Archive of SID

فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی- پژوهشی)، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵
ص ۲۱۱-۲۲۷

نقش و تأثیر تغییر اقلیم بر اهلی‌شدن و تغییرات فراژنتیکی گندم

قاسم عزیزی؛ دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
مصطفی کریمی؛ دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
هما رستمی*؛ دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
سحر ملکی؛ دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸

چکیده

نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات انجام‌شده بر چگونگی اهلی‌شدن گندم و تغییرات ژنتیکی آن نشان‌دهندهٔ ارتباط میان تغییرات شرایط آب‌وهوای گذشته و تغییرات ژنتیکی گندم است. در بیش از ۱۲۵۰۰ سال قبل، گندم برای سازگاری با شرایط اقلیمی سردتر و دارای بادهای شدیدتر با تشکیل یاخته‌های کوچک و تغییر در اندازه و شکل دانه‌ها و کوتاه و ضخیم‌تر شدن ساقه به‌نوعی سازگاری در برابر تغییرات ناگهانی اقلیم دست‌یافت. تغییر اقلیم انسان منشأ کنونی و گرم‌تر شدن شرایط اقلیمی در عرض‌های پایین و میانی است و در کاهش میزان باروری، تغییر در اندازه، شکل و کیفیت دانه‌های گیاهان، به‌ویژه غلات در رسیدن به سازگاری با شرایط اقلیمی حاضر مؤثر است. در این پژوهش با استفاده از مرور مقالات معتبر در سطح ملی و بین‌المللی، سعی بر آن شد تا با توجه به تغییر اقلیم در عصر حاضر و بحث امنیت غذایی، رشد و سازگاری گونه‌های گندم در شرایط اقلیمی متفاوت در گذشته بررسی شود تا بتوان با توجه به میزان تغییرات بارش و دما در آینده گونه‌های دارای سازگاری بالاتر را در تولید و انتخاب مکان‌های مناسب برای کاشت این محصول معرفی کرد.

کلیدواژه‌ها: آب‌وهوای دیرینه، اهلی‌شدن، تغییرات فراژنتیکی، گندم.

مقدمه

آب‌وهوا و تغییرات آن تأثیر به‌سزایی در برنامه‌های راهبردی سیاسی، اجتماعی و علمی دارد. گزارش ارزیابی چهارم هیئت بین دولت‌های تغییر اقلیم[1] (IPCC, 2007) نشان داد که تغییر شرایط آب‌وهوایی زمین بر اساس شواهد موجود در ذوب‌شدن یخ‌ها و افزایش حجم آب اقیانوس‌ها، همچنین افزایش دمای کلی کرهٔ زمین امری بدیهی است. گزارش‌های طبقه‌بندی‌شده از روند گرم‌شدن زمین گویای این مطلب است که به احتمال بسیار زیاد این روند به‌علت افزایش گازهای گلخانه‌ای در جوّ زمین به‌وجود آمده که این تغییرات به‌صورت پیوسته در سراسر قاره‌ها در حال وقوع است. افزایش گازهای گلخانه‌ای عمدتاً به‌علت سوختن سوخت‌های فسیلی است. این روند تأثیر مستقیمی بر فعالیت‌های کشاورزی گذاشته است. با گرم‌شدن کرهٔ زمین و تغییرات در توزیع بارندگی و افزایش گاز دی‌اکسید کربن، بی‌شک، صنعت کشاورزی دچار بحران خواهد شد. گندم جزء گسترده‌ترین غلاتی است که در مناطق وسیعی قابل‌کشت است. گندم دوروم و گندم نان تقریباً مساحتی نزدیک به ۲۰۰ میلیون هکتار در سطح جهان را به خود اختصاص داده است. با توجه به اهمیت گندم، این موضوع که نقش تأثیرگذاری در راهبرد جهانی در رابطه با امنیت غذایی دارد برای هر کسی قابل‌درک است. تغییرات آب‌وهوایی جنبه‌های مختلفی دارد، از جمله افزایش دما و افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن در جوّ، همچنین تغییر در الگوهای بارش که همگی در سیستم‌های گندم شامل محل رویش و گونه‌های آن تأثیر گذاشته است.

---

* نویسندهٔ مسئول: Email: Homa.rostami@ut.ac.ir

1. Intergovernment Panel Of Climate Change

www.SID.ir

Archive of SID

دوره‌های متفاوت اقلیمی دارای شرایطی است که در رشد یا زوال جوامع مختلف گیاهی در نواحی جغرافیایی تأثیر بسزایی داشته است. دوران چهارم زمین‌شناسی با تغییرات اقلیمی مهمی در کرهٔ زمین، همچون دوره‌های یخبندان و بین یخبندان و دوره‌های متناوب سرد و گرم همراه بوده است. پژوهش‌های آب‌وهواشناسی دیرینه نشان می‌دهد که دورهٔ هولوسن به‌دنبال ذوب یخچال‌ها در دورهٔ دیریخبندان و گرم‌شدن هوا، حدود ۱۱ هزار سال پیش شروع شده است. در این دوره، با بالاآمدن سطح آب دریاها، شرایط برای رشد درختان و گسترش جنگل مناسب‌تر شد.

از رخدادهای ناگهانی تغییر آب‌وهوا، رخداد یانگردریاس بود که پس از دورهٔ دیریخبندان و پیش از شروع هولوسن در حدود ۱۲۸۰۰ تا ۱۱۶۰۰ سال پیش رخ داد. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که این رخداد ناگهانی تغییر آب‌وهوا در تغییرات فراژنتیکی[۱] گندم نقش داشته است. در این زمان، آب‌وهوای نیمکرهٔ شمالی سردتر شد. دورهٔ یانگردریاس حدود ۱۱۶۰۰ سال پیش به‌طور ناگهانی به پایان رسید. در پایان یانگردریاس در گرینلند، درجهٔ حرارت طی یک دهه ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافت.

پس از دورهٔ دیریخبندان، طی هولوسن، آب‌وهوای زمین شبیه به شرایط امروزی شد. با ذوب ورقه‌های یخی و افزایش تراز آب دریاها، درجهٔ حرارت تعدیل و سامانهٔ موسمی نیز شدت یافت. حدود ۸۲۰۰ سال پیش، اوایل دورهٔ بهینهٔ اقلیمی، نیز از دوره‌های مشهود در هولوسن است که در مناطق معتدلهٔ نیمکرهٔ شمالی در حدود ۵۵۰۰ سال پیش به پایان رسید. در این زمان تمدن‌های بشری در مناطقی از کرهٔ زمین، مانند آفریقا و آسیا، شروع به گسترش کرد. شواهد باستان‌شناسی زیادی در زمینهٔ اهلی‌کردن گیاهان در شرق نزدیک، اتیوپی، کشورهای جنوب صحرای آفریقا، چین، آمریکای مرکزی و جنوب آمریکا به‌دست آمده است (هارلن و زوهری، ۱۹۹۶). جوامع کشاورزی چند هزار سال پس از عقب‌نشینی یخچال‌های پلیوستوسن و در شرایط نسبتاً پایدار و گرم نیم‌میلیون سال قبل، یعنی هولوسن، پدیدار شد. لذا، منشأ و گسترش کشاورزی جدا از شرایط محیطی و آب‌وهوایی نبوده است (هلد و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که گندم اولین‌بار در منطقهٔ هلال حاصلخیز[۲] کشت شد. سپس به نواحی مختلف جغرافیایی انتشار یافت. در طول دوره‌های مختلف آب‌وهوایی تغییرات بسیاری در ساختار و رفتار این گیاه ایجاد شد، به‌گونه‌ای که در بسیاری از نواحی جغرافیایی از بین رفت و در نواحی دیگر سازگاری بالایی در برابر شرایط محیط یافت. همان‌گونه که در دوره‌های مختلف اقلیمی پوشش و جوامع گیاهی دستخوش تغییر و تحول شد، در نتیجهٔ گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نیز ممکن است برخی گیاهان از بین بروند و برخی دیگر خود را با شرایط جدید انطباق دهند. بررسی این مسئله که تغییر اقلیم در طول زمان چه اندازه بر روند تکامل و اهلی‌شدن گندم مؤثر است و این گیاه استراتژیکی تا چه اندازه توانایی سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی آینده را خواهد داشت، نیازمند شناسایی روند اهلی‌شدن و سازگاری گندم در طول زمان و در دوره‌های مختلف اقلیمی است. با شناسایی رابطهٔ میان آب‌وهوا و تغییرات ریخت‌شناسی و ژنتیکی گندم می‌توان تغییرات آتی این گیاه استراتژیکی را تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم پیش‌بینی کرد و با توجه به میزان تغییرات بارش و دما در آینده، گونه‌های دارای سازگاری بالاتر را در تولید انتخاب و مکان‌های مناسب را برای کاشت این محصول معرفی کرد.

---

۱. تغییرات فراژنتیکی (اپی‌ژنتیک) به تعدیل شیمیایی در ژن‌های خاص یا در پروتئین‌های مربوط به ژن‌هایی خاص در درون موجود زنده گفته می‌شود. در وراژنتیک تغییری در توالی دی‌ان‌ای رخ نمی‌دهد، بلکه تنها بیان یا عدم بیان ژن‌ها تغییر می‌کند. به‌عبارت دیگر، تعدیل‌های فراژنتیکی تنها در مورد چگونگی بیان اطلاعات در ژن‌ها اثر می‌گذارد. مهم‌ترین سازوکار فراژنتیکی از راه متیله‌شدن است. در این فرایند یک گروه متیل (CH_3) به نوکلئوتیدهای آدنین یا سیتوزین اضافه می‌شود و الگوی بیان ژن‌ها را تغییر می‌دهد. برخی از این فرایندهای سرکوبی ژن به همان صورت به نسل‌های آتی نیز به ارث می‌رسد؛ یعنی، در یک گونه در نسل‌های آتی، تطور و تغییر فراژنتیکی رخ می‌دهد (بریتانیکا). تطور فراژنتیکی در قالب‌هایی چون جهش در ژن‌های تنظیم‌کننده، تغییرات رفتاری و جزآن رخ می‌دهد. شوک‌های گرمایی و سرمایی از جمله عوامل محرک ایجاد تغییرات است (هیترینگتون و راید، ۲۰۱۰:۲۸۲ به نقل از جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲. هلال حاصلخیز، که در عربی «هلال خضیب» خوانده می‌شود نام بخشی تاریخی از خاورمیانه است که با رود دجله‌وفرات و رود اردن سیراب می‌شد. این منطقه از باختر به دریای مدیترانه، از شمال به سوریه و از دیگر جهات به شبه‌جزیرهٔ عربستان و دیگر بخش‌های مدیترانه و رود نیل و دلتای نیل محدود می‌شد و امروزه کشورهای مصر، اسراییل، لبنان و کرانهٔ باختری رود اردن و نوارغزه و بخش‌هایی از اردن، سوریه، عراق، جنوب‌شرقی ترکیه و غرب و جنوب‌غربی ایران را دربرمی‌گیرد. در این بررسی از کاربرد لوانت برای این محدوده خودداری می‌شود، زیرا هلال حاصلخیز از شمال به بخش جنوبی لوانت محدود و لوانت بخش کوچک‌تری از هلال حاصلخیز را شامل می‌شده است (منسل، ۲۰۱۱).

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، حدود ۸۰ مقالهٔ ملی و بین‌المللی در زمینهٔ تغییرات ژنتیکی گندم از بدو پیدایش خانوادهٔ گرامینه‌ها تاکنون مطالعه و آثار تغییرات آب‌وهوایی بر گونه‌های مختلف گندم در دوره‌های مختلف بررسی شد. سپس، با توجه به روند رشدونمو و سازگاری این محصول در مناطق و اقالیم مختلف در گذشته، آب‌وهوای مناسب برای رشدونمو و مکان مناسب برای کشت در آینده تفسیر شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های گندم

غلات بیش از ۵۰٪ تولیدات کشاورزی جهان را تشکیل می‌دهد و منابع تجدیدپذیر مهمی برای غذا، خوراک دام و مواد صنعتی است (http://faostat.fao.org./). گندم غذای حدود ۴۰٪ از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد و پس از ذرت دومین غلهٔ مهم جهان است. گندم از گیاهان گلدار تک‌لپه‌ای یک‌ساله از تیرهٔ گندمیان و خانوادهٔ گرامینه‌هاست. گندم گل‌آذین سنبله‌ای دارد. از هر گره آن یک برگ به‌وجود می‌آید. سنبلچهٔ گندم متشکل از دو گلوم و سه گلچه است. گاه تعداد گلچه‌ها به نه هم می‌رسد. دانهٔ گندم بین دو پوشش قاشق‌مانند به‌نام‌های پوشک بیرونی (لما) و پوشک درونی (پالئا) قرارگرفته است. برگ‌های گندم مانند برگ‌های سایر غلات (به‌جز ذرت و ارزن)، نازک و کم‌عرض است و زبانه‌های کوچکی دارد. گسترهٔ رنگ آن از بژ یا نخودی (معروف به گندم سفید) تا قرمز قهوه‌ای (معروف به گندم سرخ) است. بسته به عوامل مختلف، اجزای تشکیل‌دهندهٔ اندوسپرم دانه‌ها بافت نرم یا سفتی دارد (سالامینی، ۲۰۰۴). گندم تک‌دانه که با نام اینکورن نیز شناخته می‌شود اشاره‌ای به گونه‌ای وحشی از گندم (با نام علمی *Triticum boeoticum*) یا به‌گونه‌ای اهلی از آن (با نام علمی *Triticum monococcum*) است. هر دو گونهٔ وحشی و اهلی گونه‌های جدا محسوب می‌شود که در زیرگونهٔ *T. monococcum* قرارمی‌گیرد. اینکورن گونه‌ای پلوئیدی از گندم پوسته‌دار و گونهٔ اهلی آن مشابه گونهٔ وحشی است.

همواره بررسی منشأ شکل‌گیری کشاورزی و اهلی‌کردن حیوانات از جمله موارد جالب‌توجه برای دانشمندان و محققان بوده است. در بسیاری از مقالات الکساندر فون‌همبولت[1] (۱۸۰۶) و آثار چارلز داروین (۱۸۶۸) نظیر «انواع منشأ» و «تنوع و تغییر جانوران و گیاهان در اهلی‌شدن» به این موارد اشاره شده است. کاندول (۱۸۸۲) به بررسی جغرافیای زیستی غلات اهلی‌شده پرداخت و سه منطقهٔ اصلی را شناسایی کرد که در آن اهلی‌شدن گیاهان برای اولین مرتبه صورت گرفته بود: جنوب‌غربی آسیا، چین و نواحی حاره‌ای آسیا. وی بیان کرد که رخدادهایی همچون یخبندان‌ها و اهلی‌کردن جانوران و گیاهان اهمیت زیادی در توزیع گیاهان زراعی داشته است.

گندم تک دانه در کنار گندم دودانه یکی از محصولات مورد استفاده در دورهٔ نوسنگی بوده است. شواهدی از دی.ان.ای گونهٔ اهلی‌شدهٔ دانه‌های اینکورن در نزدیکی کاراجا داغ[2] در جنوب‌شرقی ترکیهٔ امروزی یافت شده است که نشان می‌دهد کشت گندم اینکورن اولین بار در این منطقه صورت گرفته است. کشت این محصول در دورهٔ عصر برنز کاهش یافت و امروزه به‌ندرت کاشته می‌شود و محصولی محلی است که بیشتر برای ساخت بلغور یا برای غذای حیوانات در کوهستان‌های فرانسه، مراکش، یوگسلاوی سابق، ترکیه و دیگر کشورها استفاده می‌شود. این گونه در خاک‌های نه‌چندان غنی رشد می‌کند که گونه‌های دیگر امکان رشد ندارد (فاریس، ۲۰۱۴). خاک شنی و رسی عمیق با زهکشی خوب برای رشد گندم مناسب است. شرایط ایده‌آل برای رشد گندم، آب‌وهوای خنک در دورهٔ رشد رویشی، آب‌وهوای معتدل در دوران تشکیل دانه و آب‌وهوای گرم و خشک در زمان برداشت محصول است. بنابراین، در مناطق دارای زمستان‌های سخت، کشت گندم با مشکلاتی از قبیل سرمازدگی زمستانی مواجه می‌شود. البته، باید بدانیم که گندم در

1. Essai sur la géographie des plantes

۲. کاراجا داغ، قرجه‌داغ (Karaca Dağ) به‌معنای کوه سیاه و به‌علت بازالتی‌بودن سنگ‌های آن است؛ منطقه‌ای در شرق ترکیه، واقع در نزدیکی دیاربکر با ۱۹۵۷ متر ارتفاع است که طبق یافته‌های مؤسسهٔ ماکس پلانک حدود ۶۸ گونهٔ وحشی غله و نیای اولیهٔ غلات امروزی همچنان در دامنه‌های کوهستانی آن می‌روید (فاریس، ۲۰۱۴).

www.SID.ir

Archive of SID

برابر خشکی مقاومت چندانی ندارد و به‌مدت طولانی، خشکی و کم آبی را تحمل نمی کند، اما قادر است خود را با شرایط خشک تا حدی تطبیق دهد و با تشکیل یاخته‌های کوچک‌تر سطح تعریق را کاهش دهد که در نهایت سبب تشکیل برگ‌های کوچک و در نتیجه روزنه‌ها کوچک‌تر می‌شود و از آثار سوء کم‌آبی تا حدی محفوظ می‌ماند (سالامینی، ۲۰۰۴).

ساکس و ساکس (۱۹۲۴) و کیهارا (۱۹۲۴) با استفاده از روش سینوژنتیکی تشخیص دادند که گونه‌های گندم بر اساس سطوح پلوییدی به سه گروه طبقه‌بندی می‌شود:

- انواع دی‌پلوئیدی[1] ۱۴x=۲n=۲ کروموزومی که به این گندم‌ها گندم‌های تکدانه یا اینکورن[2] نیز می‌گویند، به لحاظ اینکه در هر سنبلچه واقع در محور سنبله، همانند جو دو ردیفه، فقط یک‌دانه تشکیل می‌شود. دانه‌ها نیز همانند جو پوشش‌دار است.
- انواع تتراپلوئیدی ۲۸x=۴n=۲ کروموزومی که گندم‌های جفت‌دانه‌ای یا اِمِر[3] نامیده می‌شود، دارای انواع وحشی و زراعی، لخت و پوشش‌دار است و دو گونهٔ *T.Dicoccum* و *T.Durum* (گندم ماکارونی) در سطوح وسیع کشت می‌شود.
- انواع هگزاپلوئیدی ۴۲x=۶n=۲ کروموزومی که به گندم‌های معمولی دینکل[4] معروف است، عموماً زراعی ولی دارای انواع لخت و با پوشش است.

نیای وحشی و گونه‌های بعدی حاصل از آن (جدول ۱) تفاوت های فنوتیپی مشخصی نشان می‌دهد که «سندروم اهلی‌شدن» نامیده می‌شود (هامر، ۱۹۸۴؛ پازی و سالامینی، ۲۰۰۷).

جدول ۱. نیای وحشی و اولین محصولات کشاورزی نوسنگی (لو-یادن و همکاران، ۲۰۰۰)

نام	نیای وحشی	گونهٔ اهلی‌شده
گندم اینکورن	*Triticum boeoticum Boiss.emend.Schiem*	*T.monococcum L*
گندم امر	*Triticum dicoccoides(Korn).Aarons*	*T.dicoccum Schubl*
جو	*Hordeum spontaneum C.Koch*	*H.vulgare L*
عدس	*Lens orientalis* (Boiss.) Hand-Mazz.	*L. culinaris* Medik
نخودفرنگی	*Pisum humile* Boiss. & Noë	*P. sativum* L.
نخود	*Cicer reticulatum* Ladiz.	*C. arietinum* L.
گاودانه	*Vicia ervilia* (L.) Willd.	*V. ervilia* (L.) Willd
بذرک	*Linum bienne* Mill.	*L. usitatissimum* L.

گندم در دوره‌های مختلف آب‌وهوایی

در مرحلهٔ بین یخبندان امیان در فاصلهٔ زمانی ۱۳۵۰۰۰ تا ۱۱۶۰۰۰ سال پیش، شرایط اقلیمی مناسب موجب کاهش پوشش‌های ساوان و افزایش مساحت جنگل‌های انبوه و بارانی در مناطقی از آفریقا شد که امروزه به‌صورت بیابانی و نیمه‌بیابانی است. در فاصلهٔ پایان این مرحله و آغاز مرحلهٔ سپسین، معدودی از گروه‌های انسان هوشمند به هلال خضیب پانهادند (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۴). جغرافیای زیستی هلال خضیب و آفریقا در این مرحله به‌طور کلی مشابه بود. سرمای مرحلهٔ پیشین و دمای میانگین جهانی بالاتر در این مرحله موجب ایجاد تغییراتی بنیادین در مساحت زیر پوشش انواع گونه‌های گیاهی و حاصلخیزی آن‌ها به‌خصوص در کمربند میان آفریقای مرکزی و جنوبی و نیز در منطقهٔ شرق مرکزی آفریقا شد. به‌نظر می‌رسد بین تغییرات شدید و سریع اقلیمی و محیطی در منطقهٔ شرق مرکزی آفریقا و پیدایش انسان مدرن در این منطقه هم‌بستگی وجود داشته باشد (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۴).

---

۱. واژهٔ «پلوئیدی» یا «سطح پلوئیدی» به تعداد مجموعه‌های کروموزومی موجود زنده اشاره دارد. موجودات زنده اعم از جانوران و گیاهان اغلب دو سری از هر کروموزوم دارند، لذا دیپلوئید نامیده می‌شوند. سطوح بالاتر از دیپلوئیدی را پلی‌پلوئیدی می‌گویند. سطح پلوئیدی را با X نشان می‌دهند. بدین ترتیب، موجوداتی با سه، چهار، پنج و شش سری کروموزومی در هر سلول بدنی، به‌ترتیب تریپلوئید، تتراپلوئید، پنتاپلوئید و هگزاپلوئید نامیده می‌شوند. تعداد کروموزوم‌های بدنی (سوماتیک) هر موجود زنده صرف‌نظر از سطح پلوئیدی آن موجود با n2 نشان داده می‌شود. بنابراین، نمایش کروموزومی گندم نان به‌عنوان گیاه هگزا پلوئید را به‌صورت ۴۲x=۶n=۲ نشان می‌دهند.

2. Einkorn
3. Emmre
4. Dinkel

www.SID.ir

Archive of SID

در ۱۱۰,۰۰۰ تا ۱۱۶,۰۰۰ سال پیش مساحت جنگل‌های پهن‌برگ، همچنین گونه‌های علفی و خانوادهٔ گندمیان در شمال آفریقا و منطقهٔ هلال خضیب افزایش یافت. در ۷۵,۰۰۰ سال پیش کاهش دمای هوا و گسترش صفحات یخچالی در شمال اروپا شرایط اقلیمی نامساعدی را به‌وجود آورد و موجب مهاجرت گروه‌های بسیاری از انسان‌ها به سمت هلال خضیب شد (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۴).

از نظر پراکندگی جغرافیایی، جو پراکندگی کمتری نسبت به گندم دارد و در حدود ۱۰,۰۰۰ سال قبل در نواحی محدودی اهلی‌شده است. البته، دیدگاه دیگری نیز وجود دارد که منشأ اهلی‌شدن آن را در هیمالایا می‌داند (مالینا–کانو، ۱۹۸۷)؛ اما نمونه‌های یافت‌شده از سایت‌های باستان‌شناسی هیمالایا از نوع ترکیبی و گونه‌ای بین جو اهلی و وحشی *H. agriocrithon* بوده است (زهاری، ۱۹۵۹). بررسی‌ها نشان داده که جو برای اولین‌بار در اردن و اسراییل اهلی شده است (بدر و همکاران، ۲۰۰۰). یافته‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد که اهلی‌شدن برنج اولین‌بار در ۱۳,۰۰۰ سال قبل در سایت ابوحریره در شرق حلب در سوریه صورت گرفته است (هاویلند، ۲۰۱۱). گندم نیز تقریباً در ۱۲,۵۰۰ سال قبل در منطقهٔ هلال خضیب اهلی شد (سالامینی و همکاران، ۲۰۰۰). این دورهٔ زمانی از نظر آب‌وهوایی مصادف با دورهٔ سرد یانگردریاس در کرهٔ زمین بوده است. در طول دورهٔ یانگردریاس دمای سطح اطلس شمالی ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش‌یافت و اروپا برای دوره‌ای ۱,۴۰۰ ساله به شرایط یخبندان بازگشت (عزیزی، ۱۳۸۳). سردی هوا سبب کاهش همرفت و تضعیف شدت بادهای غربی روی اطلس شمالی شد. همچنین، به‌دلیل پوشیده‌شدن سطح اقیانوس‌ها از آب‌های تازه، تبخیر اثر چندانی بر شوری نداشته است و در نتیجه فروروی ترموهالین در اقیانوس اطلس متوقف شد. یکی از پیامدهای توقف این فروروی عدم پیشروی آب‌های گرم حاره‌ای به سمت اطلس شمالی به‌منظور تعدیل دما بوده است (دنسگارد و همکاران، ۱۸۸۹). تداوم این حالت، برگشت دمای اروپای شمالی به شرایط یخچالی، پیشروی کلاهک یخی اسکاندیناوی و برگشت گردش جوّی سراسر نیمکرهٔ شمالی به مرحلهٔ یخچالی بوده است. این دوره با ذوب‌شدن صفحهٔ یخی لیورنتاید در ۱۱,۵۰۰ سال پیش پایان یافت. به‌دنبال آن ظرف بیست سال اقلیم اطلس شمالی ملایم‌تر شد و توفان‌های آن نیز کاهش یافت. در مدت ۵۰ سال بعد بارش تا ۵۰٪ و دما تا ۷ درجهٔ سانتی‌گراد در خشکی‌های اطراف افزایش یافت.

از حدود ۱۱,۰۰۰ سال پیش اقلیم عصر کنونی شروع شد که هولوسن نام دارد (عزیزی، ۱۳۸۳). در ۱۲,۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل منطقهٔ هلال خضیب شرایط اقلیمی حادی با تابستان‌های گرم‌تر و بسیار طولانی‌تر از شرایط کنونی را تجربه کرد. شرایط اقلیمی حاکم موجب ازبین‌رفتن بسیاری از دریاچه‌های کم‌عمق و رودهای فصلی شد و در تغییر پوشش گیاهی منطقه نیز مؤثر بود. گیاهانی که سازگاری بیشتری با شرایط محیطی و فصول خشک داشتند و غالباً جزء گیاهان یک‌ساله بودند (شامل غلات وحشی نخود، عدس، نخودفرنگی، گندم و جزآن)، با ایجاد تغییراتی در لگوم و شکل دانه چرخهٔ حیات یک‌سالهٔ خود را تکمیل کردند. گیاهان یک‌ساله به‌سرعت در شرایط ناپایدار تکامل می‌یابند (هاویلند و همکاران، ۲۰۱۱).

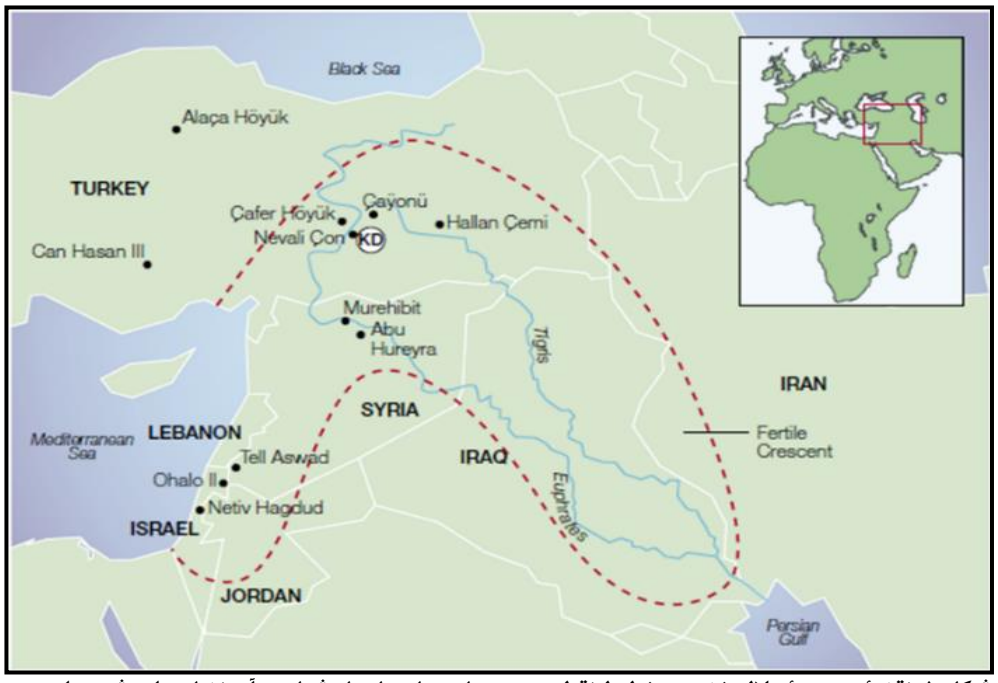
پس از دورهٔ دیریخبندان، طی دورهٔ هولوسن، آب‌وهوای زمین شبیه به شرایط امروزی شد. با ذوب ورقه‌های یخی و افزایش تراز آب دریاها، درجه حرارت تعدیل و سامانهٔ موسمی نیز شدت‌یافت. در دورهٔ هولوسن موسمی‌های جنوب‌شرقی آسیا و آفریقا تقویت شد و در اثر افزایش بارندگی و افزایش ۲ درجه‌ای دما، جنگل‌های بارانی تجدید شد و در ورای محدوده‌های کنونی‌شان گسترش یافت.

حدود ۸۲۰۰ سال پیش، دورهٔ بهینهٔ اقلیمی در سراسر نیمکرهٔ شمالی حاکم شد که از دوره‌های مشهود در هولوسن بود. زمانی که از منشأ شکل‌گیری کشاورزی صحبت می‌شود لازم است که به تفاوت بین کشت[1] و اهلی‌شدن[2] محصول توجه شود. در کشت محصول، گونهٔ وحشی یا اهلی آن بدون هیچ گزینشی کشت می‌شده است؛ اما اهلی‌شدن، محصول فرایندی است که در آن نوعی انتخاب ژنتیکی، با تغییر صفات کلیدی و تبدیل گونه‌های وحشی محصولات به گونهٔ اهلی رخ می‌دهد. گذار شکل وحشی به گونهٔ اهلی‌شدهٔ محصولات غالباً با سه تغییر اساسی در ریخت‌شناسی محصول همراه است که کشت آن را آسان‌تر می‌سازد: تغییر در اندازهٔ دانه، افزایش مقاومت محور سنبله و سهولت جداشدن دانه از درون غلاف (سالامینی و همکاران، ۲۰۰۲).

1. cultivation
2. domestication

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نقشهٔ محدودهٔ هلال خضیب. خطوط نقطه‌چین و سایت‌های باستان‌شناسی آن نشان داده شده است. هلال خضیب دارای توپوگرافی متنوع و زمستان‌های سرد و بارانی و تابستان‌های خشک بود. منطقهٔ کاراجا داغ (KD) هستهٔ اصلی شکل‌گیری کشاورزی شناخته شده و اولین جایی است که در آن گندم اهلی شد (منبع: هاویلند و همکاران، ۲۰۱۱).

قبل از شکل‌گیری کشاورزی، منطقهٔ هلال خضیب غنی از منابع طبیعی لازم برای زندگی انسان بود. شرایط آب‌وهوایی مناسب نسبت به مناطق دیگر و وجود منابع عظیم پوشش گیاهی و جانوری منبع غنی پروتئین را برای تغذیهٔ انسان آن دوره فراهم کرد. شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که گروه‌های انسانی سکنی‌گزیده در این منطقه، قبل از کشاورزی و پرورش گیاهانی چون گندم، جو و ارزن از گونه‌های خودرو و وحشی آن استفاده می‌کردند و به جمع‌آوری دانه‌های خوراکی می‌پرداختند. آب‌وهوای منطقهٔ هلال خضیب در اوایل دورهٔ هولوسن گرم و خشک بود. در هولوسن میانی نسبتاً سرد و مرطوب شد و در اواخر هولوسن آب‌وهوای خشک و گرم‌تری داشت (لیت و همکاران، ۲۰۱۲).

گندم اینکورن *T. boeoticum* با ژن دیپلوییید AA اولین گونهٔ گندمی است که انسان کشت داده است (رن‌فراو، ۱۹۷۹). این گندم اگرچه در کشاورزی دورهٔ نوسنگی اهمیت بسیاری داشت، کشت آن در عصر برنز (۵۵۰۰ سال قبل) کاهش یافت و امروزه محصولی محلی و بیشتر برای ساخت بلغور یا برای غذای حیوانات در کوهستان‌های فرانسه، مراکش، یوگسلاوی سابق، ترکیه و دیگر کشورها استفاده می‌شود (فاریس، ۲۰۱۴). دانه‌های یافت‌شده از اینکورن وحشی در هلال خضیب قدمتی بیش از ۱۲,۵۰۰ سال دارد (رن‌فراو، ۱۹۷۹)؛ اما دانه‌های کشف‌شده در سایت‌های باستان‌شناسی یونان، قبرس و بالکان از نوع اهلی‌شده و با قدمت ۹۵۰۰ ساله است. گندم اینکورن برای کشاورزان اولیه در اروپای مرکزی (۷۰۰۰ سال قبل) اهمیت بسیاری دارد. نتایج بررسی‌های ژنتیکی گندم نشان داده است که گونهٔ اینکورن به‌صورت علفی خودرو در دامنه‌های بازالتی کوه‌های کاراجا داغ در جنوب شرقی ترکیه می‌رویید و افراد ساکن در آن منطقه از دانه‌های آن استفاده می‌کردند و بعدها به کشت آن پرداختند (وان زیست، ۱۹۸۱).

گندم اِمِر

اهلی‌شدن گندم امر یکی از مهم‌ترین مراحل اهلی‌شدن گندم بوده است. گندم امر از نوع تتراپلوئید و از نیای *T. dicoccoides.* است. اِمِر وحشی گندم AABB با ژن *T.uratu* است که موجب خردشدن و شکنندگی دانه‌ها و سنبله می‌شود. ژنوم گندم *Triticun aestivum* متشکل از ۲۱ جفت کروموزوم است که به‌صورت AABBDD طبقه‌بندی

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود و ژن‌ها در سه بخش A، B و D قرارمی‌گیرد. گندم *Triticun aestivum* گونه‌ای است که از امتزاج ژنتیکی *Aegilopstauschi* و *Triticum turgidium* به‌ترتیب گونه‌ای علف و گونه‌ای از گندم وحشی به‌وجود آمده است. بنابراین، کروموزوم‌های AA به‌گونهٔ علفی و کروموزوم‌های گروه BB به‌گونه‌ای از گندم وحشی بومی غرب آسیا و جنوب شرقی اروپا تعلق دارد (نوو و همکاران، ۲۰۰۲). گندم‌های تتراپلوئید اهلی‌شده برخلاف اجداد اولیه و وحشی خود محور خوشهٔ مقاومی دارد. نمونه‌هایی از دانه‌های گندم امر اهلی‌شده که از سایت تل اسود[1] به‌دست‌آمده مربوط به ۱۰,۸۰۰ سال قبل بوده است (وان زیست و همکاران، ۱۹۸۲). در نوع وحشی، خوشهٔ گندم امر (*Triticum turgidum* ssp. dicoccoides) دارای شکنندگی زیادی بوده است و قبل از رسیدن فرومی‌ریزد، درحالی‌که نوع اهلی‌شدهٔ آن (*T. turgidum* ssp. dicoccum, *T. turgidum* ssp. durum) دارای خوشه‌های مقاوم است و تا زمان رسیدن، محصول از ساقه جدا نمی‌شود (شکل ۲). بررسی کمّی رفتار شکنندگی سنبله در مجموعهٔ مختلف گندم امر (وحشی و اهلی) تأیید کرده است که بین ژنوتیپ‌های وحشی و اهلی‌شده، زنجیرهٔ فنوتیپی شکنندگی سنبله وجود ندارد. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داده است دانه‌های رسیدهٔ اِمِر اهلی‌شده (ارقام سنتی و جدید) به‌آسانی جوانه می‌زند و به‌طور نرمال ۹۵٪ به بذردهی می‌رسد. درحالی‌که در نمونهٔ وحشی ۵۰٪ جوانه‌زنی رخ می‌دهد. در حالت کلی، اندازهٔ دانه در گندم امر اهلی‌شدهٔ *Triticum parvicoccum* کوچک‌تر از نوع وحشی آن است (روث و همکاران، ۲۰۱۰).

شکل ۲. الف) گندم اهلی T.urgidum var durum و ب) گندم وحشی Triticum turgidum var dicoccoides (منبع: سالامینی و همکاران، ۲۰۰۴)

1. Tall e Asvad

www.SID.ir

Archive of SID

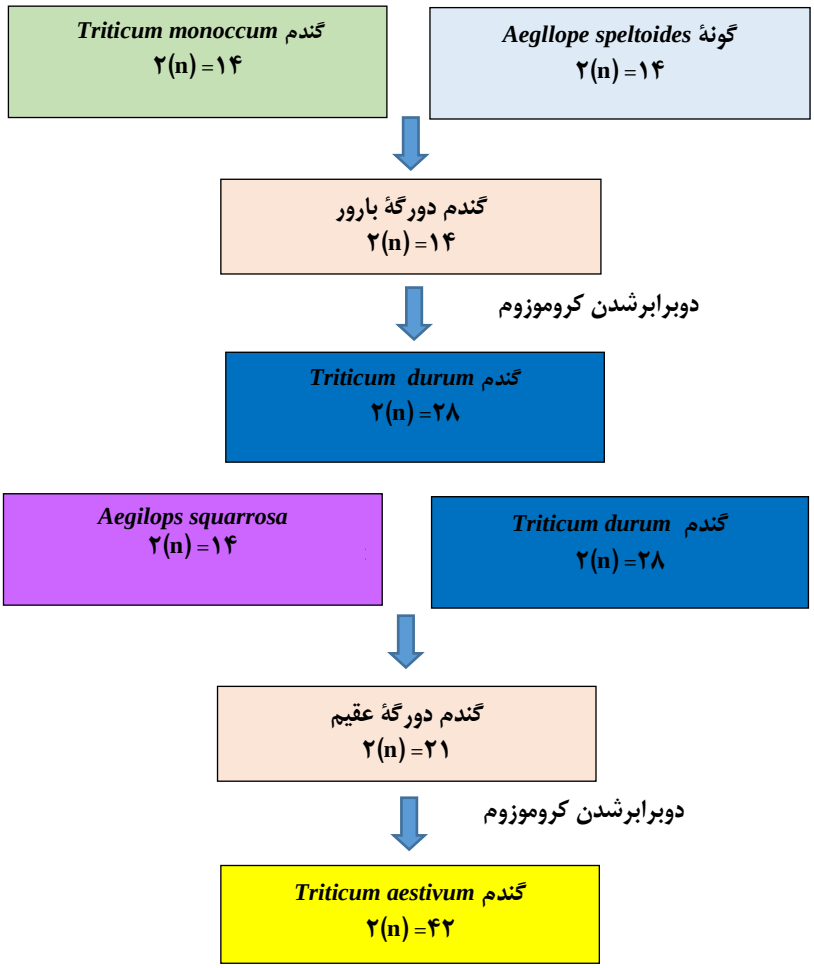
شکل ۳. مقایسهٔ دانه و محور سنبله در انواع گندم وحشی و اهلی و دورگه (منبع: سالامینی و همکاران، ۲۰۰۴)

بررسی‌های انجام‌شده روی گندم آسیایی نشان داده است که در هزاره‌های پنجم و دوم پیش از میلاد، اندازهٔ دانهٔ گندم نوع Triticum تا حدی کاهش یافته است (لیو و همکاران، ۲۰۱۶). تا مدت‌ها اعتقاد بر این بود که آلل اولیهٔ NAM-B1 در طول اهلی‌شدن گندم حذف شده است، اما بررسی گندم‌های فسیل به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ وجود آن در گندم هگزاپلوئید وحشی کشت‌شده در قرن ۱۹ بوده است. یوآی و همکاران (۲۰۰۶) چهارمین ژن مهم اهلی‌شده در گندم، GPC-B1 یا NAM-B1 را شناسایی کردند. این ژن بر کیفیت مغذی‌بودن و اندازهٔ دانه تأثیر می‌گذارد و امروزه برای بالابردن کیفیت گندم توجه زیادی به آن شده است. ژن NAM-B1 محتوای پروتئین موجود در دانه را افزایش می‌دهد. آلل اولیهٔ NAM-B1 در تتراپلوئید وحشی اِمِر یافت می‌شود، اما در واریته‌های دوروم کشت‌شده *T.* durum ssp. *turgidum* یا گندم هگزاپلوئید (*T. aestivum* ssp. aestivum) وجود نداشته است. در عوض این نمونه‌ها دارای جهش تصادفی آلل بوده یا حذف ژن داشته است (یوآی و همکاران، ۲۰۰۶).

در ایران، مطالعات دقیقی در زمینهٔ اهلی‌شدن گندم انجام نشده است و اینکه دقیقاً در چه زمانی تغییرات فراژنتیکی در نوع اینکورن و امر وحشی رخ داده است. نتایج پژوهش‌های بروشکی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که غذای غالب ساکنان زاگرس در ۹۰۰۰ سال قبل غلات، به‌ویژه گندم، بوده است. بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در زاگرس جنوبی با استفاده از شواهد گرده‌شناسی حاصل از دریاچهٔ پریشان، تقریباً حدود ۱۰,۹۸۰ سال را پوشش داد که نشان‌دهندهٔ شواهد گرده‌های گیاهانی چون اسفناجیان، گندمیان، میخک و درمنه و به‌معنای استیلای شرایط خشک در منطقه است. بررسی‌های گرده‌شناسی مغزه‌ای رسوبی از تالاب گانلی‌گول، با نام اختصاری (GNL) در نزدیکی ارومیه نیز نشان‌دهندهٔ افزایش بلوط به‌همراه مقادیر بالای درمنه و گندمیان و به‌معنای بهبود شرایط آب‌وهوایی در دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۴۰۰ سال پیش در منطقه است. بررسی تنوع وراثتی و روابط میان‌گونه‌ای گونه‌های دیپلوئید جنس Triticum L در ایران نشان‌دهندهٔ این بود که بیشترین درصد پلی‌مورفیسم در بین گونه‌ها مربوط به گونهٔ *T. boeoticum* (۵۹/۵٪) و در بین نواحی جغرافیایی مربوط به ناحیهٔ غرب ایران (۹۱/۴٪) رخ داده است. وجود پلی‌مورفیسم بالا بین جمعیت‌های این گونه‌ها نشان می‌دهد که جمعیت‌های خودروی گندم در ایران خزانهٔ وراثتی مهمی برای یافتن آلل‌های مفید در اصلاح و تقویت پایه‌های وراثتی گندم زراعی استفاده می‌شود. همچنین، گویای این واقعیت است که گونه‌های دیپلوئید به‌همراه *Aegilops tauschii Coss* طی فرایندهای دو رگ‌گیری، پلی‌پلوئیدی و به‌دنبال آن اهلی‌شدن، گندم زراعی تولید کرده است. درک تنوع ژنتیکی بین و درون جمعیت‌های گندم‌های خودرو در توسعهٔ راهبردهایی در رابطه با جمع‌آوری‌های مفید و حفاظت از ژرم‌پلاسم گونه‌ها مؤثر است (شمس‌الدینی، ۱۳۹۰).

www.SID.ir

Archive of SID



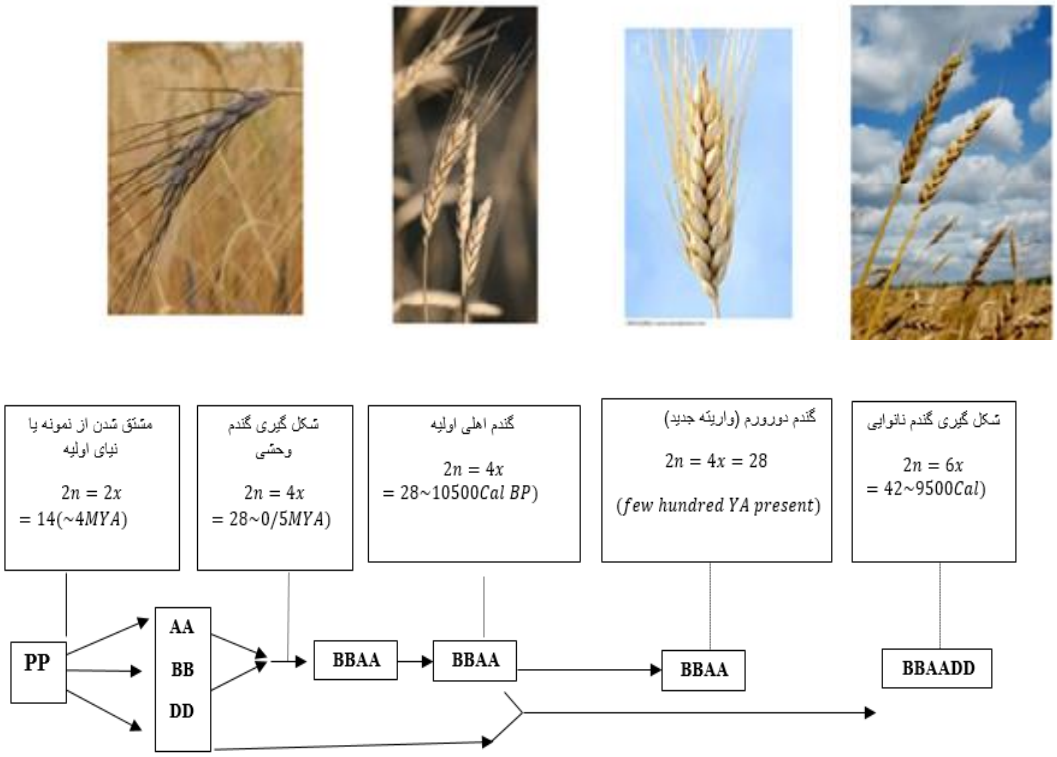
شکل ۴. تکامل گندم هگزاپلوئید (منبع: زهاری و همکاران، ۲۰۰۰)

زهاری و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که بین هزارهٔ پنجم و دوم پیش از میلاد اندازهٔ دانه در رقم گونه‌های 'Triticum' حدود ۳۰٪ کاهش یافته است. در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد، برخی غلات اهلی‌شده در هلال خضیب از جنوب‌غربی آسیا به چین راه‌یافت. در هزارهٔ دوم قبل از میلاد، اندازهٔ دانه‌های گندم در چین کاهش یافت (موتوزایت متیوزویچیت و همکاران، ۲۰۱۵). میزان این کاهش در اندازه و پهنای دانه‌های کشت‌شده در نواحی مرکزی چین بسیار بیشتر بوده است. نمونه‌های گندم اهلی‌شده‌ای که در سایت‌های مختلف باستان‌شناسی شمال فلات ایران به‌دست‌آمده دارای قدمتی بیش از ۲۰۰۰ سال است (مور و همکاران، ۱۹۹۴)، درحالی‌که نمونه‌های اهلی‌شده و به‌دست‌آمده از نواحی جنوب‌شرقی فلات ایران مربوط به بیش از ۵۰۰۰ سال قبل است (تنگبرگ، ۱۹۹۸).

بررسی کرونولوژی و ریخت‌شناسی بسیاری از گیاهان نشان‌دهندهٔ افزایش ۲۰٪ تا ۶۰٪ ضخامت و پهنای دانه‌ها در زمان اهلی‌شدن است. در ۱۰,۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل، ضخامت دانه در گندم اینکورن از ۱/۲ میلی‌متر به ۱/۸ میلی‌متر افزایش یافت (فاولر و همکاران، ۲۰۱۴). این افزایش ضخامت در دانهٔ گندم اِمِر در دورهٔ زمانی ۵۰۰۰–۹۰۰۰ سال قبل از ۱/۷ میلی‌متر به بیش از ۲/۵ میلی‌متر بوده است؛ اما آنچه اهمیت دارد شکل دانه و فشردگی سنبله در گندم هگزاپلوئید است (مک‌کی، ۱۹۶۶). چنین تغییراتی در دانه‌های گندم هگزاپلوئید در ۵۵۰۰ سال قبل در منطقهٔ هلال خضیب صورت گرفته است (وبر و همکاران، ۱۹۹۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. تکامل گندم: دو رگ‌گیری، آلوپلی‌پلوئیدی[1]شدن و اهلی‌شدن (منبع: زهاری و همکاران، ۲۰۰۰)

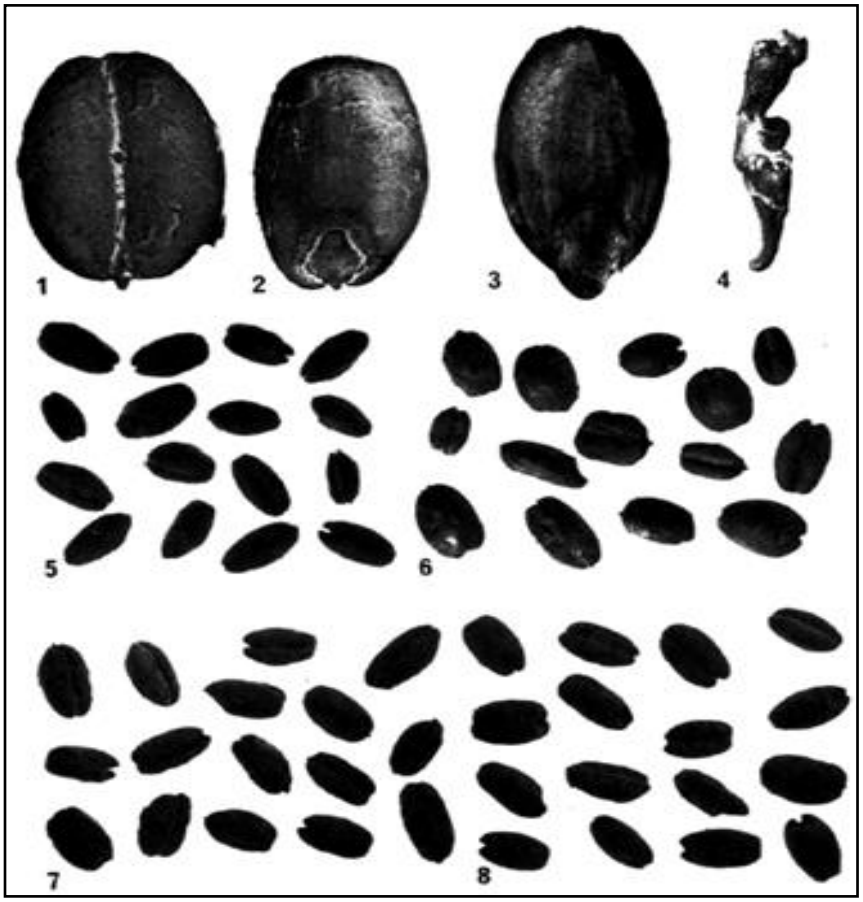
بحث

انسان از حدود حداقل ۲۰,۰۰۰ سال قبل به جمع‌آوری دانه‌های وحشی می‌پرداخت و می‌دانست که گیاهان در شرایط خاصی بهتر رشد می‌کنند. در برخی سال‌ها محصول کمتری می‌دهند یا در اثر آفات و بیماری از بین می‌روند. یافته‌های اخیر مربوط به نتایج بررسی ژن‌های وحشی محصولات کشاورزی نشان داده است که اهلی‌شدن گونه‌های گیاهی اغلب در آسیا و در بیش از ۱۲,۵۰۰ سال قبل رخ داده است (سالامینی و همکاران، ۲۰۰۲). گندم اینکورن و امر، جو، نخود، عدس، گاودانه و بَزرک از جمله محصولاتی است که اولین‌بار در هلال خضیب اهلی شد (هیلمن، ۱۹۶۶). اینکورن اولین گندمی که با موفقیت کشت شد گونه‌ای دیپلوئیدی بود که در بیش از ۱۲,۵۰۰ سال قبل برای اولین‌بار در هلال خضیب اهلی شد، اما کشت این نوع گندم در ۵۵۰۰ سال قبل متوقف گشت. در آن زمان انسان به کشت گندم پلی‌پلوئید روی آورد، زیرا گونهٔ پلی‌پلوئید دارای سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی گرم آن دوره بود و برداشت آن راحت‌تر از گونهٔ اینکورن انجام می‌شد. همچنین، گلوم‌های نرم‌تری نسبت به اینکورن داشت. گونهٔ گندم امروزی، گندم نان هگزاپلوئید *Triticum aestivum* ssp. aestivum, نتیجهٔ پیوندی است که بین گندم امر تتراپلوئید tetraploid emmer (*Triticum turgidum*) و گونه‌های دیپلوئید *Aegilops tauschii* رخ داده است. در واقع، می‌توان گفت گندم نانوایی در طبیعت، نیای هگزاپلوئید وحشی ندارد و نوعی گیاه دورگه یا پیوندی به‌شمار می‌آید.

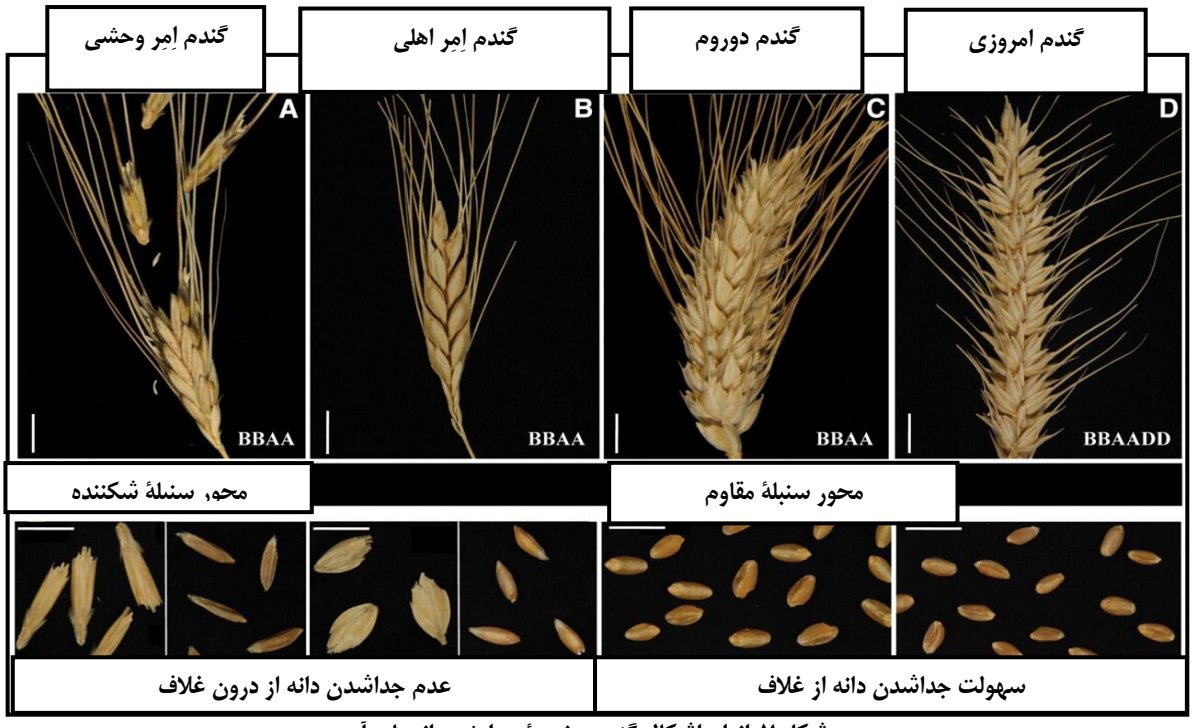
۱. در این حالت سری‌های کروموزومی در موجود زنده مانند هم نیست. در واقع، ژنوم آلوپلوئیدها ترکیبی از دو یا چند ژنوم متفاوت است. آلوپلوئیدها اغلب در نتیجهٔ دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌های دورگه یا ترکیبی به‌وجود می‌آید. فرض کنید در تلاقی بین دو گیاه، ژنوتیپ والدی AA و ژنوتیپ والد دیگری BB است. ترکیبی که از این تلاقی به‌دست می‌آید ژنوتیپ AB نام دارد و اغلب عقیم است. اگر به هر شکلی تعداد کروموزوم‌های این ترکیب دو برابر شود، ژنوتیپ AABB به‌دست می‌آید. موجود حاصل به‌دلیل داشتن دو ژنوم AA و BB آلوتتراپلوئید نامیده می‌شود. همچنین، به‌دلیل اینکه هر نسخه از دو ژنوم (A و B) در این موجود دارای دو سری است به آن آمفی‌دیپلوئید نیز می‌گویند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. تغییرات اندازه و عرض دانهٔ گندم در طول زمان. ردیف اول، از شمارهٔ ۴ به ۱ تغییرات اندازهٔ دانهٔ گندم؛ ردیف ۲، تغییرات اندازه و ضخامت دانهٔ گندم اینکورن؛ و ردیف ۳ مربوط به گندم امر (منبع: مک‌کی، ۱۹۶۶)



شکل ۷. انواع اشکال گندم و نحوهٔ جدایش دانه‌های آن

www.SID.ir

Archive of SID

با عقب‌نشینی یخچال‌ها، قلمرو رویشی گیاهان به عرض‌های بالاتر گسترش یافت. مطالعات ژنتیکی نشان داد که اهلی‌شدن غلات در منطقهٔ کاراجاداغ در نزدیکی دیار بکر در جنوب‌شرقی ترکیه صورت گرفته است (دابکووسکی و همکاران، ۲۰۰۷). پلی‌پلوئیدی[۱] شدن کلید شناخت تکامل گندم است. گندم امر وحشی دارای دانه‌های باریک و کشیده با محتوای پروتئین اندک است و مشابه اکثر گونه‌های علفی، بخش بیشتر دانه را پوسته و غلاف تشکیل می‌دهد (دابکووسکی و همکاران،۲۰۰۷). موفقیت گندم که یکی از گونه‌های زراعی است به‌دلیل آلل‌های مطلوب در جایگاه Br است که به خوشه‌ها ویژگی مقاومت در برابر شکنندگی و خردشدن را می‌دهد. جایگاه Tg و Q موجب سهولت خارج‌شدن دانه از غلاف می‌شود. گیاهان اهلی‌شده با اجداد اولیهٔ وحشی خود در صفات مورفوفیزیولوژیکی تفاوت دارد که بیشتر در ارتباط با حفظ بذر و جوانه‌زنی، رشد، اندازه، رنگ و جزآن است (نادین و همکاران، ۲۰۱۵). برخی محققان بر این باورند که اهلی‌شدن فرایندی آگاهانه است که در گندم به‌سرعت رخ داده است (بلومر، ۱۹۹۲). طبق این دیدگاه، اهلی‌شدن گندم و کشاورزی هم‌زمان صورت‌گرفته است. این دیدگاه برای غلات دیپلوئیدی با صفات ریخت‌شناسی ساده مصداق دارد که موجب تمایز گونه‌های وحشی و اهلی از هم می‌شود. آلل‌های صفاتی نظیر شکنندگی خوشه و سست‌بودن غلاف ممکن است در صورت کشت متمرکز به‌راحتی و به‌سرعت اتفاق بیفتد، اما مواردی همچون آلل مؤثر در نرمی پوسته (گلوم) که موجب سهولت جداشدن دانه از غلاف در اینکورن دیپلوئید می‌شود ممکن است در نتیجهٔ آثار منفی پلیوتروپی متوقف شود. به‌عبارتی این فرض برای غلات پلی‌پلوئیدی مصداق ندارد. با توجه به شواهد بسیاری که از سایت‌های مختلف باستان‌شناسی منطقهٔ هلال خضیب به‌دست‌آمده است، عقیدهٔ دیگری شکل‌گرفته که بیان می‌کند کشاورزی تا مدت‌های زیادی قبل از اهلی‌شدن گندم وجود داشته و چند صدسال پس از کشت متمرکز گندم، اهلی‌شدن آن رخ‌داده است (نوو و همکاران، ۲۰۰۲).

بررسی‌های گرده‌شناسی در سایت باستان شناسی ابوحریره نشان داده است که در این منطقه، قبل از اینکه اهلی‌شدن برنج رخ داده باشد، مدت‌ها کشت برنج صورت می‌گرفته است. دانه‌های برنج یافت‌شده در این سایت قدمتی بیش از ۱۳,۰۰۰ سال دارد. کاوش‌های انجام‌شده در سایت ابوحریره نشان‌دهندهٔ رابطه‌ای میان داده‌های گیاه‌شناسی دیرینه و رخداد یانگردریاس است که ۵۰۰ سال پس از شکل‌گیری این دهکده، یعنی در ۱۲,۵۰۰ سال قبل، رخ داده است. اقلیم سرد و خشک ممکن است جوامع انسانی را وادار به کشت گیاهانی کرده باشد که در اثر کاهش دما در حال نابودی یا تقلیل بوده است (گانز، ۱۹۹۷؛ زهاری و همکاران، ۲۰۰۰).

سازگاری و انطباق گیاهان و حیوانات در ابوحریره به‌تدریج صورت گرفته و در اثر اجبار اقلیمی یانگردریاس تسریع شده است. آلل‌های ژن‌های اصلی که صفات مطلوب اهلی‌شدن را ایجاد می‌کند در اثر این اجبار اقلیمی موجب تغییر فنوتیپ‌ها شده است (هیلمن، ۲۰۰۰). گندم و بسیاری دیگر از غلات یک‌ساله در برابر شرایط سرد و خشک اقلیمی برای برقراری انطباق، یاخته‌های کوچک‌تری را تشکیل می‌دهد که موجب کاهش سطح تعریق می‌شود (سالامینی، ۲۰۰۰).

در دورهٔ اقلیمی یانگردریاس که نسبت به دورهٔ قبلی سردتر و خشک‌تر بوده است، این اتفاق در گندم رخ داده است. در نتیجه، دانه‌های کوچک‌تر و مدورتر با محتوای پروتئین بالاتر، همچنین ساقه‌های کوتاه‌تر و مقاوم‌تری برای جلوگیری از شکسته‌شدن گیاه در برابر وزش باد و سرما شکل گرفته است. دورهٔ یانگردریاس در عرض‌های معتدل و بالا همراه با شرایط بسیار سرد و یخچالی بوده است. در این دوره، اروپا شرایط یخچالی داشت، اما عرض‌های پایین‌تر، به‌خصوص خاورمیانه و شمال آفریقا، شرایط اقلیمی مساعدتری برای کشاورزی داشت. در دورهٔ مذکور، تابستان‌های گرم و خشک و طولانی و زمستان‌های سرد و مرطوب در منطقه استیلا داشته است.

همان‌گونه که گفتیم، گندم پس از ورود به چین دچار تغییراتی در اندازه و شکل ظاهری شد. این تغییرات در دانه‌های گندم نواحی چین مرکزی بیشتر بوده و به‌طور قابل‌توجهی کوچک‌تر از دانه‌های گندم جنوب‌غربی آسیا شده است. بررسی‌های موتوزایت متیوزویچیت و همکاران (۲۰۱۵) نشان‌دهندهٔ این است که کوچک‌شدن اندازهٔ دانه‌های گندم

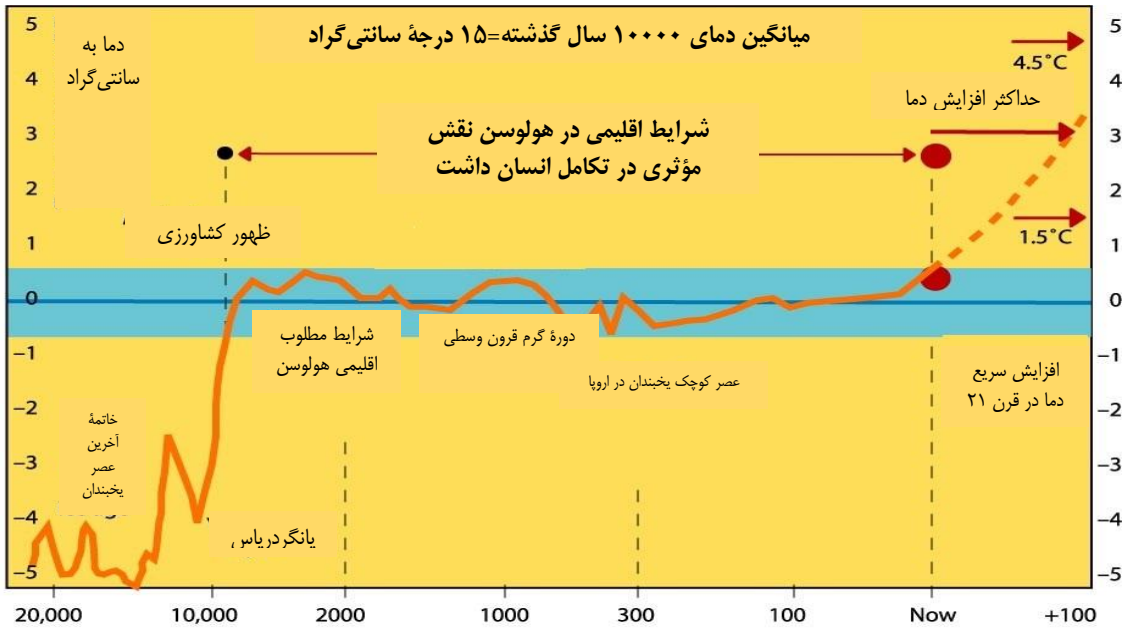
---

۱. در ژنتیک به شمار دسته‌های کروموزوم‌ها گفته می‌شود که با هم جورند. این کروموزوم‌های جور را، به‌ویژه در برخی مرحله‌های تقسیم یاخته، در کنار هم می‌توان یافت. پلی‌پلوئیدی ممکن است طبیعی باشد یا به‌طور مصنوعی ایجاد شود. پلی‌پلوئیدی مصنوعی از طریق واردکردن شوک‌های محیطی یا استفاده از مواد شیمیایی انجام می‌شود که مانع از تقسیم کروموزوم‌ها می‌شود، مثل کلشی‌سین (colchicine) که مانع از تشکیل رشته‌های دوک تقسیم می‌شود. پلی‌پلوئیدی راهبرد موفق تکامل و در واقع پدیده‌ای گیاهی است.

www.SID.ir

Archive of SID

و مقاوم‌شدن ساقه و محور سنبله به‌علت ایجاد مقاومت و سازگاری بیشتر در برابر آب‌وهوای موسمی بوده است. نتایج مشابهی از بررسی سیر تغییرات اندازهٔ دانهٔ گندم در شمال فلات ایران نیز نشان می‌دهد که علت اصلی کاهش اندازهٔ دانه و افزایش ضخامت آن سازگاری با عرض جغرافیایی و بادهای شدید دره‌ای بوده است (موتوزایت متیوزویچیت و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، افزایش مقاومت در برابر فصول خشک و آفاتی همچون زنگ زرد، نیز در فشردگی و تراکم دانه‌ها و تغییر شکل آن‌ها نقش داشته است (چن و همکاران، ۲۰۱۲). در زمانی که کشت گندم در منطقهٔ هلال خصیب آغاز شد، اروپا دارای شرایط اقلیمی بسیار سرد یخچالی بود که حدود ۱۴۰۰ سال به‌طول انجامید. به‌همین علت ورود و کشت گندم به بالکان، یونان و سپس نواحی مرکزی اروپا با تأخیر زمانی همراه بوده است. در شکل ۸، مشاهده می‌شود که قبل از شروع هولوسن دوره‌ای سرد با نام یانگردریاس وجود داشته است. این دوره در شکل‌گیری کشاورزی، یکجانشینی و اهلی‌شدن بسیاری از غلات نقش داشته است. در دورهٔ پس از آن، یعنی هولوسن، شرایط دمایی تقریباً یکنواخت شده و شرایط محیطی مناسبی برای انقلاب نوسنگی و رشد فرهنگی جوامع ایجاد شده است. در این دوره، اگرچه عرض‌های بالا شرایط سرد و یخبندان داشته است، در عرض‌های پایین‌تر نظیر منطقهٔ هلال خصیب، شرایط اقلیمی مناسبی برای رشد انواع گیاهان وجود داشته است. نتایج تحقیقات نشان داده است که در ۱۱,۵۰۰ تا ۶۵۰۰ سال قبل موسمی‌های هند شدیدتر شده و تأثیر زیادی بر فلات ایران داشته است (موتوزایت متیوزویچیت و همکاران، ۲۰۱۵). تأثیر موسمی‌های هند در فلات ایران در هولوسن پسین شرایطی محیطی را ایجاد کرد که در انقلاب نوسنگی و رشد فرهنگی جوامع آن دوره نقش داشته است.



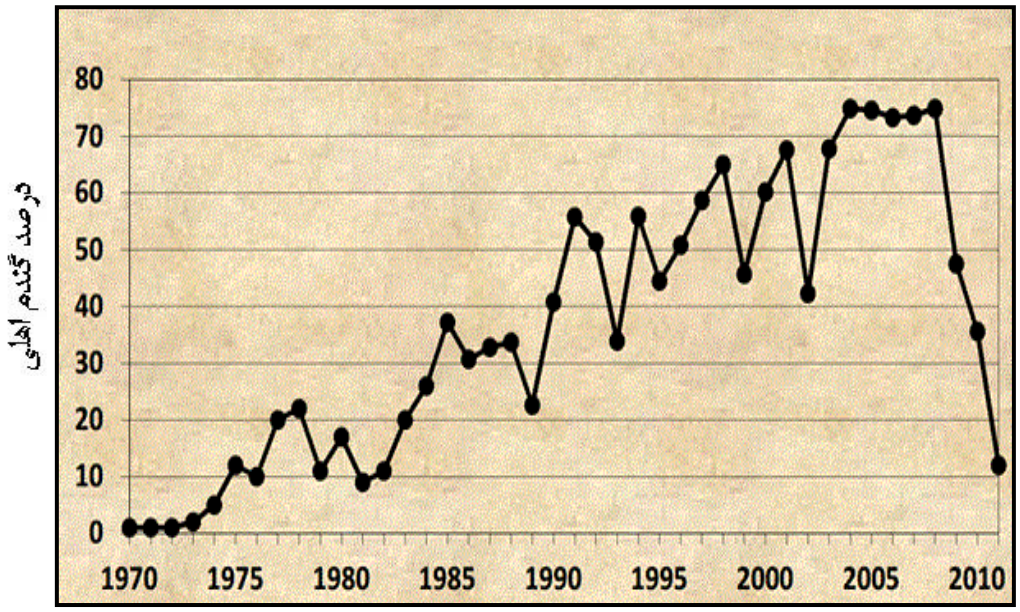
شکل ۸. میانگین دمای کرهٔ زمین در هولوسن و مهم‌ترین رخدادهای آن (منبع: www.skepticalsience.com)

بررسی‌های IPCC نشان‌دهندهٔ سیر افزایشی دما در عصر حاضر و آینده است (IPCC، ۲۰۰۷). افزایش دما موجب افزایش تنش‌های آبی و حرارتی در گیاهان، به‌خصوص غلات، شده است. در نتیجه امکان کشت در عرض‌های پایین و جنب‌حاره با مشکلات بسیاری مواجه خواهد شد. در عوض، افزایش دما در عرض‌های بالا شرایط اقلیمی مناسبی را برای کشاورزی فراهم می‌کند، اما انتقال کشاورزی به عرض‌های بالاتر نیز با مشکلاتی همراه خواهد بود. از جملهٔ این مشکلات می‌توان به کم‌ضخامت‌بودن خاک و فقیربودن خاک عرض‌های بالا به‌دلیل فرایندهای آبشویی و تجزیه در اثر یخبندان‌های مکرر اشاره کرد. بررسی‌های دانشمندان نشان داده است که با افزایش دما، اگرچه احتمال افزایش محصول یا کوتاه‌شدن دورهٔ رشد وجود دارد، کیفیت و راندمان محصول پایین می‌آید. برای نمونه، مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ میزان کشت گندم از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ در نروژ (شکل ۹) نشان داده است که در اثر تغییر اقلیم در عصر حاضر، میزان تولید

www.SID.ir

Archive of SID

گندم نان در این کشور کاهش‌یافته است، زیرا افزایش دما و رطوبت موجب‌شده گندم کیفیت مطلوب خود را از دست بدهد و میزان کشت و تولید آن کاهش یابد (وزارت کشاورزی نروژ، ۲۰۱۳).



شکل ۹. درصد تولید گندم نان در نروژ در سال‌های مختلف (منبع: وزارت کشاورزی نروژ، ۲۰۱۳)

نتیجه‌گیری

امروزه، حدود ۴۳۰ میلیون تن گندم هگزاپلوئید و تتراپلوئید که با نام گندم نان (*T.aestivum* ssp.aestivum L) و دوروم یا ماکارونی (*T.turgidum* ssp.durum L) شناخته می‌شود، سالانه تولید می‌شود و حدود یک‌پنجم از کالری مصرفی مردم جهان را تأمین می‌کند. با افزایش جمعیت، نیاز به گندم تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰٪ افزایش خواهد یافت. این در حالی است که میزان اراضی زیرکشت و مناسب کشت گندم تقریباً ثابت است. در شناخت تکامل گندم و سازوکار تغییرات زیربنای ژنتیکی رخدادهای اهلی‌شدن هسته که شکل امروزی دانهٔ گندم را ایجاد کرده است، مهم‌ترین تغییر در شکل‌گیری محور سنبلهٔ مقاوم بوده است که موجب می‌شود دانه‌ها تا زمان رسیدن از سنبله جدا نشود. دیگر تغییرات شامل دانه‌های پهن‌تر، افزایش کیفیت دانه و تراکم آن است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که چرخهٔ دنسگارد اوس‌جر و هنریچ آثار زیادی روی محیط‌های نواحی خشک آسیای مرکزی در کواترنری داشته است. در این دوران آب‌وهوا سرد بوده و در برخی نواحی خاورمیانه و ایران به‌علت پایین‌بودن دما و رطوبت، پوشش‌های گیاهی درختی و جنگلی از بین رفته و خانوادهٔ گندمیان و درمنه جایگزین شده است. از شرایط مطلوب برای رشد گندم نیز آب‌وهوای خشک در دورهٔ رشد رویشی، آب‌وهوای معتدل در زمان تشکیل دانه و آب‌وهوای گرم و خشک در زمان برداشت محصول است. شرایط اقلیمی دورهٔ یانگردریاس بیشترین تغییرات فراژنتیکی را در گندم کشت‌شدهٔ ساکنان هلال خضیب ایجاد کرد. در این دوره که دورهٔ آب‌وهوایی سرد بود، قارهٔ اروپا دارای شرایط یخچالی بوده است و تنها در عرض‌های پایین‌تر نظیر نواحی واقع در آسیای جنوب‌غربی، قسمت‌های جنوبی مدیترانه و نواحی جنوبی هند و چین امکان کشاورزی وجود داشت. در برابر شرایط خشک، گیاه گندم با تشکیل یاخته‌های کوچک‌تر سطح تعریق را کاهش می‌دهد. زمانی که گندم از طریق جادهٔ ابریشم و دیگر مسیرهای مواصلاتی از خاورمیانه به چین راه پیدا کرد، در نواحی جنوبی چین مرکزی شرایط سرد و خشک‌تری نسبت به خاورمیانه حکمفرما بود. نواحی جنوبی چین در ۷۰۰۰ سال قبل آب‌وهوای گرم و مرطوبی داشت، اما از ۶۳۰۰ سال قبل شرایط نسبتاً سرد و خشکی در منطقه حاکم شد و در همان زمان اندازهٔ دانه‌های گندم و برنج کوچک‌تر و به‌حالت امروزی خود نزدیک‌تر شد. کاهش اندازهٔ دانهٔ گندم در ۲۰۰۰–۵۰۰۰ سال قبل صورت گرفته است. می‌توان گفت تغییرات آب‌وهوا در دورهٔ یانگردریاس در اهلی‌شدن و بالارفتن قدرت سازگاری گندم در نواحی مختلف جغرافیایی مؤثر

www.SID.ir

Archive of SID

بوده است. پیش از آن اگرچه گندم تا مدت‌های طولانی کشت می‌شد، دارای ویژگی‌های گندم اهلی نبود. سرد و خشک شدن شرایط اقلیمی در یانگردریاس (۱۲۵۰۰ سال قبل) و پس از آن شرایط اقلیمی خشک در ۵۰۰۰–۶۰۰۰ سال قبل موجب افزایش مقاومت گیاه گندم شده و تغییرات ریخت‌شناسی و فراژنتیکی بسیاری را در آن ایجاد کرده است.

طبق گزارش IPCC (۲۰۰۷) گرم‌شدن کرهٔ زمین از ۵۰ سال گذشته، در هر دهه ۰/۱۳ درجهٔ سانتی‌گراد، تقریباً دو برابر نرخ ۱۰۰ سال گذشته، بوده است. افزایش کل گرما در قرن گذشته ۰/۷۴ درجهٔ سانتی‌گراد برآورد شده است. گندم به افزایش دما حساس است، اما میزان حساسیت به عواملی مثل واریتهٔ گندم، دمای محیطی که گندم در آن به‌عمل‌آمده و مراحل رشد دانه نیز بستگی دارد. آزمایش‌ها نشان داده است که افزایش درجهٔ حرارت روی روند رشد دانهٔ گندم تأثیر دارد و این دورهٔ زمانی را کاهش می‌دهد، اما کاهش کیفیت و راندمان پایین گندم را به‌همراه دارد.

انتقال کمربندهای کشاورزی به عرض‌های بالاتر یکی از ایده‌هایی است که در ارتباط با تغییر اقلیم و بحران مواد غذایی مطرح می‌شود. برخی دانشمندان معتقدند با گرم‌تر شدن هوای کرهٔ زمین، امکان کشاورزی در عرض‌های پایین از بین رفته است و با ذوب پرمافراست و ازبین‌رفتن پوشش‌های یخی در عرض‌های شمالی می‌توان به کشت محصولات در این عرض‌ها پرداخت. اما مسئله‌ای که مطرح است فقیربودن خاک عرض‌های بالا از مواد آلی و کم‌ضخامت‌بودن آن است. همچنین، با افزایش رطوبت در این عرض‌ها، امکان کشت برخی محصولات نظیر گندم و جو بسیار کاهش می‌یابد. افزایش رطوبت موجب افزایش بیماری و آفات گیاهی شده است. همچنین، کیفیت مغذی‌بودن دانه‌ها را کاهش می‌دهد. همان‌گونه که تغییرات ناگهانی آب‌وهوا در دورهٔ یانگردریاس موجب تغییرات ریخت‌شناسی و ژنتیکی گندم شد و توانایی این گیاه در تحمل شرایط سردتر افزایش یافت، تغییر اقلیم و افزایش دما نیز بر این صفات تأثیر خواهد گذاشت؛ بنابراین، سناریوی تغییرات فراژنتیکی گندم و تغییر الگوی متیلاسیون سیتوزین[۱] و تحول در کشت آن چندان هم بعید به‌نظر نمی‌رسد. یکی از این سناریوها این است که با گرم و خشک‌شدن هوا در عرض‌های پایین و جنب حاره عملاً امکان کشت گندم در این عرض‌ها ازبین‌می‌رود و کشت آن در ارتفاعات عرض‌های معتدل، همچنین در عرض‌های بالا امکان‌پذیر می‌شود، همان‌گونه که امروزه در بسیاری از ارتفاعات تبت این امکان میسر شده است؛ اما مسئلهٔ شیب، ضخامت خاک و در معرض باد یا در دامنهٔ بادپناه قرارگرفتن در رشد گندم تأثیر می‌گذارد و میزان بازده آن را کاهش خواهد داد. در عرض‌های بالا، اگرچه دمای مناسبی برای رشد گندم وجود خواهد داشت، افزایش رطوبت میزان ابتلا به آفات و بیماری‌های مختلف را افزایش می‌دهد. همچنین، موجب تغییراتی در ویژگی‌های گندم خواهد شد. احتمال اینکه گندم برای سازگاری با شرایط آب‌وهوا مجدداً دارای ساقه‌های نازک و کشیده و دانه‌های باریک‌شده و حالت علفی شود زیاد است. لذا، ضرورت دارد که گونه‌های جدیدی از این گیاه تولید شود که قدرت سازگاری بالایی با شرایط سرد و مرطوب یا معتدل و مرطوب در عرض‌های بالا و شرایط گرم‌وخشک در عرض‌های پایین داشته باشد.

منابع

شمس‌الدینی، م. (۱۳۹۰). بررسی تنوع وراثتی و روابط میان‌گونه‌ای گونه‌های دیپلوییـد جنس *L. Triticum* در ایران با استفاده از نشانگر مولکولی REMAP، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما محمدرضا رحیمی‌نژاد، رشتهٔ زیست‌شناسی مولکولی، دانشگاه اصفهان.

عزیزی، ق.، داوودی، م.، مقصودی، م. (۱۳۹۳). بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در زاگرس جنوبی: شواهد گرده‌شناسی و زغال در رسوبات دریاچهٔ پریشان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳(۱) تابستان: ۶۵–۷۹.

جاجرمی، ف.، وحدتی نسب، ح.، قمری فتیده، م. (۱۳۹۴). اثرات تغییرات اقلیمی بر تطور فرهنگی انسان مدرن در طی آخرین چرخهٔ یخچالی. فصلنامهٔ کواترنری ایران، ۱(۳) پاییز: ۱۹۱–۲۱۲.

Azizi, Gh., Davoudi, M., Maghsudi, M. (2014). Reconstruction of Holocene Climate Change in southern Zagros:Pollinological and Charcoal evidences in Lake Parishan sediments. Quantative Geomorphological Researches Journal, 3(1), Summer: 65-79. [in Persian]

Azizi, Gh., Shamsipour, A.A., Yarahmadi, D. (2008). Recovery of climate change in the western half of the country using multivariate statistical analysis. Physical Geography Research Quarterly, 66, 19-35. [in Persian]

۱. متیلاسیون DNA نوعی تغییر اپی‌ژنتیکی است که در تنظیم بیان ژن در طول رشد و تکامل گیاهان، همچنین در سازمان‌دهی کروماتین نقش دارد. بازهای سیتوزین در DNA گیاهی دائم در ناحیهٔ ۵ متیله می‌شود و تولید ۵ متیل سیتوزین m5c می‌کند. به‌طور کلی، سیتوزین در توالی دی‌نوکلئوتیدی CG دیده شده است. با وجود این، در گیاهان در سه ناحیه H (CGH) ممکن است A، C یا T باشد. متیلاسیون‌های متقارن (CHG) و نامتقارن (CHH) نیز دیده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

Badr, A., Müller, K., Schafer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F. (2000). On the origin and domestication history of barley *Hordeumvulgare*. Mol. Biol. Evol., 17: 499-510.

Blumler, M.A. (1992) Introgression of durum into wild emmer and the agricultural origin question. In The Origins of Agriculture and Crop Domestication. Proceedings of the Harlan Symposium. Edited by Damania, A.B., Valkoun, J., Willcox, G. and Qualset, C.O. pp. 252-268. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Syria.

Brushki, R., Madsen, G. (2016). Variation in late Quaternary central Asian climates and the nature of human response, Developments in Quaternary science.

Candolle, D. (1882). Notes on arboricultural and agricultural practices in ancient Iran based on new pollen evidence, manniche, 123-140.

Chen, F.H., Dong, F.H., Zhang, D.J., Liu, X.Y., Jia, X., An, C.B., Ma, M.M., Xie, Y.W., Barton, L., Ren, X.Y., Zhao, Z.J., Wu, X.H., Jones, M.K. (2014). Agriculture facilitatedpermanent human occupation of the Tibetan Plateau after 3600BP. Science, 347, 248e250.

Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Reeh, N., Gundestrup, N., Clausen, H.B., Hammer, C.U. (1975). Climatic changes, Norsemen and modern man. Nature, 255: 24-28.

Darwin, C. (1868). The variation of animals and plants under domestication. London: John Murray.

Dubcovsky, J., Dvorak, J. (2007). Genome Plasticity Key Factor in the Success of polyploid Wheat Under Domestication. Science 29 June, 316(5833): 1862-1866. doi: 10.1126/science.1143986.

http://faostat.fao.org/; http://www.croptrust.org.

Faris, J.D., Zhang, Z., Fellers, J.P., Gill, B.S. (2014). Micro-colinearity between rice, *Brachypodium*, and *Triticummonococcum*at the wheat domestication locus *Q*. FunctIntegr Genomics 8: 149-164.

Fuller, D., Rowlands, M. (2011). Ingestion and food technologies: maintaining differencesover the long-term in west, south and east Asia. In: Wilkinson, T.C., Sherratt, S., Bennet, J. (Eds.), Interweaving Worlds: Systemic Interactions inEurasia, 7th to 1st Millennia BC. Oxbow Books, Oxford.

Fuller, D.Q. (2006). Agircultural origins and frontiers in South Asia: a working synthesis. Journal of World Prehistory 20, 1e86.

Gunz, O. (1997). Pollen analysis for pollen research. Pollination Ecology, 212-222.

Hammer, K. (1998). Genepools- structure, availability and elaboration for breeding (German, English Summary). Schriften Gen. Res., 8: 4-14.

Hammer, O., Harper D.A.T., Ryan, P.D. (1984). PAST: paleontological statistics softwarepackage for instruction and data analysis. Paleontologica Electronica, 4(1): 9.

Han, Y.M., Marlon, J.R., Cao, J.J., Jin, Z.D., An, Z.S. (2012). Holocene biomass burning trends in China from soot, char and charcoal in lake sediments, Global Biogeochem. CY. 26, GB4017, doi: 10.1029/2011GB004197.

Harlan, J.R., Zohary, D. (1996). Distribution of wild wheats and barley. Science, 153: 1074-1080.

Haviland, W.A., Walrath, D., Harald, E. (2011). Evolution and prehistory-The human challenge. Leopoldo costa, 233-246.

Held, I.M., Soden, B.J. (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. Journal of Climate 19, 5686e5699.

Hetherington, R., Wiebe, E., Weaver, A., Carto, S., Eby, M., MacLeod, R. (2008). Climate, African and Beringian Subaerial Continental Shelves, and Migration of Early Peoples. Quaternary International, 183: 83-101.

Hillman, G., Davies S. (2000). Domestication rate in wild wheats and barley under primitivecultivation. p. 70-102. In: P. Anderson (ed.), Prehistory of agriculture: new experimentaland ethnographic approaches, Vol. Monograph 40. Inst. Archaeology, Univ. California, Los Angeles.

Hillman, G., Hedges, R., Moore, A., Colledge, S., Pettitt, P. (1966). New evidence of Lateglacial cereal cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates. The Holocene, 11, 383e393.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Summary for policymakers, emissions scenarios. A Special Report of IPCC working Group 3. ISBN: 92-9169-113-5.

Jajarmi, F., Vahdatinas, H., Ghamari, M. (2016). Climate change, Last Glacial cycle and its Impacts on the modern human cultural evolution, Iranian Quaternary Journal, 1(3): 191-209.

Kihara, H. (1944). Discovery of the DD-analyser, one of the ancestors of Triticumvulgare (abstr) (in Japanese). Agric. Hortic., 19: 889-890.

Lev-Yadun, S., Gopher, A., Abbo, S. (2000). The cradle of agriculture. Science. 288: 1602-1603.

Liu, A., Burke, J.M. (2016). Patterns of nucleotide diversity in wild and cultivated sunflower. Genetics, 173: 321-330.

MacKey, J. (1966). Species relationship in Triticum. In: MacKey, J. (Ed.), Proc Int Wheat Genet Symp. Hereditas (Suppl).

Mensel, W. (2011). The European Pollen & Flora. Environmental Journal, 18(3): 201-210.

Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J.M., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B.A., Bustamante, C.D., et al. (1987). Molecular evidence for a single evolutionary originof domesticated rice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 108: 8351-8356.

Moore, K., Miller, N.F., Heibert, F.T., Meadow, R.H. (1994). Agriculture and herding in early oasis settlements of the Oxus civilization. Antiquity 68, 418e427.

Motuzaite Matuzeviciute, G.M., Preece, R.C., Wang, S., Colominas, L., Ohnuma, K., Kume, S., Abdykanova, A., Jones, M.J. (2015). Ecology and subsistence at the mesolithic and Bronze Age site of Aigyrzhal-2, Naryn valley, Kyrgystan. Quaternary International.

Nadine, P., Kwiecien, O., Djamali, M. (2015). Vegetation and environmental changes during lst glacial in eastern Anatolia, Turkey.

Nevo, E. et al. (2002). Evolution of wild emmer and wheat improvement. Springer Verlag 2002 Hardcover XXII +

www.SID.ir

Archive of SID

364 pp.59 figs., 85 tabs. ISBN 3540417508.
Norway Agricultural Administration (2013). Draft second report on the world's plant genetic resources for food and agriculture: 51-53.
Pozzi, C., Salamini, F. (2007). Genomics of wheat domestication. In: Varshney R, Tuberosa R, editors. Genomic Assisted Crop Improvement: Vol 2: Genomics Applications in Crops. Spriner 441-469. (in press).
Ruth, P., Shahal, A., Avi, G., Yehoshua, S., Itai, O., Zvi, P., Robert, H. (2010). Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework forcereals and grain legumes, Smith Institute of Plant Sciences and Genetics in Agriculture, The Levi Eshkol School of Agriculture, The Hebrew University of Jerusalem, Rehoboth 7610001, Israel.
Salamini, F., Heun, M., Brandolini, A., Özkan, H., Wunder, J. (2004). Comment on "AFLP data and the origins of domesticated crops". Genome., 47(3): 615-620.
Salamini, F., Ozkan, H., Brandolini, A., Schäfer-Pregl, R., Martin, W. (2002). Genetics andgeography of wild cereal domestication in the Near East. Nature Rev. Genet., 3: 429-441.
Sax, K. Sax, O. (1924). The association of size differences with seed coat pattern and pigmentationin *Phaseolus vulgaris*. Genetics, 8: 552-56.
Shamseddini, M. (2000). Evaluation of the genetic and relationships of species diversity in Diploid species L.Triticum in Iran using Remap molecular marker, Msc Thesis, Isfahan University. [in Persian]
Tengberg, M. (1998). Crop husbandry at Miri Qalat, Makran, SW Pakistan (4000e2000 BC). Vegetation History and Archaeobotany 8, 3e12.
Uauy, C., Distelfield, A., Fahima, T., Blechl, A., Dubcovsky, J. (2006). A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc and iron content in wheat, Science, 413: 1298-1301.
Van Zeist, W.,Woldring, H., Stapert, D. (1982). Late Quarternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 55-143.
Van Zeist,W., Woldring, H. (1981). A postglacial diagram fromLake Van in EastAnatolia. Rev. Palaeobot. Palynol. 26, 249-276. http://dx.doi.org/10.1016/0034-6667 (78)90015-5.
von Humboldt, A. (1806). Ideen zu einer Geographie der Pflanzen einem Naturgemalde der Tropenlander. Tubingen: Cotta'sche Buchhandlung.
Weber, S.A. (1991). Plants and Harappan Subsistence: an Example of Stability and Change from Rojdi Boulder. Westview, Boulder.
Zohary, D., Hopf, M. (2000). Domestication of Plants in the Old World. Clarendon Press, Oxford.
Zohary, D. (1999). Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. Genetic Resources and Crop Evolution., 46: 133-142.
Zohary, D. (1959). Domestication of the Neolithic Near Easterncrop assemblage. In *Pre´histoire de l'agriculture: nouvelle approaches expe´rimentalesetethnographiques*. Patricia C. Anderson, ed. pp. 81-86. Paris: Centre National de la RechercheScientifique.

www.SID.ir