

Törpe búza az éghajlati változás tükrében: áldás vagy átok?

Dr. Sepsi Adél, Mihók Edit, Makai Diána, Lenyko-Thegze Andrea, Dr Cseh András

ATK Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Az egyre súlyosabb károkat okozó klímaváltozás és a Föld népességének robbanásszerű növekedése mind a hazai, mind a nemzetközi élelmiszerbiztonságot veszélyeztetik. Annak érdekében, hogy a kedvezőtlen éghajlati viszonyok között megfelelő mennyiségű búzatermést állítsunk elő, fontos ismerni az új környezeti változások hatását a búza termékenységre és az azt kialakító meiotikus sejtosztódásra.

Az alacsony növekedésű (féltörpe) búzafajták megjelenése és elterjesztése az 1950-es évektől kezdve óriási termésnövekedést eredményezett világszerte, elindítva a 'zöld forradalom'-ként ismert mezőgazdasági fejlődést. Az innovatív mezőgazdasági megoldások eredményeként több mint egy milliárd ember menekült meg az éhezéstől. Az új, féltörpe növekedésű búzafajták rendkívül kedvezően reagáltak a műtrágyázásra, hiszen a tápanyagokat a szár hosszabbítása helyett a termés növelésére fordították, így a tápanyag nagyobb része összpontosult a búzaszembe. További előny, hogy a féltörpe búzák nagyobb és nehezebb kalászaik ellenére az alacsony szár védettséget biztosít a megdőlés ellen. A ma Magyarországon köztermesztésben levő búzafajták mindegyike hordoz valamilyen törpeség jelleget, amelyről ma már tudjuk, hogy genetikailag meghatározott.

A törpeséget okozó allélok eredete és elterjedése

A törpebúzák világraszóló sikere az 1900-as évek második felében csúcsosodott ki, azonban megjelenésük sokkal korábbra tehető. 1873-ban Horace Capron amerikai agrármegbízott írta le először, hogy „a japán gazdák tökélyre fejlesztették a törpeség művészetét”. Jelentései szerint a búza szára alig esett 60cm fölé és leggyakrabban 50cm alatt volt, amely magasságot semmilyen módon nem haladta meg a tápanyagban gazdag talajon sem, így ellenállva a megdőlésnek. Japán-amerikai fajták keresztezésével állították elő a világszerte ismert 'Norin 10'-et, amelyből később több éves szelekcióval válogattak ki nemesítésre alkalmas vonalakat. 1961-ben minősítették a 'Gaines' nevű nagy termőképességű búzafajtát, amely átlagos talajon 5-20%-al termelt többet a korabeli legjobban termő búzánál, azonban műtrágyázás mellett a termésnövekedés elérte az 50%-ot.

Európába az olaszországi nemesítési programokon keresztül érkeztek először alacsony búzafajták. 1912-ben kezdtek el bevonnani a japán fajtákat a nemesítési programokba azzal a céllal, hogy megdőlésnek ellenálló, korai búzafajtákat állítsanak elő. A legfontosabb keresztezési partner az 'Akagomughi' volt, amely az *Rht8* törpeségi gént hordozta és olyan búzafajták előállításához vezetett, mint az 'Arditó' (1916) és a 'Mentana' (1918). Az új olasz fajták a világ számos országában népszerűvé váltak hozzájárulva pl. az Argentin fajták megújulásához és olyan orosz búzafajták nemesítéséhez, mint a 'Bezostaja'. 1932-ben már az olasz termőterületek 25%-án féltörpe fajtákat termesztettek.

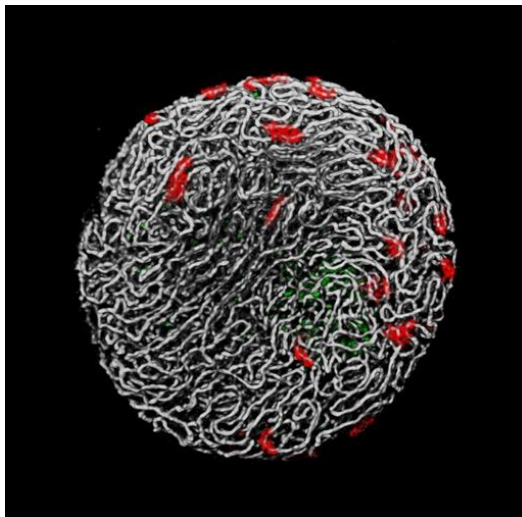
A magyarországi terméshozamok a századfordulón nagyon kedvezőtlenek voltak. A búzatermés alig érte el az 1,2 t/ha színvonalat és ez az érték sokáig stagnált. Az 1960-as évek elejétől Magyarországon is kezdeményezett mezőgazdasági technológiai forradalom az 1960-as évek közepére önellátást biztosított évi 2 t/ha-os termésátlaggal. 1971-ben a magyar

búzatermesztés elérte a 3 t/ha majd 1985-től az 5 t/ha értéket így lehetővé téve a gabonaexportot és jelentős jövedelemhez juttatva az országot. A magasabb termésátlagokat először olasz fajtákkal érték el, majd a számos Magyarországon előállított féltörpe fajta is köztermesztésbe került.

A törpeség okai és a magas hőmérséklet hatása

A féltörpe búzafajták rövid szárnövekedése genetikailag meghatározott tulajdonság, különböző törpeség gének (rövidítés: *Rht* gének, Reduced Height genes) mutáns változatainak köszönhető, amelyek több eltérő mechanizmus útján alakíthatják ki a törpeséget. A törpeséget okozó mutáns *Rht* gének egy része, ún. gibberellin érzéketlen törpeséget okoz, amelynek hátterében az áll, hogy a gibberellin (GA) növekedésserkentő hormon nem képes kifejteni hatását. Ezen fajták üvegházi kísérleteiben megfigyelték, hogy bizonyos körülmények között termékenységük jelentősen csökken, ami komoly termés kieséshez vezetett. A termékenységsökkenés az üvegházban tavasszal kialakuló magasabb hőmérsékletek megjelenése után jelentkezett. Feltételezték, hogy a gibberellin érzéketlenséget okozó genetikai háttér hőmérséklet érzékenységet okozhat, különösen a növények generatív fejlődésének korai szakaszában (tavasszal). Bár mind az európai, mind a nemzetközi búzafajták túlnyomó többsége hordoz mutáns *Rht* géneket, a hőstressz által előidézett terméketlenség mértéke és annak okai máig ismeretlenek.

A következő évtizedekben a tavaszi hőmérsékletek várhatóan jelentősen megemelkednek és 2050-re meghaladhatják a napi 30 °C-os maximumot. A természetben tavasszal alakulnak ki a búza ivarsejtjei, amelyet a virágzás, megtermékenyülés, szemtelítődés majd érés követ. Annak érdekében, hogy a kedvezőtlen éghajlati viszonyok között megfelelő mennyiségű termést állítsunk elő, fontos feltárni az új környezeti változások hatását az ivarsejteket (petesejt, pollen) kialakító meiótikus sejtosztódásra.



1. Kenyérbúza ivarsejtjét kialakító sejtanyag számfelező sejtosztódás (meiózis) korai szakaszában. A genetikai információt hordozó homológ kromoszómák tengelye szorosan egymás mellé fekszik (fehér fonalak), a kromoszómák pólus felé vándorlásáért felelős központi (centromérikus) régiók vörös színnel jelöltek.

A búza ivarsejteket kialakító számfelező (meiótikus) sejtosztódás

A meiózis alapvető biológiai folyamat, amely a haploid ivarsejteket alakítja ki. Az apai és anyai eredetű kromoszómapárok (homológok) szabályos tovább örökítésének előfeltétele, hogy:

1. a homológ kromoszómák (apai és anyai) a meiózis korai szakaszában (profázis, 1. ábra)

- felismerjék egymást
2. egy cipzár szerű fehérje szerkezet (a szinaptonémás komplex) segítségével teljes hosszukban összekapcsolódnak (szinapszis)
 3. egyes részeit kicserélik egymással (rekombináció).

Ezen folyamatok sikertelensége kromoszómakieséshez, az ivarsejtek funkcióvesztéséhez és végül terméketlenséghez és termés kieséshez vezet.

A hőstressz hatása a törpe növekedésű búzák termékenységére

Martonvásáron végzett kísérleteink során azt vizsgáltuk, hogy miként hat a korai fejlődési állapotban (a természetben tavasszal) bekövetkező magas hőmérsékleti stressz a törpe növekedésű búzák termékenységére. Az ellenőrzött körülmények között alkalmazott magas hőmérsékleti stressz (30 °C) közvetlenül a meiótikus sejtosztódást megelőzően érte a búzát. 'Maris Huntsman' búzafajta ún. közel izogén vonalait vizsgáltuk, (eredet: John Innes Centre génbank, Norwich, Egyesült Királyság), amelyek különböző törpeség allélokat hordoznak (*Rht1* mutáns, *Rht2* mutáns, mindkét génre mutáns és vad típus) azonban genetikai hátterük e génektől eltekintve közel azonos (2. ábra).

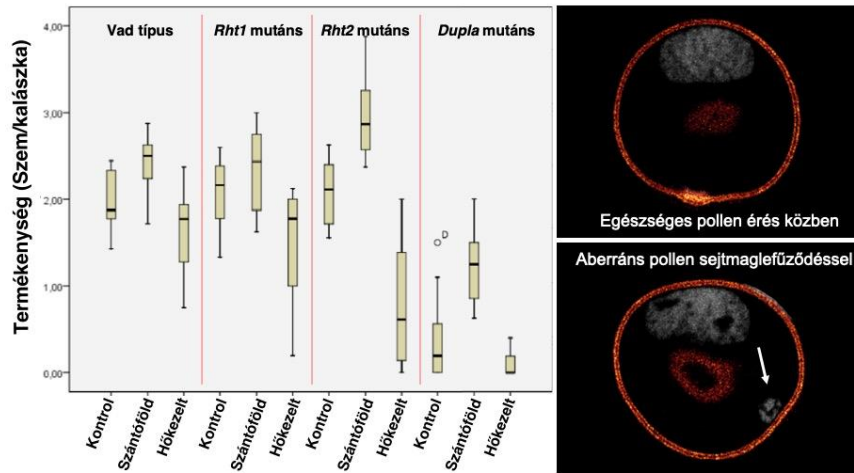
A közel izogén vonalakat fitotroni kamrában ellenőrzött körülmények között neveltük majd a főkalász meiózisba lépése előtt rövid ideig 30 °C-os kezelésnek vetettük alá. Ezt követően a növényeket visszahelyeztük optimális hőmérsékletre. Ezzel párhuzamosan kontroll növényeket neveltünk kedvező hőmérsékleti viszonyok között (20°C). A fertilitás meghatározásához külön elemeztük a kalászok alsó, középső és felső régióit. Az elvégzett magas hőmérsékleti kezelés a kalászok középső és alsó régióit sújtotta leginkább, különösen az *Rht2* mutációt hordozó növények esetében (3. ábra). Mindkét mutáns gén jelenléte optimális körülmények között is alacsony fertilitást eredményezett és hőstressz hatására ezen növények bizonyultak a leginkább terméketlennek.



2. : 'Maris Huntsman' búzafajta szántóföldi körülmények között nevelt vad típusú és *rht* mutáns közel izogén vonalait. Vad típus: magas, *Rht1* mutáns: féltörpe, *Rht2* mutáns: féltörpe, dupla mutáns: törpe.

Annak érdekében, hogy hogyan betekintést nyerjünk a terméketlenség hátterébe sejtbioológiai vizsgálatokat végeztünk. Nagy felbontású mikroszkópia segítségével kimutattuk, hogy a hőstressznek kitett féltörpe és törpe növények meiózisa során jelentősen megnőtt a sejtosztódási rendellenességek száma. Eredményeink igazolták, hogy valóban a meiózisban bekövetkező

eltérések tehetők felelőssé a fertilitás visszaeséséért. Kísérleti programunk megmutatta, hogy rendkívül fontos olyan búzafajták létrehozása, amelyek ugyan alacsony növekedésűek, bőtermőek, azonban ellenállóak a magas hőmérséklet hatásaival szemben. Célunk, olyan féltörpe vonalak kiválogatása, amelyek a magas hőmérsékleti stressz esetén is megőrzik termékenységüket.



3. A 'Maris Huntsman' búzafajta vad típusú, féltörpe és törpe növekedésű közel izogén vonalainak termékenysége kontrol- és szántóföldi körülmények illetve magas hőmérsékleti kezelés hatására.

Köszönetnyilvánítás:

A cikkben bemutatott kutatás az NKFIH FK 124266 és 129221 számú pályázatainak támogatásával, az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával és az MTA Sepsi Adél részére nyújtott Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatásával valósult meg.