

ارزیابی ویژگی‌های بوم‌شناختی غله آفریقایی فونیو

محمدرضا زرگران خوزانی دانشجوی دکتری اگرو تکنولوژی گرایش اکولوژی گیاهان زراعی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، خوزستان، ایران | **رایانامه:** mr.zargarankh@gmail.com



ویراستار ترویجی: مریم خسروبیگی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱
 تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

آیدین خدایی جوقان استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، خوزستان، ایران

مقدمه

فونیو قدیمی‌ترین غله بومی غرب آفریقا است. اولین بار در اواسط قرن ۱۴ میلادی ابن بطوطه در اثر خود به نام «سفر به سودان»، به فونیو به‌عنوان یک غذا اشاره کرد. به گفته او غذایی با فونیو تهیه می‌شد که محتویاتش شبیه دانه‌های خردل است؛ از نظر او برنج برای سفید پوستان مضر است اما فونیو بهتر است. کاشف فرانسوی رنه کایله در قرن ۱۹ به فونیو اشاره کرد و آن را «فیوژن» یعنی یک گونه علفی ریز نامید. در دهه ۱۹۵۰ یک دانشمند مشهور فرانسوی به نام «رولند پورتز» با اشاره به اثر ژرمان دیتران، تکنولوژیست فرانسوی-آفریقایی، در مقاله‌ای اهمیت فونیو در زندگی مردم مالی را نشان داد. زیرا قدیمی‌ترین و اولین دانه کشت شده بود. این غله نقش مهمی در دیگر جوامع سنتی آفریقا مانند باساری در سنگال، کانیاگوی در گینه یا باتاماریبا از شمال بنین دارد. فونیو یکی از غذاهای اصلی مردم شرق آفریقا است. فونیو در مالی، بورکینافاسو، نیجریه، بنین، سنگال و... هم کشت می‌شود. در خارج از آفریقا هم فونیو در دومینیکن (سرزمینی در قاره آمریکا) کشت می‌شود. این محصول در قرن ۱۵ به این کشور وارد شده و با نام فاندی شناخته می‌شود؛ به دلیل مقاومت این محصول در برابر خشکسالی، کشاورزان به آن علاقه دارند. به نظر می‌رسد که فونیو به‌عنوان یک محصول با ارزش مجدداً در حال کشف است.

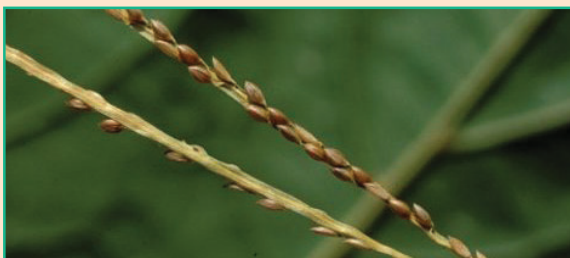
از نظر گیاه‌شناسی فونیو گیاهی علفی و تک‌لپه‌ای از خانواده گندمیان و جنس علف خرچنگ (Digitaria)

چکیده

در طی هزاران سال پس از ظهور کشاورزی، گیاهان زیادی برای تغذیه انسان و دام کشت شدند؛ با این حال امروزه فقط چند گونه در مقیاس کلان کشت می‌شوند. از میان غلات می‌توان گفت ذرت، گندم و برنج پایه اصلی غذای بسیاری از انسان‌ها را تشکیل می‌دهند. برخی از گونه‌ها که غلات کمیاب نامیده می‌شوند با وجود نقش مهم خود در امنیت غذایی برخی از فقیرترین مردم، در طی انقلاب‌های کشاورزی و صنعتی به‌دست فراموشی سپرده شدند. این محصولات که تناسب خوبی با شرایط اقلیمی سخت دارند در برابر خشکسالی مقاوم‌اند و با تضمین پوشش گیاهی نواحی حساس اکولوژیکی در حفظ محیط زیست نقش مؤثری دارند. یکی از این محصولات «فونیو» است، یکی از غلات ریزدانه که از سال‌ها قبل به عنوان غذای اصلی بسیاری از خانواده‌های نواحی روستایی غرب آفریقا کشت می‌شود و مصرف‌کنندگان شهری اقصی نقاط دنیا هم در حال کشف دوباره آن هستند. این نوشتار اولین سند فارسی است که به‌طور انحصاری به معرفی گیاه فونیو می‌پردازد. هدف این مقاله ارائه اطلاعات مربوط به ارزیابی ویژگی‌های بوم‌شناختی فونیو به زبان ساده است.

واژگان کلیدی

فونیو، غلات مقاوم به خشکی، بوم‌شناسی



شکل ۱-۱: خوشه‌های گیاه فونیو

◀ کاشت و داشت فونیو

اصلی‌ترین عملیات قبل از کشت شامل پاکسازی کرت‌ها و به‌خصوص استفاده از کج‌بیل برای کار دستی روی زمین‌های کوچک است، برای کرت‌های بزرگ‌تر بیش‌تر از شخم استفاده می‌شود. شخم‌زنی در نواحی آفریقایی بیش‌تر توسط حیوانات (گاو و اسب) و به ندرت توسط تراکتور انجام می‌شود. هنگام اولین بارش یا حتی قبل از آن بذرها روی خاک نرم پاشیده می‌شوند، زمین به چند بخش تقسیم می‌شود و همان روز بلافاصله پس از شخم زدن زمین، بذرها پاشیده می‌شوند یا اگر شخم زدن تا پایان روز ادامه یابد، بذراپاشی به روز بعد موکول می‌شود. بذرها، معمولاً حاصل از برداشت محصول قبلی هستند. این دانه‌ها طبق مدت چرخه رشد خود (ارقام زودرس، میان‌رس، دیررس) از یکدیگر تفکیک می‌شوند تا از ترکیب گونه‌ها جلوگیری شود. گاهی بذرها با ماسه یا پتاش که نوعی کود طبیعی برگرفته از بقایای گیاهان حاوی پتاسیم ارگانیک، سولفور و کلسیم است، ترکیب می‌شوند تا توزیع بذرها یکپارچه‌تر شود. تاریخ‌های کشت در میان نواحی کشاورزی - اکولوژیکی باتوجه به اولین بارش‌ها یا بسته به نوع گونه‌های کشت‌شده با یکدیگر متفاوت است. این زمان برای نواحی جنوبی از اوایل

است که این جنس شامل صدها گونه است که عموماً به عنوان گیاهان علوفه‌ای شناخته می‌شوند و فقط ۳ یا ۴ گونه از آنها به خاطر دانه‌هایشان کشت می‌شوند. امروزه فقط فونیوی سفید برای غرب آفریقا مهم است. نام آن در علم گیاهشناسی *Digitaria exilis (Kippist) stapf* است و اغلب اوقات یکی از ۹ گونه اصلی غلات محسوب می‌شود، گاهی هم آن را گندم یا ارزن علف خرچنگ می‌نامند. در غرب آفریقا که به زبان انگلیسی سخن می‌گویند آن را برنج گرسنه یا آچا می‌نامند، اما در نواحی محلی و قوم‌های مختلف از نام‌های متفاوتی استفاده می‌کنند: فاندزی، فینی، فونده، فونیه، پوآگا، اووا، پون و... در سال ۱۹۵۵ رولند پورترز که در حال مطالعه نام‌های کلی بود گفت تمام عبارت‌های به کار رفته برای فونیو به معنای غذا هستند: «چیزی برای خوردن».

◀ آناتومی و فیزیولوژی

فونیو یک گیاه کوچک با ارتفاع ۳۰ الی ۸۰ سانتی‌متر است که در تمام سال دیده می‌شود و اغلب یک خوشه بزرگ با ۲ تا ۳ خوشه کوچک‌تر دارد. خوشه‌های کوچک‌تر دارای ۲، ۳ یا ۴ سنبلچه در ساقه‌ها هستند (شکل ۱-۱). سنبلچه یک گل عقیم و یک گل بارور دارد که دانه فونیو را تولید می‌کند. ساقه استوانه‌ای و توخالی آن بسیار ریز و ظریف است (با قطر کم‌تر از ۱ میلی‌متر) و وقتی گیاه بالغ شد به روی خاک می‌افتد. پنجه‌زنی فونیو بسیار خوب است (۲ تا ۶ پنجه یا بیش‌تر). سیستم ریشه‌ای فونیو بسیار توسعه یافته است زیرا ریشه‌های بسیار ریز و ریشه‌های جانبی فراوانی دارد. اندازه خاص این سیستم ریشه‌ای که می‌تواند تا عمق یک متری زمین نفوذ کند باعث مقاومت خوب این گیاه در طی خشکسالی و سازگاری با خاک‌های ضعیف می‌شود.

دوباره بذریابی کند. فونیو هم مانند بسیاری از گیاهان نواحی خشک و گرمسیری از مسیر فتوسنتز C_4 استفاده می‌کند که امکان تولید سریع مقدار زیاد ماده خشک نسبت به مقادیر آب جذب شده را فراهم می‌کند. حتی وقتی گیاهان فقط به‌طور جزئی روزنه‌های خود را باز می‌کنند تا آب کم‌تری از طریق تبخیر از بین برود هم فتوسنتز در سطح مناسبی انجام می‌شود. هرچند فونیو بسیار مقاوم است و در طی کشت به نگهداری کمی نیاز دارد، اما حذف علف‌های هرز برای رسیدن به یک محصول خوب بسیار سودمند است. اولین وجین علف‌های هرز معمولاً ۴ تا ۷ هفته پس از رویش جوانه‌ها انجام می‌شود. اگر وجین زودتر انجام شود (مثلاً یک یا دو هفته پس از سبز شدن) بازده محصول بسیار مناسب‌تر خواهد بود، زیرا مانع از رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز می‌شود. وجین علف‌های هرز، کاری بسیار ظریفی است که نیاز به دانش و تجربه خاص برای تفکیک جوانه‌های فونیو از علف‌های هرز دارد. برای وجین دوم باید منتظر زمان گلدهی بود، اگر به دلیل نبود کارگر یا وقت لازم، وجین انجام نشود محصول جمع‌آوری شده با دانه‌های علف‌های هرز مختلف ترکیب می‌شوند. علف هرز جادوگر بنفش (*Striga hermonthica*) یکی از اصلی‌ترین دشمنان رشد فونیو و رقیب جدی آن در زمین‌هایی با عناصر غذایی بسیار محدود است. این علف هرز در میان جوانه‌های دیگر مانند برنج، ذرت، ارزن و ذرت خوشه‌ای هم دیده می‌شود. وجین علف‌های هرز تنها کار لازم برای حفظ جوانه‌های فونیو است، به همین دلیل کشاورزان زراعت فونیو را یک زراعت با ریسک پایین می‌دانند.

فونیو دارای ارقام مختلف دیررس (سمر، فونیبا، کانسو، دانه، سیراگوئه، کاسامبارا و تاما)، میان‌رس (سرا، ماسوگی، کلینینگ بی) و زودرس (های موهو، کوروکلنی، پیرو و برله اوله) است که وجه تمایز آنها عموماً در برخی از ویژگی‌های گیاه‌شناسی و مناطق توزیع و پراکنش (توگو، گینه، مالی یا سنگال) است. مزارع فونیو در طی فرآیند رشد رنگ‌های مختلفی دارند: سبز تیره و سپس سبز روشن.

خردادماه و برای نواحی نیمه‌خشک شمالی از اواسط تیرماه شروع می‌شود. در نواحی مرطوب کوهستانی گینه، برخی از ارقام خاص فونیو در اواسط مردادماه کاشته می‌شوند. بذرها فونیو بسیار ریز هستند، به همین دلیل باید در عمق بسیار کم خاک قرار بگیرند. در سال ۱۹۵۵ پورترز ثابت کرد عمق ۲ سانتی‌متر و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد شرایط مطلوب برای جوانه‌زنی بذور فونیو است. میزان بذر مورد استفاده برای هر هکتار ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم است. برخی از کشاورزان بذر بیش‌تری استفاده می‌کنند (۷۰ کیلوگرم در هکتار یا بیش‌تر) تا میزان موفقیت کشت افزایش یابد و تکثیر علف‌های هرز محدود شود. در سال ۱۹۰۵ دو کارشناس محصول غرب آفریقا که در دره‌های سنگال و نیجر شمالی کار می‌کردند ادعا کردند که کشت ردیفی فونیو را با ۱۸ کیلوگرم بذر در هر هکتار انجام دادند. استفاده از یک دستگاه بذرکار بسیار سودمند است؛ با این روش بذرها بصورت یکنواخت‌تری پخش می‌شود و گیاه بهتر رشد می‌کند. (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲: بذر فونیو

پس از اولین بارش که بذرها در معرض دما یا رطوبت کافی و مناسب قرار گرفتند، به‌سرعت در طی چند روز جوانه می‌زنند. با این حال باران شدید می‌تواند دانه‌ها را جابه‌جا کرده یا به عمق بیش‌تری فرو ببرد. اگر دانه‌ها روی سطح خاک خشک پاشیده شوند، طوفان‌های شدیدی که در ابتدای فصل بارش رخ می‌دهند می‌توانند بیش‌ترین آسیب را وارد کنند یا حتی کشاورز مجبور شود

باید اثبات شوند. پژوهش سال ۲۰۰۶ روی ۹۲ گونه از غرب آفریقا نشان داده است که فونیو یک تتراپلوئید است هرچند احتمال دی‌پلوئیدی یا هگزاپلوئیدی هم وجود دارد اما این احتمال بسیار کم است.

◀ برداشت فونیو

برداشت فونیو در طی ماه‌های مرداد و شهریور انجام می‌شود ولی با توجه به تنوع تاریخ کاشت در مناطق مختلف تاریخ برداشت‌های متنوعی دارد ولی به‌طور معمول برداشت زمانی است که ساقه‌های فونیوهای رسیده روی خاک پهن می‌شوند. دروگر در خلاف جهت خواب ساقه‌های فونیوها روی زمین حرکت می‌کند و عملیات برداشت را انجام می‌دهد. با هدف کاهش هزینه حمل و خرمن کوبی معمولاً ساقه‌های فونیو از یک سوم بالا قطع می‌شوند. با این کار توده‌ای از کاه روی زمین باقی می‌ماند که می‌توان برای چرای دام‌ها از آن استفاده کرد یا در شخم‌زنی بعدی آن‌ها را با خاک مخلوط کرد. اما اگر بخواهند از ساقه‌ها به عنوان کاه استفاده کنند ساقه‌ها تاجای ممکن از نزدیکی سطح خاک قطع می‌شوند، دسته‌های برداشت شده روی سکوها چوبی با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین قرار می‌گیرند تا هوای کافی در میان دسته جریان داشته باشد و فونیوها سریع‌تر خشک شوند. دسته‌ها به صورت حلقه‌هایی هم مرکز تا ارتفاع ۱،۵ تا ۲ متر روی هم قرار می‌گیرند و خوشه‌ها در داخل حلقه هستند تا پرندگان به آنها حمله نکنند.

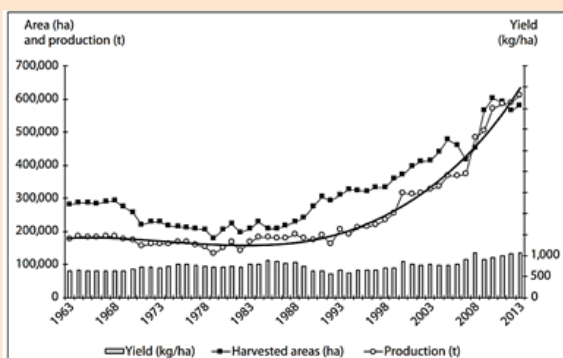
◀ خرمن کوبی و بوجاری

پس از دوره ذخیره‌سازی اولیه و خشکی نسبی دسته‌های فونیو، عملیات خرمن کوبی انجام می‌شود برای ارقام فونیو زودرس که به‌عنوان غذای فصول کم‌محصول استفاده می‌شوند، خرمن کوبی بلافاصله پس از برداشت شروع می‌شود. اما به‌طور کلی زمان ذخیره و خشک‌سازی بسته‌ها قبل از خرمن کوبی یک یا دو هفته یا کمی بیش‌تر است. اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان می‌دهند

وقتی دانه‌ها به‌طور کامل می‌رسند؛ رنگ مزرعه زرد، قرمز یا قهوه‌ای می‌شود؛ این مسئله به گونه‌ی کشت شده و رنگ‌دهی ساقه‌ها یا سنبلچه‌ها بستگی دارد. رنوکس و داماس (۱۹۰۵) از رقم برله اوله با رگه‌های بسیار قرمز سخن گفتند که پس از مرحله رسیدگی به مزرعه رنگ قرمز می‌دهد. فونیو در ابتدای کشت یا درست قبل از برداشت به یک دوره کوتاه‌مدت کنترل نیاز دارد. کشاورزان از هیچ نهاده شیمیایی (کود و سموم) استفاده نمی‌کنند. برخی از کشاورزان مرکز گینه که هر سال فونیو را روی یک کرت می‌کارند از کودهای شیمیایی نیتروژنه، فسفره و پتاسه استفاده می‌کنند، اما این روش بر اساس اصول کشاورزی ارگانیک بسیار نادرست است. پژوهش گیگو و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده است که استفاده از یک تغذیه پایدار و سالم از طریق بقایای زراعت قبل مانند بقولات یا افزودن کودهای زیستی به‌صورت محلول‌پاشی به میزان کم می‌تواند سودمند باشد. بنابراین فونیو در مقایسه با بسیاری از محصولات دیگر یک محصول ارگانیک است. زیرا هیچ کود یا آفت‌کش شیمیایی برای آن به کار نمی‌رود. فونیو یک غله فتوپریودیک (نور دوره) است که می‌تواند دوره فازهای گیاهی خود را طبق تاریخ کشت تنظیم کند. مانند بیش‌تر گیاهان گرمسیری، گل‌های فونیو اغلب در «روزهای کوتاه» گل می‌دهند.

از نظر بسیاری از پژوهش‌گران گیاه فونیو یک گیاه خودگشن است و به همین دلیل خلوص ژنتیکی خود را حفظ کرده است. اخیراً تیمی از محققان اهل بنین و آلمان نشان دادند که فونیو عمدتاً به وسیله آپومیکسی با اندکی اتوگامی (لقاح و باروری به وسیله گرده خود گل) تولیدمثل می‌کند. آپومیکسی یکی از خصوصیات برخی از گیاهان وحشی خاص مانند قاصدک (*Taraxacum officinale*) است و دانه‌ها بدون بارورسازی واقعی تولید می‌شوند (یعنی بدون تفکیک کروموزوم یا تقسیم سلولی یا بارورسازی یا ترکیب کروموزوم). دانه‌های حاصل، کلون‌هایی از گیاه مادر هستند. این نتایج اولیه در سال ۲۰۱۰ بدست آمده و

نمودار ۱-۱) کاهش شدید تولید مقادیر تولید شده (از ۱۸۰,۰۰۰ به ۱۳۰,۰۰۰ تن) را در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ نشان می‌دهد، اما از دهه ۱۹۸۰ و به‌خصوص از سال ۲۰۰۰ افزایش پایدار تولید دیده می‌شود. هر چند بازده تولید در طی این دوره نسبتاً پایدار است اما این احیای تولید به دلیل افزایش سطوح زیر کشت و مکانیزاسیون تکنیک‌های پس از برداشت از سال ۲۰۰۰ است.



نمودار ۱-۱: ارزیابی روند تولید فونیو بر اساس گزارش فائو

جدول ۱-۱: سطوح مختلف تولید، کشورهای تولیدکننده فونیو در سال ۲۰۱۳ (فائو)

کشور تولید کننده	میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)
گینه	۴۵۴۵۰۰	۳۲۵۵۰۰
نیجریه	۹۰۰۰۰	۱۶۵۰۰۰
مالی	۲۲۰۰۰	۳۴۰۰۰
بورکینافاسو	۲۰۰۰۰	۲۴۵۰۰
ساحل عاج	۱۶۵۰۰	۱۵۰۰۰
نیجر	۴۵۰۰	۱۰۵۰۰
سنگال	۱۵۰۰	۲۵۰۰
بنین	۱۰۰۰	۲۰۰۰
جمع کل	۶۱۰۰۰۰	۵۸۰۰۰۰

فونیو به عنوان غذای سلامتی

ساکنان نواحی تولید فونیو خصوصیات زیادی را نسبت به این غله نسبت می‌دهند که گاهی فقط مربوط به تغذیه نیستند. مطالعات اولیه انجام شده توسط سیراد و

که ۴۰ درصد وزن هر دسته مربوط به دانه است و ۶۰ درصد باقی‌مانده کاه و کلش است.

فرآوری فونیو

فونیو هم مانند برنج یک غله آماده شده و فرآوری شده است: دانه‌ها بعد از خرمن کوبی هم یک پوسته دارند، پس ما در حال صحبت کردن چیزی شبیه به شلتوک هستیم. گرچه شالی کاری معمولاً برای برنج به کار می‌رود؛ برای سهولت کار، برخی از مهندسين، دانه‌های فونیو پوسته‌دار را فونیو شالی کاری می‌نامند. سایز این دانه‌ها بسیار ریز و میلی‌متری است و وزن هزاردانه فونیو به‌طور متوسط نیم گرم است. دانه‌های فونیو در مقایسه با دیگر غلات شناخته شده بسیار ریز (طول ۱ تا ۱.۵ میلی‌متر) هستند بنابراین آماده‌سازی و پاک کردن آنها بسیار سخت است (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳: دانه‌های فونیو در حال فرآوری

مقیاس تولید

بر اساس گزارش فائو (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد) تولید فونیو در سال ۲۰۱۳، بالغ بر ۶۱۰,۰۰۰ تن از سطح زیر کشت ۵۸۰,۰۰۰ هکتار بوده است و متوسط عملکرد حدود یک تن در هکتار است. اما گاهی میزان عملکرد در کشور گینه بیش‌تر از یک تن در هکتار است، کشوری که به تنهایی ۷۰ درصد تولید جهانی را در اختیار دارد؛ اما عملکرد فونیو در نیجر و برخی از نواحی خاص بورکینافاسو و مالی کم‌تر از ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است. سطوح مختلف تولید هر کشور در جدول (۱-۱) دیده می‌شود. سیر تحول تولید طی ۵۰ سال گذشته

گیاه با تغییرات جدید کاملاً سازگار شود. خصوصیات تغذیه‌ای فونیو هم باعث شده‌اند تا بسیار جذاب شود. اکنون با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیکی حاصل از تحقیقات می‌توان فونیو را در اقصی نقاط جهان یافت، این محصول در مقادیر کم مرتباً به اروپا و آمریکا صادر می‌شود تا غذاهای جدید و محصولات طبیعی به مردم عرضه شوند. ارزیابی توانمندی اکولوژیکی کاشت این محصول در ایران و توسعه تدریجی صنایع تجاری و ارگانیک می‌تواند به درآمد سرشاری برای تولیدکنندگان و کشاورزان در نواحی مختلف منجر شود؛ با این حال این توسعه باید با تفکر و برنامه همراه باشد. حوزه‌های منابع ژنتیکی (ارقام)، کشاورزی (سیستم‌های تولید پایدار، تقویت اکولوژیکی)، تکنولوژی پس از برداشت (شستن، جداکردن سنگریزه‌ها، نیم‌پز کردن، فرآیندهای بسته‌بندی) و علوم صنایع غذایی (محصولات جدید) به تحقیقات بیش‌تری نیاز دارند تا این انتظارات به خوبی برآورده شوند و فونیو به عنوان یک غله اصیل آفریقایی علاوه بر مصرف در داخل کشور به عنوان محصول صادراتی با ارزش مورد استقبال واقع شود.

منابع

Adoukonou-Sagbadja H., Schubert V., Dansi A., Jovtchev G., Meißter A., Pištrick K., Akpagana K., Friedt W., 2007. Flow cytometric analysis reveals different nuclear DNA contents in cultivated fonio (*Digitaria spp.*) and some wild relatives from West Africa. *Plant Systematics Evol.*, 267, 163-176.

Caillé R., 1830. *Voyage à Tombouctou*, 2 tomes, réédition de 1989, La Découverte, Paris. Carcea M., Acquistucci R., 1997. Isolation and physicochemical characterization of fonio (*Digitaria exilis* Staph) starch. *Starch/Stärke*, 49 (4), 131-135

Chantereau J., Cruz J.F., Ratnadass A., Trouche G. 2013. *Le sorgho*. Collection *Agricultures tropicales en Poche*, Quae, Cta, Presses agronomiques de Gembloux, 175 p.

Cruz J.F., 2016. *Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Projet Aval Fonio. Rapport Final*. Cirad Montpellier, 45p.

Daho B., Vall É., Dembélé K., Beavogui F., Diallo T.

گزارش سازمان مردم نهاد غیردولتی بین‌المللی سانته دیابت حاکی از آن است که شاخص قند خون فونیو حدود ۵۷ است که به جز ارزن کم‌تر از غلات دیگر است. این شاخص برای نان سفید ۱۰۰ است. فونیو قابلیت هضم بالایی دارد و سیری نسبتاً کوتاه‌مدتی ایجاد می‌کند. فونیو حاوی چهار پروتئین رایج غلات است اما گلوٹلین‌های بیش‌تری نسبت به پرولامین‌ها دارد (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲: مقایسه شکنش پروتئین‌های فونیو و گندم دوروم با روش آزبورن (Osborne)

فونیو	گندم دوروم	شکنش پروتئین
۳/۵	۱۱	آلبومین
۱/۸	۷	گلوبولین
۵/۵	۴۲	پرولامین
۱۴	۳۰	گلوٹلین
۵۵/۲	۷/۸	سایر پروتئین‌ها

نتیجه‌گیری

هدف ما از اختصاص این اثر به فونیو جمع‌آوری اطلاعات موجود درباره این غله‌ریز آفریقایی است که مدت‌های طولانی نادیده گرفته شده است. برخی از اطلاعات بسیار قدیمی هستند. انجام چند پروژه بین‌المللی جدید توسط محققان اروپایی و آفریقایی و زنان محلی فرآوری‌کننده به توسعه روش‌های خلاقانه‌ای به‌خصوص در زمینه پس از برداشت منجر شده است. امید است که با این پیشرفت‌ها توجه مسئولین تصمیم‌گیرنده و به‌خصوص تولیدکنندگان و دیگر دست‌اندرکاران صنعت به این محصول افزایش یابد. برداشت‌ها از فونیو در حال تغییر هستند. فونیو که قبلاً غله روستایی و غذای مردم فقیر محسوب می‌شد و با قحطی و کمبود مترادف بود، مورد توجه مشتریان شهری قرار گرفته و حتی صادر شد. این شهرت جدید در برخی موارد بسیار مبالغه‌آمیز است مانند زمانی که وب سایت‌ها و وبلاگ‌های خاصی آن را «غله قرن ۲۱» می‌نامند، با این حال مقاومت خوب در برابر خشکسالی باعث شده تا این

gie des systèmes de production, base de données, identification des zones prioritaires d'intervention. *Projet Fonio. In : Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest (J.F. Cruz, Éd.), [CD-Rom], Cirad, Montpellier, 38 p.*

Vall É., Béavogui F., Sogodogo D., Daho B., Kanwe A., Diallo T.A., 2008a. Les facteurs de variation du rendement du fonio en milieu paysan (Guinée, Mali, Burkina) [Poster]. In : *La filière fonio en Afrique de l'Ouest (J.F. Cruz, Éd.), [CD-Rom], Cirad, Montpellier.*

Vall É., Dembélé K., Kanwe A., 2008b. Options pour le développement de la production de fonio. *Projet Fonio. In : Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest (J.F. Cruz, Éd.), [CD-Rom], Cirad, Montpellier, 40 p.*

A., Sogodogo D., 2007. Place du fonio dans le système de production, priorités pour renforcer la place du fonio dans l'économie des ménages, *Projet Fonio. In : Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest (J.F. Cruz, éd.), [Cd-Rom], Cirad, Montpellier, 22 p.*

Gigou J., Stilmant D., Diallo T.A., Cissé N., Sanogo M.D., Vaksman M., Dupuis B., 2009. Fonio millet (*Digitaria exilis*) response to N, P and K fertilizers under varying climatic conditions in West Africa. *Experimental Agriculture, Cambridge University Press, 45, 401-415.*

House L.R., 1995. Sorghum and millets: history, taxonomy, and distribution. In: *Sorghum and Millets, Chemistry and Technology (D.A.V. Dendy, ed.), AACC, Minnesota, United States, 1-10.*

Ibn Battûta, 1982. *Voyages III. Inde, Extrême-Orient, Espagne et Soudan, collection FM/La*

Jideani I.A., Owusu R.K., Muller H.G., 1994. Proteins of acha (*Digitaria exilis* Stapf): Solubility fractionation, gel filtration, and electrophoresis of protein fractions, *Food Chemistry, 51, 51-59.* Jumelle H., 1912. *Les cultures coloniales. Plantes à fécule et céréales, Paris, 103-104.*

Portères R., 1976. African cereals: Eleusine, Fonio, Black Fonio, Teff, Brachiara, Paspalum, Pennisetum and African Rice. In: *The Origins of African Plant Domestication (J. Harlan, J.M.J. de Wet and A.B.L. Stemler, Eds), The Hague: Mouton, 409-451.*

Portères R., 1955. Les céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée, 2, 349-386, 477-510, 620-675.*

Portères R., 1951. Une céréale mineure cultivée dans l'Ouest-africain (*Brachiaria deflexa* C.E. Hubbard). *L'Agronomie Tropicale, 6 (1-2), 38-42.*

Portères R., 1946. L'aire culturelle du *Digitaria Iburua* Stapf., céréale mineure de l'Ouest-Africain, *L'Agronomie Tropicale, 1 (11-12), 589-592.*

Renoux L., Dumas P., 1905. Culture du fonio dans la vallée du Sénégal et du Haut Niger. *L'Agriculture pratique des pays chauds. Bulletin du Jardin Colonial de Nogent, novembre, 32, 357-367.*

Stapf O., 1915. Iburu and Fundi, two cereals of Upper Guinea (*Digitaria Iburua ;D. exilis*), *Royal Botanic Gardens, Kew, Bulletin, 8, London, 381-386.*

Vall É., Daho B., Beavogui F., Sogodogo D., Kanwe A., Diallo T.A., Kollet Soumah M.A., Diallo S., 2007. Typolo-