

보도자료



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

보도일시	배포 즉시 보도
	2024. 11. 19.(화)
문의	담당자: 농업생명과학대학 기획실 박용준(02-880-4510)
	연구단장/연구책임자 농생명공학부 이용환 석좌교수(02-880-4674) / 교신저자
	연구단/연구진 임유진 박사 연구원(02-880-4684) / 제1저자

■ 제목/부제

제목	식물 병원성 곰팡이의 새로운 병원성 메커니즘 구명
부제	식물 면역 반응을 조절하는 벼 도열병균의 핵이펙터 이동 기작 구명

■ 요약

<p>연구 필요성</p>	<p>벼도열병은 매년 전 세계적으로 6천만 명의 식량에 해당하는 수확량 손실을 초래한다. 벼도열병 방제를 위해 저항성 품종 및 화학 살균제를 주로 사용하고 있다. 그러나 병원균의 빠른 진화로 새로운 병원형이 등장하여 저항성 품종의 효과가 오래 지속되지 못하였다. 또한, 살균제의 과다 사용은 저항성 균주의 출현을 야기하여, 환경친화적이며 지속 가능한 방제법이 요구되고 있다. 이를 위해서는 벼도열병 발생 메커니즘에 대한 깊이 있는 이해가 필요하다.</p>
<p>연구성과/ 기대효과</p>	<p>이번 연구에서 벼도열병균이 분비하는 핵 이펙터가 벼의 면역 반응을 무력화하는 새로운 병원성 메커니즘을 밝혔다. 이 연구성과는 벼도열병균뿐 아니라 다른 식물 병원성 곰팡이의 병 발생 메커니즘 구명을 위한 새로운 플랫폼을 제시하였다.</p>
<p>Abstract</p>	<p>Plant pathogens secrete nuclear effectors into the host nuclei to modulate the host immune system. Although several nuclear effectors of fungal pathogens have been recently reported, the molecular mechanism of NLS-associated transport vehicles of nuclear effectors and the roles of NLS in transcriptional reprogramming of host immunity genes remain enigmatic. We previously reported the MoHTR1, a nuclear effector of the rice blast fungus, <i>Magnaporthe oryzae</i>. MoHTR1 is translocated to rice nuclei but not in fungal nuclei. Here, we identify the core NLS (RxKK) responsible for MoHTR1's nuclear localization. MoHTR1 is translocated in the host nucleus through interaction with rice importin α. MoHTR1 NLS empowers it to translocate the cytoplasmic effectors of <i>M. oryzae</i> into rice nuclei. Furthermore, other nuclear effector candidates of the blast pathogen and rice proteins which have RxKK also exhibit nuclear localization, highlighting the crucial role of RxKK in this process. We also unveil the importance of SUMOylation in the stability of MoHTR1 and translocation of MoHTR1 to host nuclei. Moreover, MoHTR1 NLS is essential for the pathogenicity of <i>M. oryzae</i> by reprogramming immunity-associated genes in the host. Our findings will provide unprecedented insights into the significance of plant-specific NLS on fungal nuclear effectors and its role in plant-pathogen interactions.</p>
<p>Journal Link</p>	<p>https://www.nature.com/articles/s41467-024-54272-4</p>

■ 본문

- 매년 식물병으로 인한 농작물의 손실은 전 세계적으로 전체 수확량의 30%에 달한다. 특히 벼에 발생하는 벼도열병은 매년 6천만 명이 먹을 수 있는 양의 식량 손실을 초래하여 사회 경제적으로 매우 큰 영향을 미치는 가장 중요한 병해이다.

○ 벼 도열병 방제를 위해 저항성 품종 및 화학 살균제를 사용하여 왔지만, 병원균의 새로운 병원형 및 살균제 저항성 균주 출현 빈도가 높아지면서 환경친화적이며 지속 가능한 새로운 식물병 방제법이 요구되고 있다.

○ 식물 병원균은 기주식물과 함께 공진화하며, **이펙터**라는 병원성 단백질을 분비하여 기주식물의 면역 반응을 억제시킨다. 이펙터에 대한 분자생물학적 이해는 병원균의 병원성 메커니즘을 구명하기 위한 중요한 연구 분야이기에 현재 전 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

○ 병원균 이펙터 중 **핵 이펙터**는 병원균으로부터 분비되어 기주식물의 핵으로 이동해 식물의 면역 반응을 조절하는 역할을 하는 것으로 본 연구팀에 의해 처음으로 밝혀진 바 있다(*Nature Communications* 11:5845, 2020). 그러나 핵 이펙터가 기주식물의 핵으로 어떻게 이동하는지에 대한 정확한 메커니즘은 밝혀진 바 없었다.

□ **서울대학교 농생명공학부 이용환 석좌교수 연구팀은 벼 도열병균의 핵 이펙터인 MoHTR1이 기주식물 내에서 핵으로 이동하는 기작을 처음으로 구명하였다.**

○ 연구팀은 핵 이펙터 MoHTR1이 기주식물의 핵으로 이동하는데 필수적인 핵 표적 서열(NLS, Nuclear Localization Sequence)을 밝혔다. 다양한 분자생물학적 실험을 통해 이 핵 표적 서열이 벼 도열병균의 세포질 이펙터 또한 핵으로 이동시킴을 확인하였다.

○ 핵 이펙터 MoHTR1의 핵 표적 서열은 다른 벼 도열병균 이펙터 뿐만 아니라, 다양한 벼 단백질들에서도 발견되었고, 이들은 세포 내에서 핵에 위치하고 있음을 밝혔다. 이러한 연구 결과는 MoHTR1의 핵 표적 서열이 다양한 단백질들의 핵 이동에 있어 중요한 역할을 한다는 점을 입증하였다.

○ MoHTR1이 기주식물의 핵으로 이동하기 위해서는 단백질 수정과정(SUMOylation)을 통해 안정화 되어야 하며, 벼의 임포틴 단백질과 상호작용을 해야 한다는 것 또한 구명하였다.

○ 따라서 연구팀은 다양한 분자생물학적 및 생물정보학 연구기법을 활용하여 벼 도열병균의 핵 이펙터인 MoHTR1의 핵 표적 서열, MoHTR1의 단백질 수정과정, 그리고 기주식물 임포틴과의 상호작용 등을 밝혀, 핵 표적 서열이 병원균의 병원성 및 식물의 면역 반응을 조절한다는 것을 최초로 구명했다.

○ 이러한 연구 결과는 벼 도열병균의 병원성 메커니즘뿐 아니라 다른 식물 병원성 곰팡이들

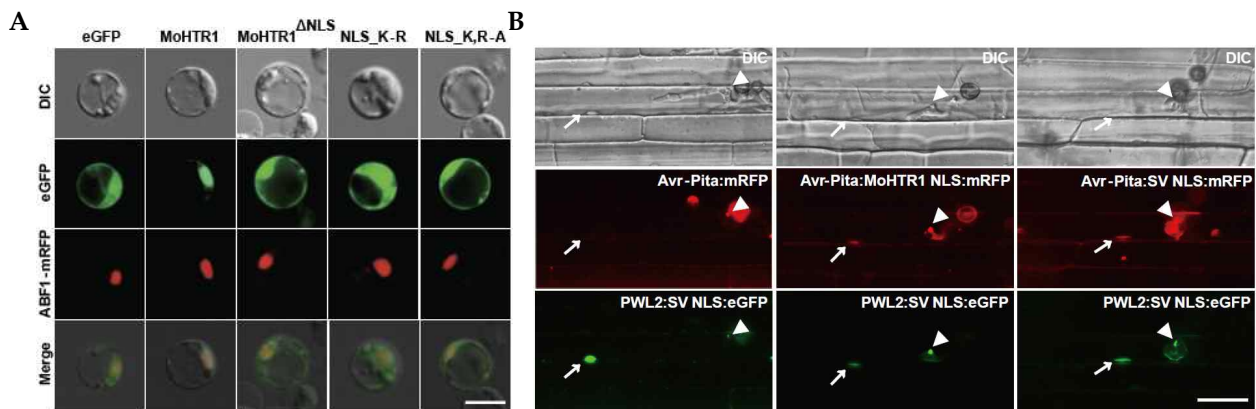
의 병원성 메커니즘을 구명하는데 새로운 플랫폼을 제공할 것이다.

- 이번 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었으며, 다학제적 연구 분야의 권위 있는 학술지인 **네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications; 2024 IF=14.7)**에 11월 11일자로 게재되었다.

□ 용어설명

- ※ 병원형: 특정 기주 품종에 대해 병을 일으키는 병원균 그룹
- ※ 이펙터: 병원균이 기주식물을 침입할 때 분비하는 병원성 단백질
- ※ 핵 표적 서열: 단백질이 핵으로 이동할 수 있도록 유도하는 특정 아미노산 서열
- ※ 임포틴: 핵 표적 서열을 가진 단백질을 인식하고, 이를 핵으로 수송하는 역할을 하는 단백질

□ 그림설명



(A) MoHTR1의 핵 표적 서열 치환에 따른 기주식물 원형질체 내에서 위치 변화 관찰.
(B) MoHTR1 핵 표적 서열에 의한 벼 도열병균 세포질 이펙터의 위치 변화 관찰.
화살표로 표시된 부분이 식물의 핵, 화살촉으로 표시된 부분이 이펙터가 분비되는 곳