



ISAAA Biotech Updates Korean Edition (June 2026)

식물에 관한 기사:

- 교토대학교, CRISPR 안전성 평가 개선을 위한 종합 프레임워크 개발
- 유럽의회, 농업 분야 유전체 기술에 관한 새로운 규정 승인
- 과학자들, 벼의 고온 회피와 수확량 보호를 돕는 유전자 발견
- 캐나다, 유전자 편집한 High-GABA 토마토를 안전한 비신규 식품으로 승인
- 중국 연구진, 고단백질 옥수수의 핵심 유전자를 발견
- 중국 과학자들, 작물 형질 집적을 위한 올인원(All-in-One) 플랫폼 개발
- 로담스테드 연구소, 역사적인 포장시험에서 최초의 정밀육종 작물 파종
- 밀 유전자 발견, 영양 개선을 위한 철 축적 향상

식품에 관한 기사:

- 스발바르 국제종자저장고, 70번째 종자 기탁 접수

환경에 관한 기사:

- 연구진, 감자 전분으로 만든 지속가능한 바이오플라스틱 개발

식물에 관한 기사:

교토대학교, CRISPR 안전성 평가 개선을 위한 종합 프레임워크 개발

교토대학교 iPS 세포 연구·응용센터(Center for iPS Cell Research and Application, CIRA)의 홋타 아키쓰(Akitsu Hotta) 교수가 이끄는 [CRISPR-Cas9 유전체 편집](#) 치료의 CRISPR 안전성 평가를 평가하기 위해 연구진은 종합 프레임워크를 개발했다. 이 접근법은 의도된 변이와 의도하지 않은 유전적 변이를 모두 식별하기 위해 컴퓨터 기반 예측, 실험실 검증 및 전장 유전체 분석을 결합한다.

연구진은 지질나노입자(lipid nanoparticles, LNPs)를 통해 전달되는 CRISPR에 초점을 맞추고 아데노연관바이러스(adenoviral-associated virus, AAV)를 이용한 전달 방식과 비교해 그 성능을 평가했다. 마우스 모델에서 LNP는 원치 않는 DNA 삽입을 더 적게 유발했으며 표적 부위에서 전달체 관련 유전물질의 삽입이 검출되지 않았다. 또한, 연구진은 오프타겟(off-target) 효과를 예측하는 데 널리 사용되는 13개의 컴퓨터 기반 예측 도구를 평가한 결과, 많은 도구가 잠재적인 오프타겟 부위를 검출했지만, 상당수의 위양성(false positives) 결과도 생성하는 것으로 나타났다.

연구진은 전장 유전체 시퀀싱과 새롭게 개발한 'indel cluster' 방법을 활용해 유전체 전반에 걸쳐 신뢰도가 높은 오프타겟 부위를 소수만 식별했다. 이번 연구 결과는 유전자에서 제한적인 오프타겟 활성이 나타났고 기능적 영향은 미미해, LNP 기반 CRISPR 전달이 전반적으로 안전하다는 점을 시사한다. 연구진은 여러 평가 방법을 통합하는 것이 향후 유전체 편집 치료의 안전성 평가를 개선하기 위한 실용적이고 확장 가능한 전략이라고 결론지었다.

자세한 내용은 [교토대학교 CIRA](#)의 기사를 참고하면 된다.

유럽의회, 농업 분야 유전체 기술에 관한 새로운 규정 승인

유럽의회는 농업 분야에서 신규 유전체 기술(New Genomic Techniques, NGTs) 활용을 촉진하기 위해 새로운 규정을 공식적으로 채택했다. 이는 작물의 회복력과 지속가능성, 경쟁력을 강화하기 위한 조치이다. 이 새로운 체계에서 NGT로 개발된 식물이 유전적 변형의 복잡성에 따라 분류된다. 기존 육종으로도 얻을 수 있는 변화를 가진 NGT-1 식물은 기존 작물과 유사하게 취급된다. 보다 광범위한 유전적 변형을 포함하는 NGT-2 식물은 유전자변형생물체(GMO)에 적용되는 기존의 보다 엄격한 규제를 계속 적용받는다.

이 규정의 핵심 중점 사항은 기후변화와 병해충에 대한 저항성이 높은 식물의 개발을 촉진하고 화학 농약의 사용 필요성을 줄이는 것이다. 투명성을 확보하기 위해 NGT-1 제품은 EU의 공개 데이터베이스에 등록되고 명확하게 표시되며, NGT-2 제품은 전면적인 위해성 평가와 의무적인 표시를 거치게 된다. 또한 이 법안에는 지식재산권에 관한 구체적인 보호장치가 포함되어 있다. NGT는 특허를 받을 수 있지만, 이러한 보호는 자연적으로 존재하는 형질에는 적용되지 않아 시장 집중을 방지하고 농민이 종자를 저장하고 다시 파종할 권리와 같은 권리를 유지할 수 있도록 한다.

새로운 규정은 유럽의 식량 안보와 혁신을 강화하기 위한 방안으로 지지를 받았으며, 현재의 기준을 유지하기 위해 NGT를 유기농 생산에서 제외한다. 회원국은 자국 영토 내에서 NGT-2 식물의 재배를 제한하거나 금지할 권한도 갖게 된다. 이 규정은 유럽에서 유래한 식물과 수입된 식물 모두에 적용된다.

이 규정은 EU 관보(EU Official Journal)에 공표된 날로부터 20일 후 발효되며, 2년 후부터 적용된다.

자세한 내용은 [유럽의회\(European Parliament\) 웹사이트](#)의 기사를 참고하면 된다.

과학자들, 벼의 고온 회피와 수확량 보호를 돕는 유전자 발견

전 세계 식량 안보에 중요한 돌파구를 마련한 연구에서 일본 농업·식품산업기술종합연구기구(National Agriculture and Food Research Organization, NARO), 일본의 다른 연구기관들과 국제미작연구소(International Rice Research Institute, IRRI)의 연구진은 벼가 고온 스트레스를 피할 수 있도록 하는 유전자를 발견했다. EMF3 (*Early Morning Flowering 3*)로 알려진 유전자는 기온이 더 낮은 시간대에 벼가 더 일찍 꽃을 피우도록 유도한다. 이러한 개화 시기의 변화는 벼가 오전 10시부터 정오까지 이어지는 최고 기온 시간대를 피할 수 있도록 하며, 이 시간대의 높은 기온으로 인해 수정이 방해받고 불임립이 발생하는 것을 줄이는 데 도움을 준다.

이번 발견의 핵심은 emf3-1D로 알려진 유전자의 희귀 변이로, 벼의 개화 시기를 약 1시간 30분 앞당긴다. 연구진에 따르면, 이 변이는 꽃이 피는 기작에만 선택적으로 작용하고 정상적인 조건에서 식물의 전반적인 생장이나 생산성에 부정적인 영향을 미치지 않기 때문에 매우 효과적이다. 벼의 생육 과정에서 가장 취약한 시기를 보호함으로써 이번 발견은 폭염과 지구 온난화가 점점 더 빈번해지는 상황에서도 농민들이 안정적인 수확량을 유지할 수 있도록 한다.

연구진은 표지보조선발(marker-assisted selection)과 프라임 에디팅(prime editing)과 같은 첨단 유전자 편집 기술을 활용해 emf3-1D 대립유전자를 IR64, Swarna, Pusa Basmati를 비롯한 널리 재배되는 벼 품종에 도입하기 위한 연구를 진행하고 있다. 과학자들은 이 돌파구가 전 세계적으로 기후변화에 강한 벼 품종을 육성하기 위한 실용적이고 확장 가능한 도구가 될 것으로 보고 있다. 기후변화가 열대 및 아열대 지역의 농업 생산을 계속해서 위협하는 가운데, 이러한 '조기 개화(early riser)' 형질은 농민들의 안정적인 수확을 확보하고 식량 안정을 향상시킬 수 있는 유망한 방안을 제시한다.

자세한 내용은 [IRRI News](#)의 기사를 참고하면 된다.

캐나다, 유전자 편집한 High-GABA 토마토를 안전한 비신규 식품으로 승인

일본 생명공학 기업 Sanatech Life Science Co., Ltd.는 유전자 편집 Sicilian Rouge High GABA 토마토의 캐나다 규제 승인을 받았다. 캐나다 보건부(Health Canada) 신규식품부(Novel Foods Section)의 철저한 검토를 거쳐, 캐나다 보건부는 해당 제품이 자국의 식물육종 지침에 따른 모든 요건을 충족하며 신규 식품의 정의에 해당하지 않는다고 판단했다.

일반적으로 기존의 유전자변형생물체(GMO)에만 적용되는 규제 분류 대상에서 제외됨으로써, 캐나다 보건부(Health Canada)는 해당 유전자 편집 토마토가 기존 육종으로 개발된 품종과 동등한 수준으로 안전하다는 점을 사실상 확인했다. Transparency Initiative 절차의 일환으로, 정부는 해당 작물을 식품용으로 허용된 비신규 제품 공개 데이터베이스에 공식적으로 등재할 예정이다.

High GABA 토마토는 2021년 Sanatech에 의해 일본에서 처음 출시됐으며, CRISPR-Cas9 유전자 편집 기술을 활용해 개발됐다. 이 품종은 기존 토마토보다 감마아미노뷰티르산(gamma-

aminobutyric acid, GABA) 함량이 4~5배 높으며, GABA는 혈압을 낮추는 데 도움을 주는 등 다양한 건강상 이점이 있는 것으로 알려진 아미노산이다.

이번 규제 승인은 Sanatech의 국제 상용화 목표를 향한 중요한 진전을 의미한다. 캐나다에서 공식적인 안전성 승인을 받은 Sanatech은 영양이 강화된 High GABA 토마토의 북미 시장 확대와 유통을 적극적으로 추진할 계획이라고 밝혔다.

자세한 내용은 [Sanatech 웹사이트](#)의 기사를 참고하면 된다.

중국 연구진, 고단백질 옥수수의 핵심 유전자를 발견

중국 과학자들은 현대 옥수수의 야생 조상종인 테오신트(teosinte)에서 옥수수 종자의 단백질 함량을 크게 높이는 핵심 유전자를 성공적으로 분리했다. 이번 연구는 학술지 *Nature*에 게재됐으며, 중국과학원(Chinese Academy of Sciences, CAS)을 비롯해 상하이 사범대학(Shanghai Normal University)과 쓰촨농업대학교(Sichuan Agricultural University) 연구진이 주도했다. 이 발견은 오랫동안 이어져 온 추세를 되돌릴 수 있는 강력한 유전학적 도구를 제시한다. 9,000년이 넘는 재배종화(domestication) 과정에서 현대 옥수수 품종은 중요한 조상 유전자를 잃었고, 그 결과 단백질 함량이 낮아져 축산업은 수입 대두밖에 크게 의존하게 됐다.

연구진은 해당 유전자가 질소를 단백질로 전환하는 과정에서 핵심적인 역할을 하는 효소를 조절하는 Teosinte high protein 3(THP3-T) 유전자임을 규명했다. 더 높은 곡물 수확량을 얻기 위한 수세기에 걸친 선발육종 과정에서 이 유익한 유전자는 의도치 않게 소실돼 현재는 현대 옥수수 계통의 2.1%에서만 존재한다. 그 작동 원리를 연구한 결과, 연구진은 이 조상 유전자의 자연 변이가 식물의 양분 수송을 최적화해 종자에 훨씬 더 많은 단백질이 축적되도록 한다는 사실을 밝혀냈다.

실제 적용 효과를 검증하기 위해, 연구진은 새롭게 재발견한 이 유전자와 이전에 발견된 또 다른 고단백질 유전자를 중국에서 가장 널리 재배되는 상업용 옥수수 교배종 가운데 하나인 Zhengdan958에 육종을 통해 도입했다. 그 결과는 매우 인상적이었다. 옥수수 종자의 단백질 함량은 8.5%에서 최대 13%까지 증가했으며, 작물의 수확량 감소 없이 식물 전체의 단백질 함량도 증가했다. 이 유전자 조합은 증가하는 전 세계 식량 및 가축 사료 수요를 충족하기 위해 고품질·고단백질 작물을 육성할 수 있는 매우 유망한 전략을 제시한다.

자세한 내용은 [CAS Newsroom](#)의 연구 기사를 참고하면 된다.

중국 과학자들, 작물 형질 집적을 위한 올인원(All-in-One) 플랫폼 개발

중국과학원(Chinese Academy of Sciences)의 Gao Caixia 교수가 이끄는 연구진은 여러 유용한 형질을 하나의 작물 품종에 보다 효율적으로 집적할 수 있도록 하는 새로운 [유전체 공학](#) 플랫폼을 개발했다. TRIM이라 불리는 이 플랫폼은 유전자 제거(gene knockout), 소규모 정밀 염기서열 편집(small-scale precise sequence editing), 대규모 염색체 공학(large-scale chromosome engineering)을 하나의 플랫폼에 통합했다.

연구진은 먼저 표적 유전자에 종결 코돈(stop codon)을 삽입하는 정밀 유전자 제거 도구인 twin prime editing(twinPE) 매개 유전자 제거(TKO, twinPE-mediated gene knockout)를 개발했다. 벼에서 TKO는 평균 96.8%의 단일 유전자 제거 효율을 달성했다. 연구진은 또한 최대

10개의 유전자를 동시에 제거할 수 있는 10개의 직교(orthogonal) TKO 시스템도 개발했다. 이를 바탕으로 연구진은 여러 유전체 편집 기능을 하나의 체계에 통합한 TRIM 플랫폼을 개발했다.

연구진은 TRIM1이 재분화된 벼 식물체에서 하나의 유전자를 동시에 제거하고 추가적인 3개의 표적 부위를 정밀하게 편집해 22.8%의 효율을 달성했다고 보고했다. 연구진은 또한 TRIM2를 개발했으며 이는 삽입(insertions), 결실(deletions), 치환(replacements), 역위(inversions), 염색체 재배열(chromosomal rearrangements)을 포함한 대규모 DNA 변형을 가능하게 한다. 연구진에 따르면, TRIM 플랫폼은 작물에 여러 유용한 형질을 신속하게 집적하고 정밀 육종을 발전시키는 강력한 도구를 제공한다.

자세한 내용은 [Chinese Academy of Sciences](#)의 연구 기사를 참고하면 된다.

로담스테드 연구소, 역사적인 포장시험에서 최초의 정밀육종 작물 파종

로담스테드 연구소는 새로운 정밀육종생물체(PBO, Precision Bred Organism) 방출 승인(Release Notice)에 따라 영국 최초의 작물을 공식적으로 파종하며, 농업생명공학 분야의 중요한 이정표를 세웠다. 이번 개념 검증(proof-of-concept) 포장시험에서는 유지작물인 카멜리나(*Camelina sativa*)를 파종해 유전자 편집 품종의 실제 재배 환경에서의 성능을 평가했다. 이번 역사적인 파종은 「2023년 유전자기술(정밀육종)법(Genetic Technology (Precision Breeding) Act 2023)」과 이에 따른 2025년 규정으로 마련된 제도적 틀 아래 최초로 등록된 사례이다.

스미타 쿠룹(Smita Kurup) 박사와 몰리 랭던(Mollie Langdon) 박사가 이끄는 연구진은 CRISPR-Cas9 유전자 편집 기술을 활용해 식물의 밑씨(ovule) 바깥층에서 세포 분열을 조절하는 유전자를 정밀하게 표적화했다. 이러한 특정 유전 경로를 조절함으로써 연구진은 발달 중인 밑씨(ovule)의 전체 크기를 증가시켜, 결과적으로 더 크고 유지 함량이 높은 종자를 생산하는 것을 목표로 하고 있다. 중요한 점은, 이 과정에서 생성된 결실(deletions)과 삽입(insertions)이 자연적으로 발생하거나 전통적인 교배 육종을 통해 얻을 수 있는 유전적 변이와 동일한 특성을 지닌다는 것이다.

이번 재배 기간 동안 포장시험이 진행됨에 따라 연구진은 카멜리나(*Camelina sativa*)에서 얻은 연구 성과를 영국 식물성 유지 생산의 핵심 작물인 유채(oilseed rape)에 적용할 수 있기를 기대하고 있다. 포장시험 결과가 연구진의 실험실 연구 성과와 동일한 결과를 보인다면, 이 기술은 궁극적으로 상업 재배 농가에 도입되어 국내 유지작물 생산량을 크게 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다. 프로젝트 책임자들은 이와 같은 포장시험이 정밀육종을 통해 미래의 보다 지속가능하고 수확량이 높은 작물을 개발하고 농업인을 실질적으로 지원할 수 있는 방안을 이해하는 데 중요한 가교 역할을 한다고 강조했다.

자세한 내용은 [Rothamsted Research website](#)의 연구 기사를 참고하면 된다.

밀 유전자 발견, 영양 개선을 위한 철 축적 향상

중국의 허난농업대학교(Henan Agricultural University) 연구진은 철의 흡수와 저장을 조절하는 데 중요한 역할을 하는 핵심 [밀 유전자](#)를 규명했다. 이번 연구는 밀 식물에서 철 관련 반응을 활성화하는 데 핵심적인 역할을 하는 전사인자 *TaPIL1*에 초점을 맞추고 있다. 이 연구는 영양이 더

육 강화된 밀 품종의 육종과 철결핍성 빈혈(iron deficiency anemia) 해결을 위한 노력을 지원할 수 있는 획기적인 성과로 평가된다.

연구진은 식물이 철 결핍 처리에 노출되면 *TaPIL1*의 발현 수준이 증가하는 것으로 나타났다고 밝혔다. 이번 연구에서는 TaPIL1-5D 과발현(OE, overexpressed) 계통이 야생형(wild-type, WT) 식물에 비해 뿌리, 지상부(shoot), 그리고 곡립의 백색 밀가루(white flour)에서 더 높은 철 함량을 축적하는 것으로 나타났다. 연구진은 *NRAMP3*와 *Fer1* 등 철 저장 관련 유전자의 발현 수준이 야생형(WT)보다 과발현(OE) 계통에서 더 높은 것으로 나타났다고 밝혔다.

연구 결과, TaPIL1-5B의 우수 반수체형(elite haplotype)을 보유한 밀 품종의 유묘와 곡립은 비우수 반수체형(non-elite haplotype)을 가진 밀 품종보다 TaNRAMP3와 TaFer1 유전자의 발현 수준이 더 높고 철 함량도 증가한 것으로 나타났다. 연구 결과를 종합하면, TaPIL1-TaNRAMP3/TaFer1 모듈은 밀의 철 축적에 핵심적인 역할을 하며, 향후 밀 육종 프로그램에서 철 함량을 높이는 데 활용될 수 있는 것으로 나타났다.

자세한 내용은 [SSRN](#)의 연구 기사를 참고하면 된다.

식품에 관한 기사:

스발바르 국제종자저장고, 70번째 종자 기탁 접수

스발바르 국제종자저장고는 제70차 종자 기탁 행사를 개최하고, 아시아, 미주, 유럽, 아프리카 지역 11개 유전자원은행(genebank)으로부터 1만 5,000점 이상의 종자 중복 보존 시료를 확보했다. 이번 기탁으로 북극권에 위치한 이 시설에 안전하게 보존된 종자 시료는 총 140만 점을 넘어서었다. 노르웨이 정부, 크롭 트러스트(Crop Trust), 북유전자원센터(NordGen)가 공동으로 운영하는 이른바 '최후의 심판의 날(Doomsday) 저장고'는 전 세계 농업 생물다양성과 미래 식량 안보를 보호하기 위한 최후의 종자 백업 시설 역할을 하고 있다.

이번 6월 기탁은 작물 다양성의 폭을 보여주는 동시에 여러 참여국에 중요한 이정표를 세웠다. 브라질, 부르키나파소, 모로코, 네덜란드, 니제르, 폴란드, 대한민국, 수단, 대만, 영국, 미국의 유전자원은행(genebank)들이 종자를 기탁했다. 부르키나파소 국립유전자원은행(CONAGREP)과 니제르 국립유전자원은행(INRAN)은 이번에 처음으로 종자를 기탁했다. CONAGREP은 옥수수, 땅콩, 히비스커스, 기장(pearl millet), 벼, 참깨, 수수, 밤바라콩(bambara groundnut), 동부(cowpea) 등 지역의 주요 작물 종자를 기탁했다. 대한민국 농촌진흥청(Rural Development Administration, RDA)은 곡류, 채소류, 콩과작물 등 50개 종(species)의 종자 시료 6,000점을 기탁해 가장 많은 물량을 기록했다. 특히 수단 국립유전자원은행은 계속되는 내전으로 인한 심각한 어려움에도 불구하고, 국제사회의 긴급 지원을 통해 19개 작물의 종자 시료 982점을 성공적으로 기탁했다.

이번 행사는 현장에서 운영을 맡아온 NordGen 운영팀의 상징적인 세대교체를 의미하기도 했다. 이번 기탁 행사는 2015년부터 국제종자저장고를 관리해 온 종자저장고 코디네이터 오스문 아스달(Åsmund Asdal)의 마지막 행사이자, 새로 부임한 코디네이터 푸아드 가시(Fuad Gaši)의 첫 번째 행사였다. 10년간의 재직 기간을 돌아보며 아스달은 국제종자저장고가 여전히 전 세계 연대의 중요한 상징으로 남아 있으며, 분열된 세계에서도 국제 협력이 여전히 충분히 가능하다는 것을 보여준다고 강조했다.

자세한 내용은 [NordGen website](#)의 연구 기사를 참고하면 된다.

환경에 관한 기사:

연구진, 감자 전분으로 만든 지속가능한 바이오플라스틱 개발

바르셀로나대학교(University of Barcelona, UB) 연구진은 고부가가치의 생분해성 바이오 플라스틱을 생산할 수 있도록 고초균(*Bacillus subtilis*)을 공학적으로 개량했다. 연구진은 가공하지 않은 감자 전분을 저비용의 재생가능한 원료(feedstock)로 활용해, 생분해성 고분자인 폴리하이드록시부티레이트(polyhydroxybutyrate, PHB)를 24시간 이내의 간소화된 단일 공정을 통해 성공적으로 생산했다.

Pere Picart 교수가 이끄는 이번 연구는 학술지 *Bioresource Technology*에 게재됐으며, 고초균(*Bacillus subtilis*)을 이용한 기존 바이오플라스틱 생산 방식의 한계를 해결하는 데 초점을 맞췄다. 연구진은 CRISPR-Cas9 유전자 편집 기술을 활용해 고초균(*Bacillus subtilis*)의 대사 경로를 효과적으로 최적화했다. 이번 기술은 기존 생산량의 병목 현상을 극복해 PHB의 높은 축적을 가능하게 했으며, 고초균(*B. subtilis*)이 친환경 소재 생산을 위한 견고하고 산업적으로 활용 가능한 플랫폼임을 입증했다.

이번 기술은 전 세계 온실가스 배출과 지속적인 환경오염의 주요 원인인 석유화학 기반 플라스틱을 대체할 수 있는 유망한 대안을 제시한다. 감자 전분과 같은 농업 부산물을 활용함으로써 연구진은 화석연료 의존도를 줄이고 순환경제를 촉진하는 동시에, 전 세계적으로 증가하는 플라스틱 폐기물 문제를 해결할 수 있는 확장 가능하고 지속가능한 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

자세한 내용은 [UB Current Events](#)의 기사를 참고하면 된다.
