, 3; 10.1~30%, 5; 30.1~50%, 7; 50.1~80%, 9; over 80.1%.

^x1; under 5%, 3; 6~10%, 5; 11~50%, 7; 51~75%, 9; over 76%.

Table 4. Yield performance of ‘Nuri’ in regional yield trial for 3 years

Locations	Nuri (MT/ha)				Index (A/B*100)	Kopoom (MT/ha)			
	2014	2015	2016	Mean (A)		2014	2015	2016	Mean (B)
Naju	0.82	0.85	1.43	1.03	111	0.83	0.81	1.14	0.93
Miryang	0.48	1.32	1.29	1.03	127	0.90	0.80	0.73	0.81
Suwon	0.85	0.86	0.99	0.90	122	0.65	0.75	0.82	0.74
Andong	1.51	1.09	1.55	1.38	107	1.55	0.87	1.46	1.29
Yesan	1.14	1.49	2.19	1.61	124	1.27	1.25	1.39	1.30
Iksan	0.95	1.22	1.44	1.20	118	1.10	1.06	0.91	1.02
Cheongju	0.89	1.30	1.11	1.10	113	0.99	1.03	0.90	0.97
Mean	0.95	1.16	1.43	1.18 ^{ns}	117 ^{ns}	1.04	0.94	1.05	1.01 ^{ns}

^{ns}not significant**Table 5.** Oil and protein content and fatty acid composition in kernels of a sesame variety ‘Nuri’

Variety	Oil (%)	Protein (%)	Fatty acid composition (%)		Lignan (mg/g)		
			Oleic acid	Linoleic acid.	Sesamin	Sesamolin	Sum
Nuri	49.0±1.5	26.1±2.9	39.6±1.9	44.9±2.6	2.93±0.44	2.58±0.64	5.51±1.04
Kopoom	50.8±2.2	27.0±2.4	43.7±3.5	41.4±4.3	3.60±0.50	3.60±0.34	7.20±0.66
<i>t</i> -value	1.14 ^{ns}	0.38 ^{ns}	1.76 ^{ns}	1.20 ^{ns}	1.72 ^{ns}	2.42 ^{ns}	2.37 ^{ns}

^{ns}not significant

품질특성

품질분석결과 ‘누리’의 조지방 함량은 49.0%로 ‘고품’ 보다 다소 낮았으며 단백질 함량은 26.1%로 ‘고품’ 보다 0.9% 낮았다. 항산화 성분인 리그난 함량은 5.51 mg/g으로 고품 보다 낮았다 (Table 5).

적응지역 및 재배상의 유의점

적응 지역 내 고지대의 일조시간이 적고 온도가 낮거나 물 빠짐이 불량한 지대에서는 재배를 피해야 하며 병해충의 적기 방제에 유의하고 예방위주의 방제를 해야 한다.

적 요

역병에 강한 흰색 참깨 품종 ‘누리’가 개발되었다. ‘누리’는 내병성이 강한 ‘수원131호’와 품질이 우수한 ‘양백’을 1999년에 인공교배하여 계통육종법으로 육성하였다. ‘누리’는 분지 발생이 적으며 3과성 2실 4방형의 꼬투리를 가지고 있다. 성숙기는 8월 23일로 고품 보다 2일 늦고 경장은 138 cm로 큰 편이다. 포장에서 병 및 도복저항성 검정결과 고품 보다 역병(3), 시들음병(1), 흰가루병(1), 도복(3)에 강한 특성을 보였다. 또한 역병

생물 검정 결과 저항성인 것으로 나타났다. 품질 분석결과 지방은 49.0%, 단백질은 26.1%로 고품 보다 다소 낮았다. 향후 내병성이 강한 ‘누리’ 보급을 통해 국내산 참깨의 안정적인 생산과 수급이 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01425401)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Andargie M, Vina M, Rathgeb A, Möller E, Karlovsky P. 2021. Lignans of sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review. *Molecules*. 26: 883. <https://doi.org/10.3390/molecules26040883>
- Asekova S, Oh E, Kulkarni KP, Siddique MI, Lee MH, Kim JI, Lee J-D, Kim M, Oh K-W, Ha T-J, Kim S-U, Cho K-S. 2021. An integrated approach of QTL mapping and genome-wide association analysis identifies candidate genes for phytophthora blight resistance in sesame (*Sesamum indicum*

- L.). *Front Plant Sci* 12: 604709. doi: 10.3389/fpls.2021.604709
3. Bedigian D. 2004. History and lore of sesame in Southwest Asia. *Econ Bot* 58: 329-353.
4. Kim AY, Yun CI, Lee JG, Kim YJ. 2020. Determination and daily intake estimation of lignans in sesame seeds and sesame oil products in Korea. *Foods* 30: 394. doi:10.3390/foods9040394
5. Kim YS, Kim KH, Yun CG, Heo YS, Kim IJ, Kim YH, Song YS, Lee MH. 2021. Effects of seeding date on growth, yield and fatty acid content of *Perilla* inter-cropped with sesame in central Korea. *Korean J Crop Sci* 665: 138-145.
6. Kim SU, Lee MH, Pae SB, Oh EY, Kim JI, Ha TJ. 2018. A sesame variety “Goenback” with phytophthora blight disease and high yield. *Korean J Breed Sci* 50: 256-260.
7. Kim SU, Lee MH, Pae SB, Oh EY, Kim JI, Ha TJ. 2020. A white sesame variety ‘Yoomi’ with disease resistance and high yield. *Korean J Breed Sci* 52:76-80.
8. KOSIS(Korean statistical information service). 2021. Statistics Korea. <http://kosis.kr>
9. Kwak KS, Han WY, Ryu JS, Bae JW, Park JK, Baek IY. 2018. An establishment of the optimum sowing time for a machine harvest of *Perilla* for seed. *J Korean Soc Int Agric* 30: 370-375.
10. Oh EY, Kim SU, Asekova S, Yoon YN, Lee JD. 2018. An improved screening method for evaluation of resistance to phytophthora blight in sesame cultivars and accessions. *Plant Breed Biotech* 6: 305-308.
11. Rural Development Administration(RDA). 2012. Standard method of investigation and analysis for research on the agricultural science and technology. 5th ed. pp. 442-447.
12. Shim KB, Goo BI, Shin MN, Jeon WT. 2020. Effect of temperature and daylength on flowering and growth characteristics. *Korean J Crop Sci* 65: 241-247.
13. Won OJ, Suh EJ, Park JS, Hong SY, Park JK, Ryu JS, Han WY, Han KS, Song DY, Jung TW, Kim SW, Bae JW, Yoon YH. 2021. Selection of desiccant to improve combine harvest efficiency of sesame. *Weed Turf Sci* 10: 25-33.