

## Rasgos de la formación, llenado y maduración de granos de triticale, trigo y centeno

Yuliya Kotenko<sup>1</sup>, Marc Kanaan<sup>2</sup>, Valentina Rubets<sup>3</sup> & Vladimir Pylnev<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0704-8552>, Universidad Estatal Agraria de Rusia – Academia Agrícola Timiryazev Agrícola, Moscú, Federación Rusa, 127550, Moscú, Timiryazevskaya str., 49, <sup>2</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8239-0756>, Universidad Estatal Agraria de Rusia – Academia Agrícola Timiryazev Agrícola, Moscú, Federación Rusa, 127550, Moscú, Timiryazevskaya str., 49, <sup>3</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1233-8837>, Universidad Estatal Agraria de Rusia – Academia Agrícola Timiryazev Agrícola, Moscú, Federación Rusa, 127550, Moscú, Timiryazevskaya str., 49, <sup>4</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0400-0609>, Universidad Estatal Agraria de Rusia – Academia Agrícola Timiryazev Agrícola, Moscú, Federación Rusa, 127550, Moscú, Timiryazevskaya str., 49

Citación: Kotenko, Y., Kanaan, M., Rubets, V., & Pylnev, V. (2020). Rasgos de la formación, llenado y maduración de granos de triticale, trigo y centeno. *Agrisost*, 26(2), 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7561773>

Recibido: 6 noviembre 2019

Aceptado: 15 agosto 2020

Publicado: 28 agosto 2020

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran conflictos de interés.

Correo electrónico: [rysenok563842@gmail.com](mailto:rysenok563842@gmail.com)

### Resumen

**Contexto:** El triticale (×Triticosecale Wittm.) es un cultivo de alto valor que se emplea como alimento y forraje. Sin embargo, las precipitaciones excesivas, típicas durante la cosecha de cereales en la zona de Non-Cherozem, ocasionan brotes pre-cosecha y agotamiento del grano por enzima-micosis, así como una degradación significativa de sus cualidades tecnológicas y de siembra.

**Objetivo:** El objetivo de esta investigación consistió en comparar la dinámica de formación y las propiedades físicas, bioquímicas y tecnológicas de los granos de triticale, trigo y centeno de invierno.

**Métodos:** La investigación se desarrolló en la Federación Rusa, región de Moscú, en el periodo 2017-2018. El estudio incluyó las siguientes variedades: centeno Saratovskaya 6, trigo Moskovskaya 39 y triticale Aleksandr, Valentin, Viktor y Timiryazevskaya 150. Se llevaron a cabo muestreos durante las etapas de formación del grano, al comienzo y a mitad de la etapa de grano lechoso, pastoso duro y madurez, así como la sobremaduración en el campo. Se realizaron mediciones de una masa de 1000 granos, unidad-grano y grano, y vitrosidad de los granos secados al aire. Se evaluaron los contenidos de proteína y gluten de la harina integral de trigo. Se empleó el método micro modificado de Hagberg-Perten para evaluar la actividad auto lítica mediante el falling number. Todas las pruebas de laboratorio se realizaron por duplicado.

**Resultados:** La masa de 1000 granos aumentó gradualmente y luego decreció un poco debido al agotamiento enzima-micosis, que fue más pronunciado en el trigo Moskovskaya 39 y en triticale Viktor. El grano-unidad escasamente siguió la dinámica del cambio en la masa de 1000 granos. Los valores más altos de contenidos de proteína y gluten se obtuvieron en la etapa lechosa, luego sus contenidos relativos decrecieron hasta el comienzo de grano pastoso debido a la acumulación total de almidón. Después, se observó un aumento en los contenidos de proteína: en trigo y triticale Timiryazevskaya 150 hasta la madurez, y en centeno y otras variedades de triticale hasta el grano pastoso duro. Lo anterior indica que se estaban produciendo procesos latentes de germinación del grano. Curiosamente, la menor actividad enzimática también se evidenció en el comienzo del grano pastoso en todas las variedades estudiadas. Al continuar la maduración se produjo un aumento de la actividad autolítica, que alcanzó su máximo nivel durante la madurez.

**Conclusiones:** Los indicadores estudiados con relación a la calidad del grano alcanzaron sus valores máximos en el grano pastoso duro. Además, el retraso de la cosecha trajo consigo un gran deterioro de las propiedades tecnológicas del grano.

**Palabras clave:** formación del grano, etapas de desarrollo del grano, propiedades físicas de los granos, proteína, gluten, falling number, agotamiento enzima-micosis.

## Features of formation, filling and ripening of triticale, wheat, and rye grain

### Abstract

**Context:** Triticale ( $\times$ Triticosecale Wittm.) is a crop valued for food and forage usage. However, excessive precipitation during harvesting cereals, typical for Central regions of Non-Cherozem zone, leads to pre-harvest sprouting and enzyme-mycosis exhaustion of grain, and significant degradation its technological and sowing qualities.

**Objective:** The aim of the research was to compare the dynamics of formation as well as the physical, biochemical, and technological properties of winter triticale, wheat, and rye grain

**Methods:** The research was carried out in the Russian Federation, Moscow region in 2017-2018. It was conducted on the following varieties: rye Saratovskaya 6, wheat Moskovskaya 39, triticale Aleksandr, Valentin, Viktor, and Timiryazevskaya 150. Sampling was carried out in the phases of grain formation, at the beginning and in the middle of milk stage, in wax and firm ripeness, as well as after over-maturation in a field. We measured the mass of 1000 grains, grain-unit, and grain vitreousness of air-dried grain. Whole grain flour was evaluated for protein and gluten content. Autolytic activity was assessed by the falling number using the micro-modified Hagberg-Perten method. All laboratory tests were performed twice.

**Results:** The mass of 1000 grains gradually increased, and then decreased a little bit due to enzyme-mycosis exhaustion. Enzyme-mycosis exhaustion was most pronounced in wheat Moskovskaya 39 and triticale Viktor. The grain-unit roughly followed the dynamics of the change in the mass of 1000 grains. The highest values of protein and gluten content were obtained at the milk stage, then their relative content decreased to dough ripeness due to the complete accumulation of starch. Afterward, the protein content increased again: in wheat and triticale Timiryazevskaya 150 to firm ripeness, in rye and other varieties of triticale, to waxy. This indicates that the processes of latent germination of grain were going on. It is interesting that the lowest activity of enzymes was also observed in dough ripeness in all the studied varieties. With further maturation, autolytic activity increased and was maximum in the firm ripeness.

**Conclusions:** Thus, the studied indicators of grain quality reach maximum values in the wax stage, and the delay in harvesting will lead to a strong deterioration in the technological properties of the grain.

**Key words:** grain forming, grain development stages, physical properties of grain, protein, gluten, falling number, enzyme-mycosis exhaustion.

### Introducción

El triticale (*Triticosecale* Wittm.) es un anfidiplóide que se obtiene al combinar los genomas del trigo (*Triticum* sp.) y el centeno (*Secale* sp.). Este cultivo se emplea para la producción de alimentos de consumo humano, así como en la fabricación de piensos. Sin embargo, cuando se cultiva en áreas excesivamente húmedas, pueden ocurrir dificultades asociadas al deterioro de la calidad del grano. Son comunes problemas tales como brotes de la espiga antes de la cosecha y agotamiento de las semillas por enzima-micosis.

En las regiones centrales de Non-Chernozem el exceso de humedad es común durante el periodo de cosecha de los granos. Las condiciones meteorológicas no deseadas ocurren también durante el periodo de formación y llenado de los granos. Lo anterior conlleva a un retraso en la cosecha del cereal y como resultado, un deterioro de sus cualidades de siembra y tecnológicas. Una de las tareas relacionadas con el mejoramiento genético de triticale en las regiones centrales de Non-Chernozem es la creación de variedades resistentes a los brotes pre cosecha y al agotamiento enzima-micosis.

Los brotes del cereal comienzan cuando el agua entra en contacto con la semilla, que activa las enzimas hidrolíticas y separa las sustancias de reserva. Este fenómeno reduce drásticamente tanto las cualidades tecnológicas del grano como las propiedades de siembra de las semillas. La resistencia a los brotes se determina en primer lugar por la duración del estado de latencia de la semilla. Esta latencia se considera fisiológicamente baja cuando se observa una disminución y estrechamiento del rango de condiciones en las que germinan las semillas. Se ha revelado que la latencia de las semillas del triticale de invierno es de corta duración y no se expresa claramente. Además, las semillas de 26 días de polinización pueden germinar bajo condiciones favorables (Rubets, Pylnev & Kondrashina, 2012).

Según Temirbekova (1998), el agotamiento de la semilla por enzima-micosis es un fenómeno complejo causado por los efectos de factores abióticos y bióticos. En primer lugar, bajo la influencia de la humedad, las enzimas descomponen sustancias que almacenan gran cantidad de moléculas \_ almidón y proteínas. La división de los productos llega hasta la superficie de las semillas, que favorecen el establecimiento y desarrollo de microorganismos patogénicos. Lo anterior conlleva a la formación de granos débiles, con la consecuente reducción de

grano-unidad. Sin embargo, diferentes variedades están sujetas a este fenómeno de maneras diferentes. La evaluación del grado de pérdida de peso de 1000 granos, muestras de triticale de invierno, contribuye a determinar el tiempo óptimo de cosecha con una pérdida mínima de biomasa.

Por lo tanto, las mismas condiciones meteorológicas ocasionan los brotes y el agotamiento enzimático. Ambos fenómenos están precedidos por procesos bioquímicos similares. Quizás el agotamiento de las semillas por enzima-micosis ocurre cuando el embrión todavía está en la etapa de latencia y no puede germinar.

Varios investigadores se han referido a la tendencia del triticale, trigo y centeno hacia el agotamiento de la semilla (Kopylov, 2001). Tyunin & Vrazhnova (1994) refirieron que los granos de trigo de primavera son más susceptibles al agotamiento y tienen un periodo más corto de latencia de semilla. Estas variedades se caracterizaron por menor vitrosidad de la semilla ( $r = -0,40$ ), peso de 1000 granos ( $r = -0,37$ ), y calidad del gluten ( $r = -0,51$ ). Bajo las condiciones de la región Pre-Ural, Eliseev & Batueva (2014) observaron el agotamiento del grano de centeno en 7,4 g (32%); trigo, en 10,3 g (25%); y triticale, en 6,0 g (13%). El peso máximo de 1000 granos de variedades diferentes de trigo y cebada se alcanzó entre las etapas de comienzo de grano pastoso y grano pastoso duro, y luego disminuyó (Eliseev & Yarkova, 2012). Además de la disminución de la masa de 1000 granos, Sandrykin Kondratenko, Egushova & Pinchuk (2011) observó un deterioro en la estructura del endospermo a medida que decrecía la vitrosidad de las semillas.

La cosecha de trigo en la fase de madurez, e incluso dos semanas después, no solamente trajo consigo el deterioro de las propiedades del grano, sino que también decrecieron los contenidos de gluten y proteínas (Sandrykin et al., 2011).

EL objetivo de esta investigación es estudiar la dinámica de la formación de las propiedades físicas, bioquímicas y tecnológicas de los granos de centeno, trigo y triticale. Los objetivos del estudio son los siguientes:

1. Valorar la dinámica de la formación de las propiedades físicas del grano: masa de 1000 granos, grano-unidad, vitrosidad de la semilla.
2. Determinar el contenido de proteína y gluten y el cambio de actividad autolítica en el proceso de desarrollo del grano.
3. Comparar el curso de la formación de la calidad de las semillas de triticale y sus progenitores.

4. Precisar el tiempo óptimo de la cosecha de triticale para mantener el máximo de calidad.

## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en Moscú, Rusia, en la Academia Agrícola de Moscú K.A. Timiryazev, en el periodo 2017-2018. EL centeno de invierno Saratovskaya 6, el trigo de invierno Moskovskaya 39, el triticale Alexander, Valentin, Victor y Timiryazevskaya 150 fueron utilizados en la investigación. Se tomaron muestras con intervalos de 7-10 días y luego se determinó cada fase a partir de la humedad de las semillas. En 2017 se tomaron 4 muestras y en 2018 el número de muestras fue 7. Se determinaron las fases de desarrollo de la planta y el tiempo de muestreo (Tablas 1, 2).

**Tabla 1. Fases de maduración de la semilla y el tiempo de muestreo en 2017**

No. de muestras	Saratovskaya 6	Moskovskaya 39	Alexander	Victor	Valentin	Timiryazevskaya 150
1	Inicio de la maduración lechosa					
2	Maduración lechosa					
3	Pastoso duro			Comienzo de grano pastoso		
4	Madurez			Pastoso duro		

**Tabla 2. Fases de maduración de la semilla y el tiempo de muestreo en 2018**

No. de muestras	Saratovskaya 6	Moskovskaya 39	Alexander	Victor	Valentin	Timiryazevskaya 150
1	Formación de la semilla					
2.	Maduración lechosa		Inicio de la maduración lechosa			
3	Comienzo de grano pastoso		Maduración lechosa			
4	Pastoso duro			Comienzo de grano pastoso		
5	Madurez			Pastoso duro		
6	Madurez					
7	Sobre maduración en el campo					

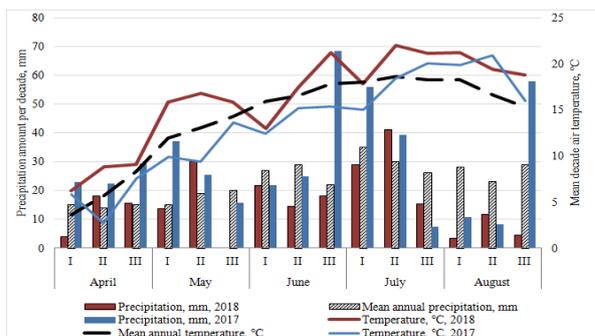


Fig. 1. Condiciones meteorológicas de 2017–2018 en comparación con la media anual.

Las primeras muestras fueron trilladas a mano, para el resto se empleó una trilladora de puntas. Se utilizó un método acelerado para determinar la masa de 1000 granos secados al aire y su naturaleza se determinó mediante un microtubo de 10ml. Se evaluó la vitrosidad del grano con un diafanoscopio. Se evaluaron los contenidos de proteína y contenido de gluten en la harina. Se empleó el método micro modificado de Hagberg-Perten para evaluar la actividad autolítica mediante el falling number. Todas las pruebas de laboratorio se realizaron dos veces. En 2017 solo se determinó el contenido de proteína y gluten y se midió el falling number. En 2018 estos estudios fueron suplementados con un análisis de las propiedades físicas del grano, seguido por una valoración del grado del agotamiento enzima-micosis de las semillas. Se calculó el contenido absoluto de proteínas basado en el porcentaje de proteínas y la masa de 1000 granos.

Se determinó la fase fenológica de las plantas de triticale a partir del contenido de humedad de los granos. Se tomó como base la clasificación de trigo propuesta por Kuleshov (1963). El periodo de llenado de la semilla incluye las fases de leche (cuando el contenido de humedad de las semillas está entre 70 y 50%) y comienzo de grano pastoso (cuando el contenido de humedad de la semilla está entre 50 y 42%). Durante este periodo se produce una acumulación activa de materia seca en el grano y existe poca dependencia de la humedad sobre las condiciones meteorológicas. El periodo de maduración comprende las fases de grano pastoso duro (humedad del grano entre 42 y 22%) y madurez (humedad del grano por debajo de 22%). En ese momento cesa el flujo de sustancias plásticas hacia la semilla de trigo y su humedad depende de las condiciones del clima. La fase de madurez comienza después de un periodo de latencia y se caracteriza por un brote condicionado de las semillas.

Las condiciones meteorológicas de 2017-2018 fueron significativamente variables. El periodo de crecimiento de 2017 fue frío y lluvioso hasta la mitad de julio, y la formación de semillas se produjo con una latencia relativamente profunda. El año 2018 fue

más típico para la región moscovita. Durante el periodo de formación de semilla, el aumento de la temperatura del aire se combinó con una distribución uniforme de las precipitaciones, que conllevó a la formación de semillas con aumento de la actividad amilolítica (Fig. 1).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza simple y bi-factorial.

## Resultados y discusión

### Dinámica en la formación de las propiedades físicas y bioquímicas del grano en 2018

En la variedad de trigo Moskovskaya 39 la masa de 1 grano en mg (o masa de 1000 granos en g), la vitrosidad y contenido absoluto de proteína alcanzaron su máximo en la fase de maduración de grano pastoso duro (Fig. 2e, muestra 4). El contenido relativo de proteínas (%) disminuyó durante la formación del grano debido a la acumulación de almidón. Después de la sobremaduración en el campo el peso de los granos disminuyó en 4,8 g (9,6%), y el contenido de proteína en 1,8 mg por grano (26,8%), en comparación con el máximo alcanzado. Esto ocurre como consecuencia del agotamiento significativo de las semillas. Además, disminuyó la vitrosidad marcadamente debido al deterioro de la estructura del endospermo. Los resultados de este estudio confirman el bien conocido hecho de que la mejor fase para cosechar el trigo es durante el grano pastoso duro.

Parecido a lo que ocurre con el trigo, se observó la formación de las dimensiones y calidad de las variedades de triticale Alexander, Victor y Timiryazevskaya 150. En la variedad Alexander la pérdida de peso de las semillas fue de 3,6 g (6,7%) y la pérdida de proteína fue 0,47 mg por grano (7%) del contenido máximo (Fig. 2a). El ligero incremento del peso de las semillas durante la sobremaduración en el campo no fue estadísticamente significativa.

En Victor, a diferencia de variedades anteriores, los mayores ritmos se observaron en la fase de maduración firme (Fig. 2c, muestra 5). Después de la sobre maduración, la pérdida de peso de las semillas fue de 4,4 g (7,6%) y la pérdida de proteína fue 1,27 mg por grano (16%) del contenido máximo. También decreció la vitrosidad.

En la variedad Timiryazevskaya 150, similar a Victor, la acumulación de sustancias de reserva continuó hasta la fase de madurez (Fig. 2b, muestra 6). Sin embargo, esta variedad resultó ser sensible a las lluvias que tuvieron lugar durante la fase de comienzo de grano pastoso (muestra 4) y que causó una marcada reducción de la vitrosidad de las

semillas. Ya que el proceso de acumulación de proteína y almidón no se detuvo hasta la madurez, la vitrosidad se recuperó de alguna manera para luego disminuir fuertemente durante la sobremaduración en el campo debido al agotamiento de la semilla. La pérdida de peso de las semillas fue de 2,5 g (5%) y la pérdida de proteína fue 0,91 mg por grano (15% del contenido máximo).

La formación de semilla en la variedad Valentín fue diferente a las variedades anteriores por el hecho de que alcanzó el máximo de calidad durante la fase de comienzo de grano pastoso (Fig. 2d, muestra 4). No obstante, la acumulación de proteína continúa hasta la maduración firme: 7,33 mg por grano. La pérdida de peso de las semillas fue solo de 1,2 g (2%) y la pérdida de proteína fue 0,45 mg por grano (6% del contenido máximo). Estos datos indican que en realidad el agotamiento de las semillas fue más significativo. Sin embargo, debido a procesos de acumulación de sustancias de reserva que ocurrían paralelamente, aquel resultó ser imperceptible.

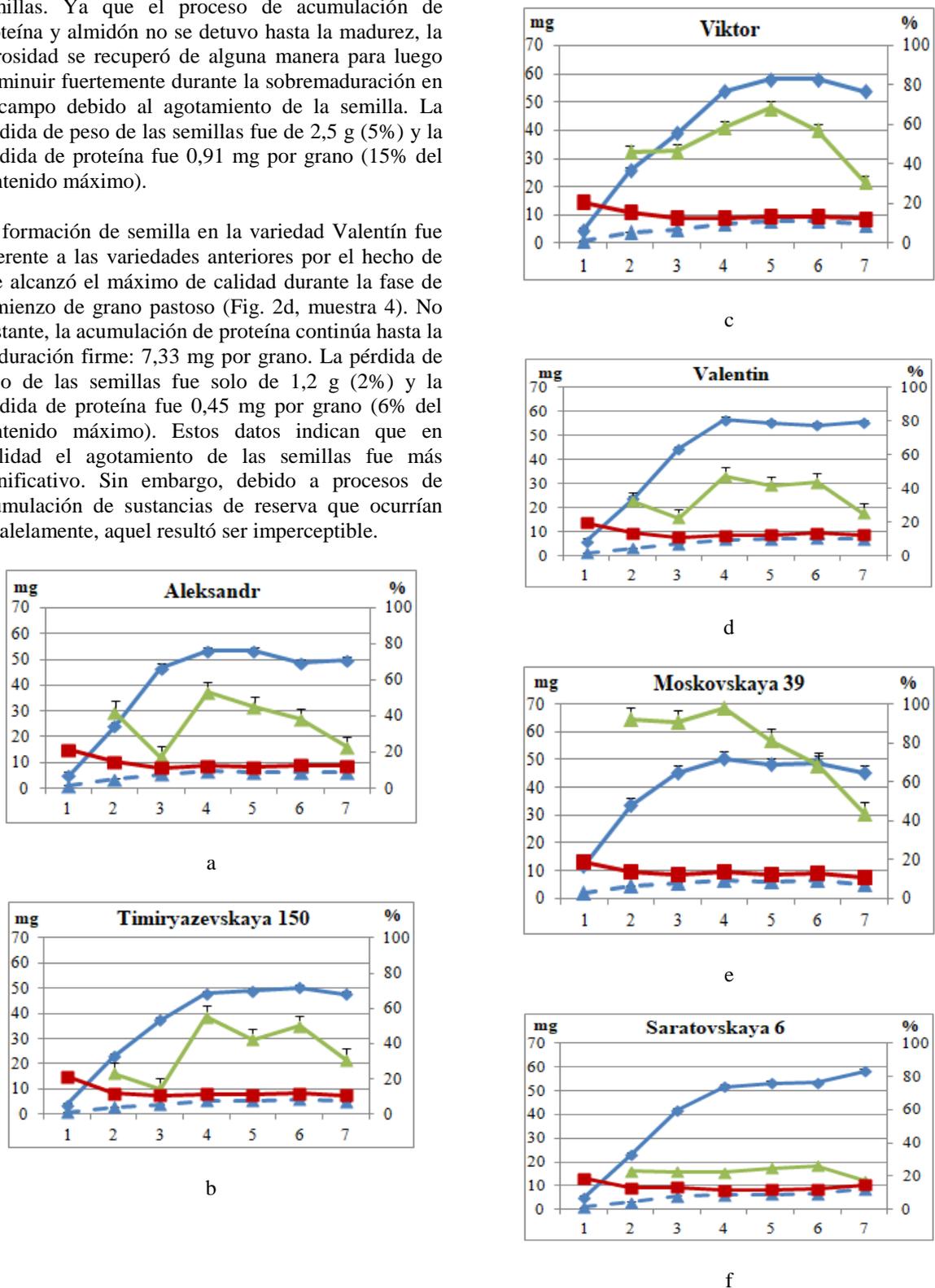


Fig. 2. Dinámica de la formación de las propiedades físicas y bioquímicas del grano en 2018. Las fases fenológicas 1-7 se indican según la Tabla 2. Las diferencias significativas más pequeñas se presentan como barras de errores.

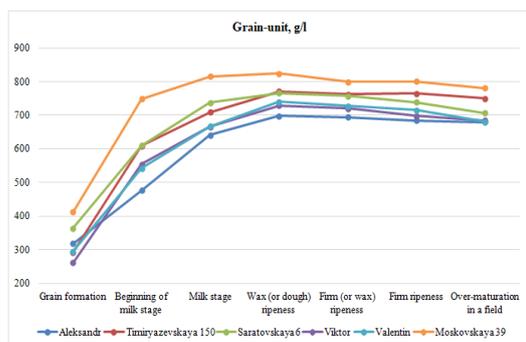


Fig. 3. Grano-unidad, 2018

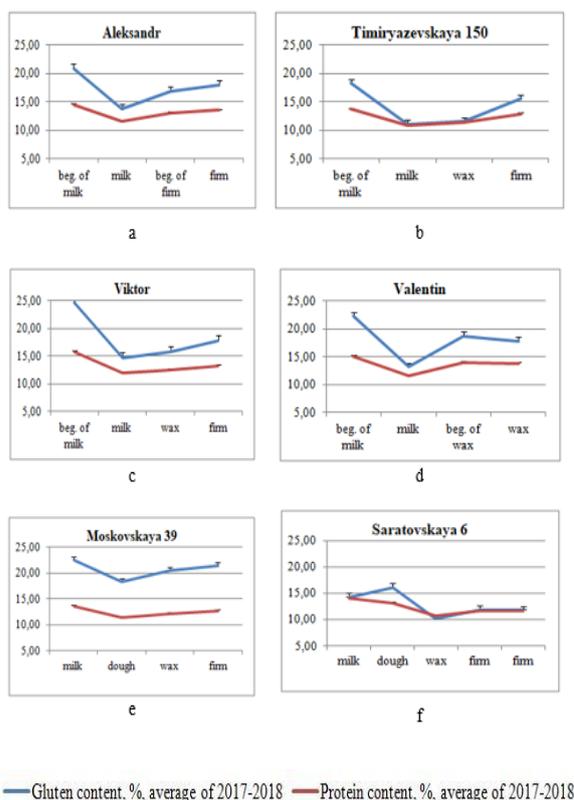


Fig. 4. Contenidos de proteína y gluten en diferentes fases de maduración del grano (promedio para 2017-2018).

La acumulación de sustancias de reserva en el centeno Saratovskaya 6 ocurrió sin interrupciones hasta la última muestra (Fig. 2f). Su vitrosidad fue la menor de todas las variedades estudiadas y tuvo una ligera fluctuación durante todo el proceso de maduración. No se observó agotamiento de la semilla.

Las variedades estudiadas alcanzaron el mayor grano-unidad en la fase de pastoso duro y luego disminuyeron después de la sobremaduración en el campo. En las variedades de triticale Alexander y Timiryazevskaya 150 no se observó una reducción significativa de grano-unidad. Otras variedades de triticale y centeno mostraron un decrecimiento significativo de grano-unidad en 6-8%, y la variedad de trigo Moskovskaya 39 en 12,5% (Fig. 3).

## Cambios en los contenidos de proteína y gluten en 2017-2018

Como se tomó un menor número de muestras en 2017, se seleccionaron muestras de los datos de 2018 que coincidían en las fases de maduración, solo para establecer la comparación con las muestras de 2017.

Los contenidos de proteína y gluten están fuertemente correlacionados: variedad Moskovskaya 39  $r = 0,962^{**}$ , en las variedades de triticale  $r = 0,992 \div 0,996^{**}$ , en la variedad de centeno Saratovskaya 6  $r = 0,76^{**}$ .

En el trigo, los contenidos relativos de proteína y gluten disminuyeron significativamente durante la fase de comienzo de grano pastoso (Fig. 4e). A su vez, este fenómeno solo ocurrió durante la fase de pastoso duro en el centeno (Fig. 4f). A diferencia de las especies progenitoras todas las variedades de triticale (Fig. 4a-d) mostraron una disminución en el contenido de proteína existente en la fase de maduración lechosa. Esa dinámica se explica por el hecho de que en ese momento ocurre una acumulación intensa de almidón, que conduce a un aumento en el porcentaje de proteína. La figura 2 muestra claramente que el contenido de proteína absoluta aumenta durante las fases mencionadas y luego ocurre una meseta y puede disminuir ligeramente debido al agotamiento del grano por enzima-micosis. Al madurar, el contenido relativo de proteína aumenta nuevamente, lo que indica pérdida de almidón (agotamiento de la semilla).

Un análisis bi-factorial de varianza reveló el impacto significativo que tuvo lugar en el año de la investigación: el trigo, centeno y triticale Victor estuvieron caracterizados por contenidos de proteína y gluten significativamente altos en 2018, y para el resto de las variedades de triticale se observó en 2017.

## Cambios en la actividad autolítica del grano en 2017-2018

El estudio de las propiedades tecnológicas de los granos cosechados en diferentes fases muestra el cambio de actividad de las enzimas hidrolíticas durante la maduración. La determinación del falling number se basó en las lecturas de viscosidad de una suspensión de agua y harina cuando se coloca en agua hirviendo. La baja viscosidad y, por consiguiente, un falling number bajo caracterizan las muestras con actividad incrementada de amilasas y otras enzimas hidrolíticas. Los granos de alta calidad tendrán alta viscosidad y un falling number alto.

El análisis de varianza bi-factorial reveló que el falling number fue significativo en 2017 para todas las variedades estudiadas. En 2017, durante la formación del grano, se observaron condiciones

climáticas adversas, como bajas temperaturas y fuertes lluvias durante el periodo de formación, y luego sequía durante la maduración del grano. Tales condiciones contribuyen a la formación de granos con latencia profunda (Bazhenov, Pylnev & Tarakanov, 2011), ocasionada, en particular, por la actividad de enzimas proteolíticas, amilolíticas y otras.

**Tabla 3. Falling number (sek) en diferentes fases de maduración del grano (promedio de 2017-2018)**

Variedad	Fase de desarrollo				
	Año	Inicio etapa lechosa (a)	Etapa lechosa (b)	Inicio de madurez (a)	Madurez (a)
Alexander	2017	146	337,5	134,5	130,5
	2018	46	46,5	61,5	47
Timiryazevskaya 150	2017	246,5	338	255,5	180
	2018	110	78,5	73,5	55
Viktor	2017	51,5	150	133,5	52,5
	2018	65,5	78,5	54	62,5
Valentin	2017	47	150	46	46
	2018	50,5	46	46	45
Moskovskaya 39	2017	474	690	415	352
	2018	201,5	212	188,5	183
Saratovskaya 6	2017	139	315,5	373,5	122
	2018	108,5	118	74,5	54,5

\* Las muestras con letras iguales difieren significativamente, según criterio de Duncan (una variedad).

Como promedio, durante más de dos años de estudio, el mayor falling number fue característico durante la etapa de maduración lechosa en el triticale y el comienzo en la masa del grano del trigo y el centeno.

Durante la maduración aumenta ligeramente la actividad enzimática. Además, la sobremaduración en el campo produce un deterioro significativo en las cualidades tecnológicas del grano. De todas las variedades de triticale estudiadas, el mayor falling number se observó en las variedades Timiryazevskaya 150 y Alexander (Tabla 3). También son resistentes a los brotes de la espiga antes de la cosecha. La variedad Valentin, que tuvo el menor falling number de todas, es una de las más inestables en los brotes de la espiga antes de la cosecha. El trigo Moskovskaya 39, que tuvo la menor actividad autolítica del grano, prácticamente no produjo brotes en la espiga.

## Conclusiones

1. Durante el proceso de maduración del grano la masa aumenta hasta la fase de grano pastoso duro y hasta la madurez, en centeno y triticale.
2. La vitrosidad de las semillas y grano-unidad aumentan hasta la fase de grano pastoso duro en el trigo y la mayoría de las variedades de triticale. El retraso en la cosecha ocasiona una disminución brusca de la vitrosidad de la semilla, grano-unidad y en el peso de las semillas. El mayor agotamiento de semilla fue observado en el trigo y en un menor grado, en triticale. No se identificaron cambios significativos en la estructura del grano de centeno cuando hubo sobremaduración en el campo.
3. La acumulación de proteínas continúa hasta el grano pastoso duro en el trigo y la variedad Alexander de triticale. Cuando ocurre la sobremaduración en el campo, se reduce significativamente el contenido de proteína en el trigo y el triticale
4. La cosecha del trigo debe realizarse en la fase de grano pastoso duro, mientras que el triticale debe ser cosechado en la fase de madurez, cuando se ha acumulado la cantidad máxima de materia orgánica. No se recomienda la sobremaduración en el campo.

## Contribución de los autores

Yuliya N. Kotenko: desarrollo de la investigación, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Marc D. Kanaan: desarrollo de la investigación, análisis de resultados, traducción del artículo.

Valentina S. Rubets: planificación de la investigación, análisis de resultados, redacción del artículo.

Vladimir V. Pylnev: análisis de resultados, redacción del artículo.

## Referencias

- Bazhenov, M. S., Pylnev, V. V., & Tarakanov, I. G. (2011). Vliyaniye faktorov okruzhayushei sredy na pokoi semyan i prorastaniye zerna v kolose ozimoi tritikale. *Izvestiya TSKHA*, 6, 30-38. Recuperado el 20 de enero de 2019, de: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-faktorov-okruzhayushey-sredy-na-pokoy-semyan-i-prorastaniye-zerna-v-kolose-ozimoy-tritikale-1/viewer>
- Eliseev, S. L., & Batueva, I. V. (2014). *Formirovaniye zerna ozimykha kul'tur v Predural'e*. In Prodovol'stvennaya industriya: bezopasnost'

- i integratsiyamaterialyme zhdunarodnoy nauchno-prakticheskoykonferentsii. (pp. 81-87). Russia, Perm': Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye.
- Eliseev, S. L., & Yarkova, N. N. (2012). Formirovanie i istekanie zerna yarovykh zernovykh kul'tur v Predural'e. *Doklady RASKHN*, (4), 6-7.
- Kopylov, E. A. (2001). Problema «stekaniya» zernaiselektiyaozimoimyagkoipshenitsy. In «*Pshenitsaitritikale: materialynauchno-prakt. konf. «Zelenayarevolutsiya P.P. Luk'yanenko»*, (pp. 604-606). Russia, Krasnodar: Izdatel'skiy Dom Sovetskaya Kuban'.
- Kuleshov, N. N. (1963). Russia, Moscow. Agronomicheskoe semenovedenie. Russia, Moscow: Sel'khozizdat.
- Paket statisticheskogo i biometriko-geneticheskogo analiza v rastenievodstve i seleksii AGROS. Version 2.08* (1993-1999). Russia: Tver.
- Rubets, V. S., Pylnev, V. V., & Kondrashina, L.V. (2012). Pokoi i preduborochnoe prorastanie zerna v kolose ozimoi geksaploidnoi tritikale. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 11, 14-16. Recuperado el 20 de enero de 2019, de: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokoy-i-preduborochnoe-prorastanie-zerna-v-kolose-ozimoy-geksaploidnoy-tritikale/viewer>
- Sandrykin, D. V., Kondratenko, E. P., Egushova, E. A., & Pinchuk, L. G. (2011). Dinamika nakopleniya sukhogo veschestva i izmenenie khimicheskogo sostava zerna pri sozrevanii. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 12, 32-33. Recuperado el 20 de enero de 2019, de: <https://cyberleninka.ru/article/v/dinamika-nakopleniya-suhogo-veschestva-i-izmenenie-himicheskogo-sostava-zerna-pri-sozrevanii>
- Temirbekova, S. K. (1998). O probleme enzimomikoznogo istoscheniya («*istekanii» zerna*) v *rastenievodstve*. Russia, Moscow: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk.
- Tyunin, V.A., & Vrazhnova, R. A. (1994). Seleksionnyi aspekt etiologii enzimomikoznogo istoscheniya zerna yarovoi myagkoi pshenitsy. *Selskokhozyaistvennaya biologiya*, (3), 48-51.