

Tritordeum: walory jakościowe i odpornościowe mało znanego zboża

Prof. dr hab. Marian Wiwart

Prof. dr hab. Elżbieta Suchowilska

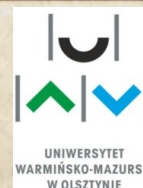
Dr Anna Szafrńska

Prof. dr hab. Kinga Super-Szablewska

Prof. Rudolf Krska

Dr Michael Sulyok

Dr Wolfgang Kandler



UNIwersytet
WARMIŃSKO-MAZURSKI
W OLSZTYNIE



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Waclawa Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
W POZNANIU



BOKU
UNIVERSITY

Pochodzenie



♀

Hordeum chilense

HchHch

Triticum durum

AABB

♂

HchHch AABB



Dlaczego *H. chilense*?

Gatunek odporny na całe spektrum patogenów pszenicy, w tym na grzyby rdzawnikowe, mączniaka prawdziwego zbóż i traw, na *Septoria tritici* i *Tilletia indica* (śnieć Karnala). Cechuje go znaczna odporność na *Ustilago nuda* i *U. tritici*, *Pyrenophora teres* i *P. tritici-repentis* oraz *Rhynchosporium secalis*.

***Hordeum chilense* przejawia odporność na mszyce** *Duraphis noxia*, *Rhopalosiphum padi* i *Schizaphis graminum* oraz nicienie rodzaju *Meloidogyne* spp.

Ziarno charakteryzuje bardzo duża zmienność białek zapasowych bielma, ponadto zawiera ono znacznie więcej barwników karotenoidowych (szczególnie luteiny) niż pszenica durum

Martin et al., 2000.

- *Hordeum chilense* może stanowić **cenne źródło genów odporności** na stresory biotyczne i abiotyczne oraz cech warunkujących **jakość ziarna** w hodowli pszenicy.
- Amfiploidalne Tritordeum może być **rośliną pomostową** umożliwiającą wykorzystanie zróżnicowania genetycznego *H. chilense* w hodowli pszenicy. Zróżnicowanie to w zakresie odporności na patogeny uprawnych gatunków plemienia Triticeae, zasługuje na szczególną uwagę.
- **Odporność na *Septoria tritici*** (gen na chromosomie 4Hch) oraz wysoka zawartość barwników karotenoidowych i odporność na śnieć cuchnącą, (oba geny zlokalizowane na chromosomie 7Hch) należą do cech, które **warto przenieść do pszenicy durum**.

Tritordeum

Farming Dossier

AUCAN ORIGIN

Tritordeum is an innovative hybrid cereal created by crossing durum wheat (*Triticum durum*) and wild barley (*Hordeum chilense*). Developed through traditional hand-crossing techniques, it contains no genetic modifications.

Tritordeum is an un-reglamented crop species, its seed is un-certified, multiplied and commercialized exclusively by Vivagran and its licensees. This novel species is produced in Europe since 2014 and Australia since 2016.

Aucan is the first protected variety at CPVO (breeders ref.: htc1608)



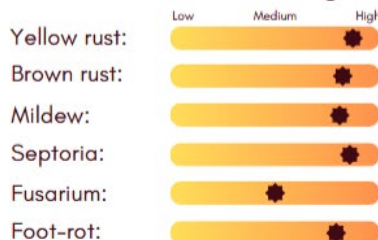
Habit: **Semi-straight**
 Awns: **Yes**
 Color: **Dark green**
 Spike: **20 to 24 spikelets**
 Cycle: **Alternative**
 Soil type: **All**
 Ideal sowing density: **150-180 kg/ha**
 Ideal sowing window:

sept. oct. nov. dec. jan. feb.

CHARACTERISTICS



Diseases resistance: **High**



Phytosanitary products: same as winter wheat/barley

Hectoliter weight: **72-80 kg/hL**
 1000 kernels weight: **33-36 gr**
 Vitrosity: **Medium**
 Protein content: **13-17 %**
 Kernel size: **90 % > 2,2 mm**

Baking: W: **70-140** - P/L: **>0,5**
 Malting: DP: **>400**
 Color grain: **Amber**
 Color flour: **Yellow**
 Taste: **Sweet, Dairy**



BULEL ORIGIN

Tritordeum is an innovative hybrid cereal created by crossing durum wheat (*Triticum durum*) and wild barley (*Hordeum chilense*). Developed through traditional hand-crossing techniques, it contains no genetic modifications.

Tritordeum is an un-reglamented crop species, its seed is un-certified, multiplied and commercialized exclusively by Vivagran and its licensees. This novel species is produced in Europe since 2014 and Australia since 2016.

Bulel is the second protected variety at CPVO (breeders ref.: htc2218)



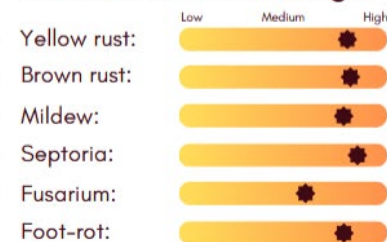
Habit: **Semi-straight**
 Awns: **Yes**
 Color: **Light green**
 Spike: **20 to 24 spikelets**
 Cycle: **Alternative**
 Soil type: **All**
 Ideal sowing density: **150-180 kg/ha**
 Ideal sowing window:

sept. oct. nov. dec. jan. feb.

CHARACTERISTICS



Diseases resistance: **High**



Phytosanitary products: same as winter wheat/barley

Hectoliter weight: **72-80 kg/hL**
 1000 kernels weight: **34-37 gr**
 Vitrosity: **Medium**
 Protein content: **14-18 %**
 Kernel size: **90 % > 2,2 mm**

Baking: W: **70-140** - P/L: **>0,5**
 Malting: DP: **>400**
 Color grain: **Amber**
 Color flour: **Yellow**
 Taste: **Sweet, Dairy**



The information provided in this document is for indicative purposes only and may vary depending on climatic, ecological, and agricultural conditions. Disease resistance refers to pathogens or insects currently identified and studied in Spain.

The information provided in this document is for indicative purposes only and may vary depending on climatic, ecological, and agricultural conditions. Disease resistance refers to pathogens or insects currently identified and studied in Spain.

COIQUE ORIGIN

Tritordeum is an innovative hybrid cereal created by crossing durum wheat (*Triticum durum*) and wild barley (*Hordeum chilense*). Developed through traditional hand-crossing techniques, it contains no genetic modifications.

Tritordeum is an un-reglamented crop species, its seed is un-certified, multiplied and commercialized exclusively by Vivagran and its licensees. This novel species is produced in Europe since 2014 and Australia since 2016.

Coique is an advanced breeding line (breeders ref.: ht444)



Habit: **Semi-straight**

Awns: **Yes**

Color: **green/blue**

Spike: **22 to 26 spikelets**

Cycle: **Alternative**

Soil type: **All**

Ideal sowing density: **150-180 kg/ha**

Ideal sowing window:

sept. oct. nov. dec. jan. feb.

CHARACTERISTICS



Hectoliter weight: **74-82 kg/hL**

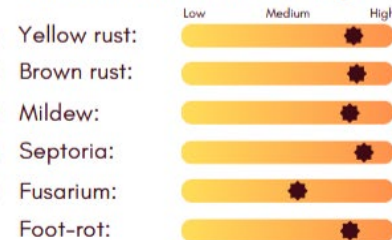
1000 kernels weight: **35-40 gr**

Vitosity: **Medium**

Protein content: **15-18 %**

Kernel size: **90 % > 2,2 mm**

Diseases resistance: **High**



Phytoparasiticide products: same as winter wheat/barley

Baking: W: **70-140** - P/L: **>0,5**

Malting: DP: **>500**

Color grain: **Amber**

Color flour: **Yellow**

Taste: **Sweet, Dairy**

The information provided in this document is for indicative purposes only and may vary depending on climate, ecological, and agricultural conditions. Disease resistance refers to pathogens or strains currently identified and studied in Spain.





RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g

RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g

RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g

RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g

RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g

RECIBO HUIJUECO 77

TITORDEUM
T. Carlos Ochoa

PENNE
100% TITORDEUM

"El cereal que calienta la Tierra... 1 a 1"

La pasta está elaborada con trigo duro de Titordeum, un trigo de alta calidad que produce pasta firme y resistente.

QR Code

500 g



Materiał badawczy

... pochodził z doświadczeń polowych prowadzonych w ZPD Bałcyny k/Ostródy prowadzonych w latach 2019-2025

Linia hodowlana / odmiana	Pochodzenie
<i>x Tritordeum</i>	
HT 129	Institute of Sustainable Agriculture (CSIC), Spain via Ing. Petr Martinek, Kromeriž, Czechia
HT 157	
HT 352	
HT 438	
HT 440	
HT 444	
HTC 1324	
HTC 2060	
HTC 2083	
HTC 2083 [†]	
JB3	
<i>T. durum</i>	
cv. Floradur	Probstdorfer Saatzucht, Austria
cv. Tamadur	Probstdorfer Saatzucht, Austria
cv. IS Duragold	Istropol Solary, a.s. Horné Mýto, Slovakia
<i>H. vulgare var nudum</i>	
cv. Gawrosz	Hodowla Roślin Strzelce sp. z o.o., Poland

[†] - linia wyselekcjonowana w trakcie rozmnożeń z linii HTC 2083

Metody badań

Komputerowa analiza kształtu i koloru ziarna

Spektroskopia NIR (białko, tłuszcz, skrobia, gęstość ziarna) (Inframatic®, Perten)

Chromatografia cieczowa HPLC-MS (związki fenolowe i karotenoidy)

Chromatografia cieczowa z tandemową spektrometrią mas LC-MS/MS (mykotoksyny)

High-Resolution ICP-MS (SF-ICP-MS) (makro- i mikroelementy)

Badania reologiczne ciasta (Mixolab) i próby wypiekowe

Analiza wariacji i wielokierunkowa (PCA i hierarchiczna)

Int. Agrophys., 2021, 35, 343-355

doi: 10.31545/intagr/144592

Tritordeum – the content of basic nutrients in grain and the morphological and anatomical features of kernels**

Elżbieta Suchowilska^{ID}, *Wioleta Radawiec*, and *Marian Wiwart*^{ID}*

Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry,
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, pl. Łódzki 3, 10-724 Olsztyn, Poland

Received September 17, 2021; accepted December 6, 2021

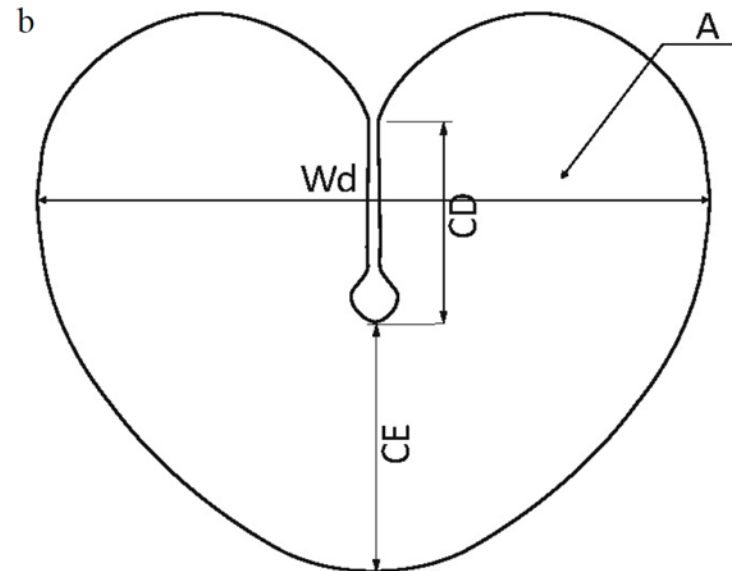
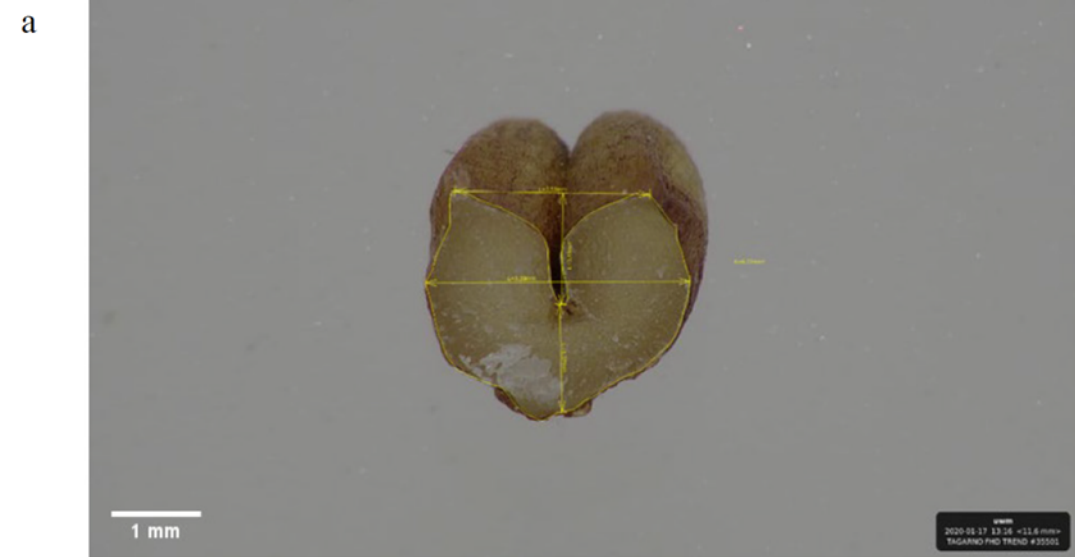




Spikes of the evaluated tritordeum lines: a – HT440, HT129, HT157, JB3. Bottom row, b – HT352, HTC2083', HTC1324, HT438.



Spikes of the evaluated cereals: a – tritordeum lines HT444, HTC2060 and HTC2083; b – *T. durum* cultivars (Floradur, Duragold, Tamadur).



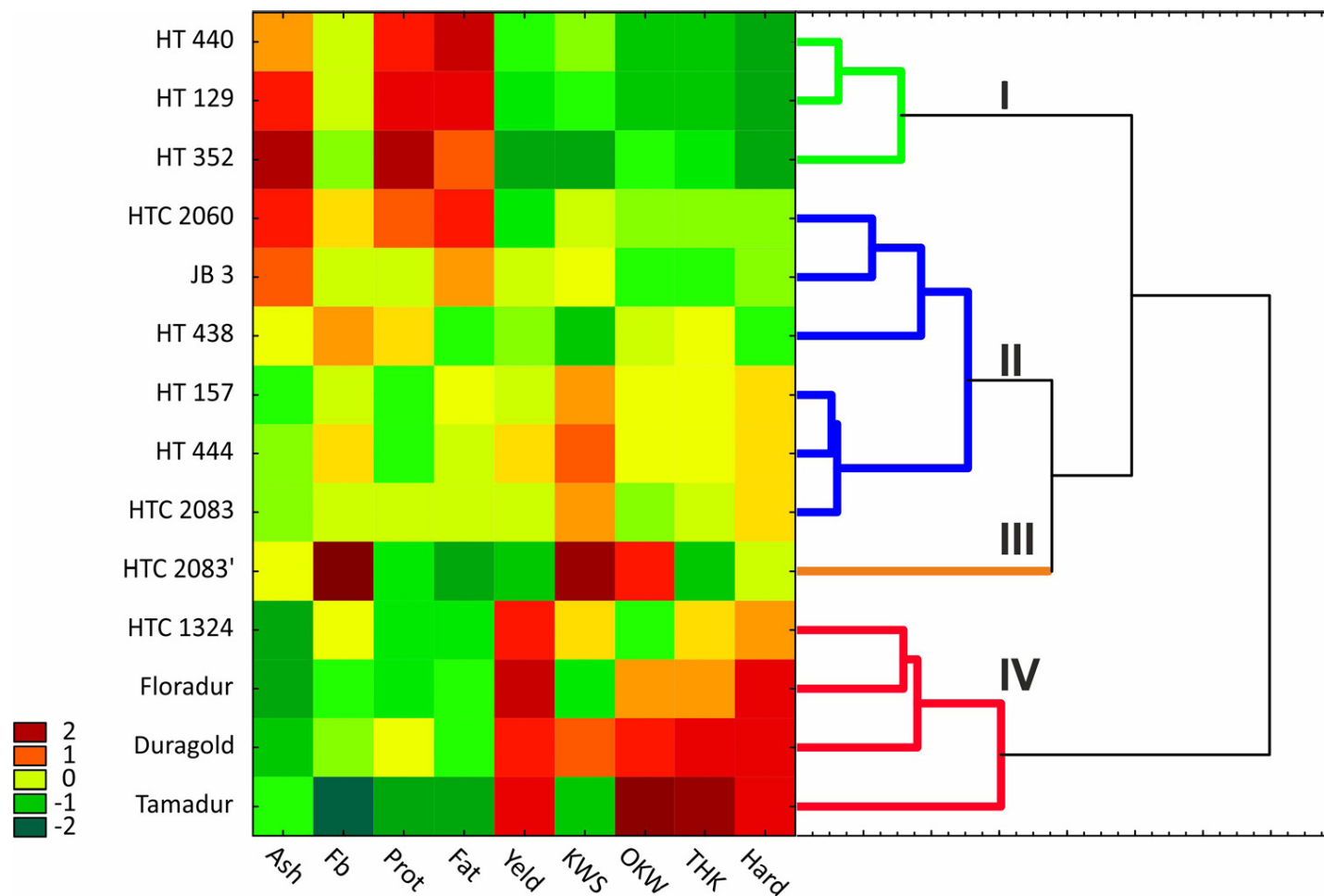
Original microscopic image of a kernel cross-section with an indication of the measured parameters (a), diagram of the horizontal cross-section of a kernel and the measured shape descriptors (b). A – total cross-sectional area, CD – crease depth, CE – distance from the bottom of the crease to the kernel edge, Wd – cross-sectional width at the widest point.



Content of basic nutrients in grain, biometric traits and yield of the analyzed Tritordeum breeding lines and *T. durum* cultivars

	Content (% DM) of:				SW (g)	SL (cm)	NSS	NKS	KWS (g)	PH (cm)	Yield (t/ha)	SKCS		
	Protein	Fat	Ash	Fiber								OKW (mg)	THK (mm)	Hardness score
Tritordeum (n=11)	16.92*	2.22*	2.50*	1.74*	2.22	7.97	18.88**	40.61	1.59	63.71*	2.75**	39.40**	2.80**	56.50**
<i>T. durum</i> (n=3)	15.54*	1.83*	2.17*	1.22*	1.80	5.80	14.38**	32.40	1.41	54.87*	5.48**	50.18**	3.11**	84.58**

*,** differences between Tritordeum and *T. durum* significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. SW – spike weight, SL – spike length, NSS – number of spikelets per spike, NKS – number of kernels per spike, KWS – kernel weight per spike, PH – plant height, OKW – one kernel weight, Yield - yield per plot, SKCS- Single Kernel Characterization System OKW – one kernel weight, THK – thickness.

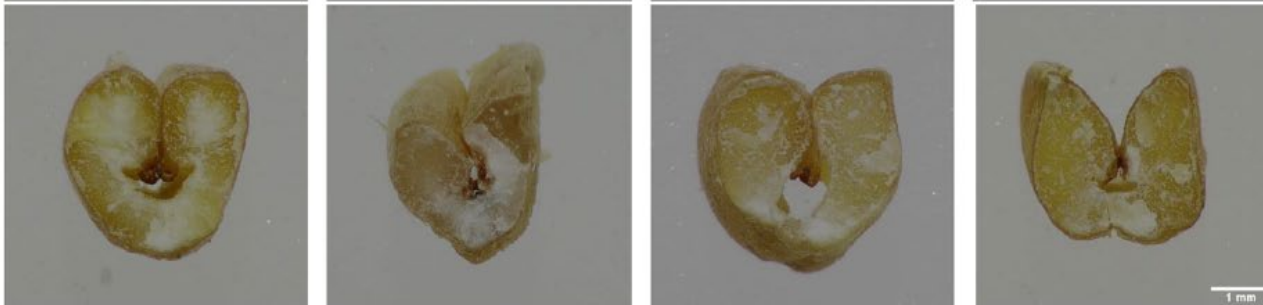


Heat map and the results of hierarchical clustering for 11 tritordeum breeding lines, three *T. durum* cultivars (Floradur, Duragold and Tamadur) and grain parameters: Ash, Fb, Protein and Fat – ash, fibre, protein and fat content of grain, respectively; Yield – yield ($t\ ha^{-1}$); KWS – kernel weight per spike; OKW – one kernel weight; THK – kernel thickness, Hard – hardness score; I...IV – main clusters.

a



b



Images of kernel cross-sections in the analysed tritordeum lines: a – HT440, HT129, HTC2060 and HT157; b – HTC2083', JB3, HTC1324 and HT438.



Images of kernel cross-sections in the analysed cereals: a – tritordeum lines HT444, HTC2083 and HTC2083'; b – *T. durum* cvs. Floradur, Duragold and Tamadur.

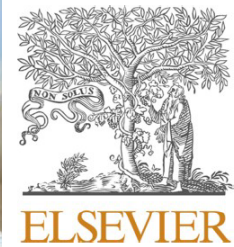
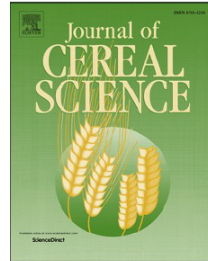
Wnioski

- W warunkach Europy środkowej ziarno Tritordeum może zawierać o ponad 19% więcej białka i o 43% więcej błonnika niż pszenica durum.
- Tritordeum jest obiecującym zbożem, mimo że potencjał plonowania badanych linii wynosił zaledwie połowę potencjału współczesnych odmian *T. durum*. Podobne wyzwania musieli pokonać hodowcy pszenżyta w latach 70. i 80. XX w.

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cereal Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jcs



The profile of bioactive compounds in the grain of various *x* *Tritordeum* genotypes

Elżbieta Suchowilska^a, Marian Wiwart^{a,*}, Anna Przybylska-Balcerek^b,
Kinga Stuper-Szablewska^b

^a Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, pl. Łódzki 3, 10-727, Olsztyn, Poland

^b Department of Chemistry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 75, 60-625, Poznań, Poland



Antioxidant activity of grain expressed by ABTS^{•+} ($\mu\text{mol TROLOX kg}^{-1}$), one thousand kernel weight, and concentrations of bound phenolic acids and vanillin (mg kg^{-1}) in the grain of 11 *Tritordeum* breeding lines and *T. durum* cultivars.

	ABTS ^{•+}	TKW (g)	HBA	CA	CGA	FA	GA	PCA	PrCA	SiA	SyA	CiA	VA	VN
<i>Tritordeum</i> (n=11)														
Mean	1896.2**	39.9**	2.67**	64.22**	54.24**	1008.9*	23.17**	17.44**	18.07	16.11	24.03	826.5**	7.31	0.59
Range	231.0	12.1	0.84	17.30	6.40	858.10	11.04	13.24	13.02	14.88	24.90	468.57	5.40	0.73
RSD (%)	4	9	10	9	4	24	14	27	21	31	43	19	26	40
<i>T. durum</i> (n=2)														
Mean	1501.5	50.4	1.32	87.90	47.65	656.8	11.58	6.15	20.15	11.71	15.70	191.9	4.64	0.56
Range	587.0	7.0	0.18	36.20	9.90	138.30	1.56	1.30	6.50	7.39	9.80	12.64	5.31	0.56
RSD (%)	28	10	10	29	15	15	10	15	23	45	44	5	81	71

TKW- one thousand kernel weight; phenolic acids: HBA – 4-hydroxybenzoic, CA – caffeic, CGA – chlorogenic, FA – ferulic, GA – gallic, PCA – *p*-coumaric, PrCA protocatechuic, SiA – sinapic, SyA – syringic, CiA – *t*-cinnamic, VA – vanillic; VN – vanillin; *, ** differences between *Tritordeum* and durum wheat are statistically significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively; RSD- relative standard deviation.

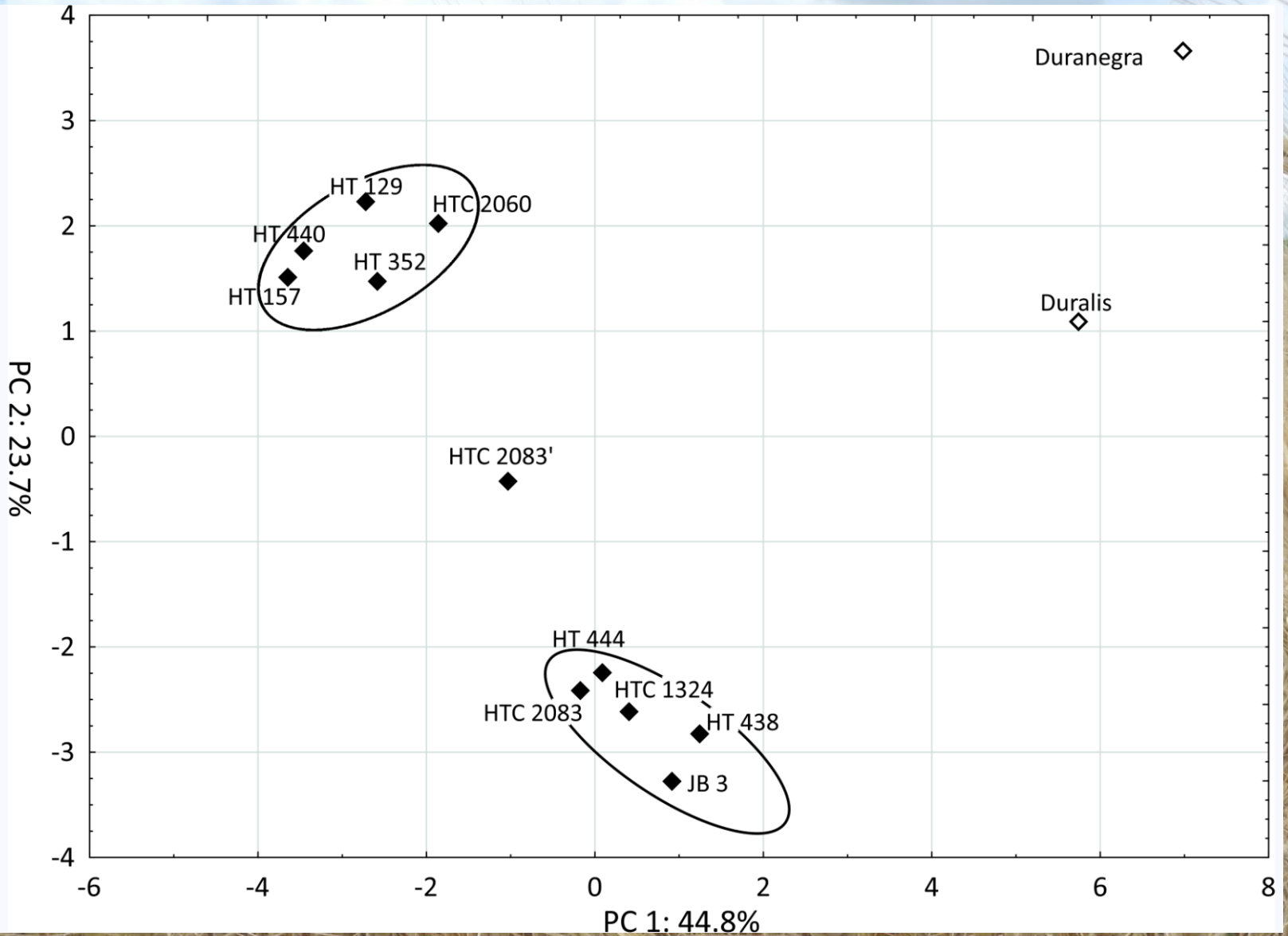
Flavonoid and carotenoid concentrations in the grain of 11 Tritordeum breeding lines and two *T. durum* (mg kg⁻¹) cultivars.

	Ap	Ka	Km	Lu	Na	Qu	Ru	Vi	LUT	ZEA	β-C	LUT/ZEA	Total carotenoids
<i>Tritordeum</i> (n=11)													
Mean	17.83**	11.87*	10.70	29.52**	64.05	46.61	35.45**	7.45	12.02**	2.02	2.47**	5.95	17.09**
Range	2.90	8.30	10.27	21.40	58.20	25.80	9.70	11.93	3.19	1.71	1.18	6.70	3.24
RSD (%)	5	24	42	22	38	19	8	72	9	32	15	34	6
<i>T. durum</i> (n=2)													
Mean	8.64	7.42	9.02	14.55	38.35	50.20	13.60	3.25	9.25	1.58	1.04	6.04	12.17
Range	3.80	1.44	0.10	3.50	1.70	19.00	1.40	0.90	0.21	0.55	0.13	2.22	0.16
RSD (%)	31	14	1	17	3	27	7	20	2	24	9	26	1

Ap – apigenin, Ka – catechin, Km – kaempferol, Lu – luteolin, Na – naringenin, Qu – quercetin, Ru – rutin, Vi – vitexin, LUT – lutein, ZEA – zeaxanthin, β-C – β-carotene; RSD- relative standard deviation.

*, ** - differences between Tritordeum and durum wheat are statistically significant at p<0.05 and p<0.01, respectively;

PCA results for 11 Tritordeum breeding lines, two *T. durum* cultivars and 23 metabolites and ABTS⁺



Wnioski

- Ziarno Tritordeum charakteryzuje się bardzo korzystnym profilem metabolitów pod względem wartości odżywczej i potencjalnych korzyści zdrowotnych. Znaczne różnice w zawartości analizowanych związków w ziarnie sugerują, że można prowadzić skuteczną selekcję w kierunku uzyskania genotypów o wyższym stężeniu tych metabolitów.
- Za silną dyskryminację w PCA odpowiadają przede wszystkim kwasy fenolowe i flawonoidy zaś moc dyskryminacji karotenoidów była najniższa. Wskazuje to na potencjalnie większą skuteczność selekcji w kierunku zwiększenia stężenia kwasów fenolowych i flawonoidów niż stężenia karotenoidów.



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Food Composition and Analysis

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jfca



Is Tritordeum (\times Tritordeum martinii A. Pujadas, nothosp. nov.) grain a potentially useful source of essential minerals in the human diet?

Elżbieta Suchowilska^a, Wolfgang Kandler^b, Marian Wiwart^{a,*}, Rudolf Krska^b

^a Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Pl. Łódzki 3, 10–724 Olsztyn, Poland

^b Institute of Bioanalytics and Agro-Metabolomics, Department of Agrobiotechnology, IFA-Tulln, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Konrad-Lorenz-Strasse 20, 3430 Tulln an der Donau, Austria



Średnie stężenia pięciu makroelementów i 24 mikroelementów (mg kg^{-1}) w ziarnie 11 linii hodowlanych Tritordeum, dwóch odmian pszenicy durum (Duragold i Floradur) i jęczmienia nagiego (Gawrosz) w dwóch latach badań (2019 i 2020)

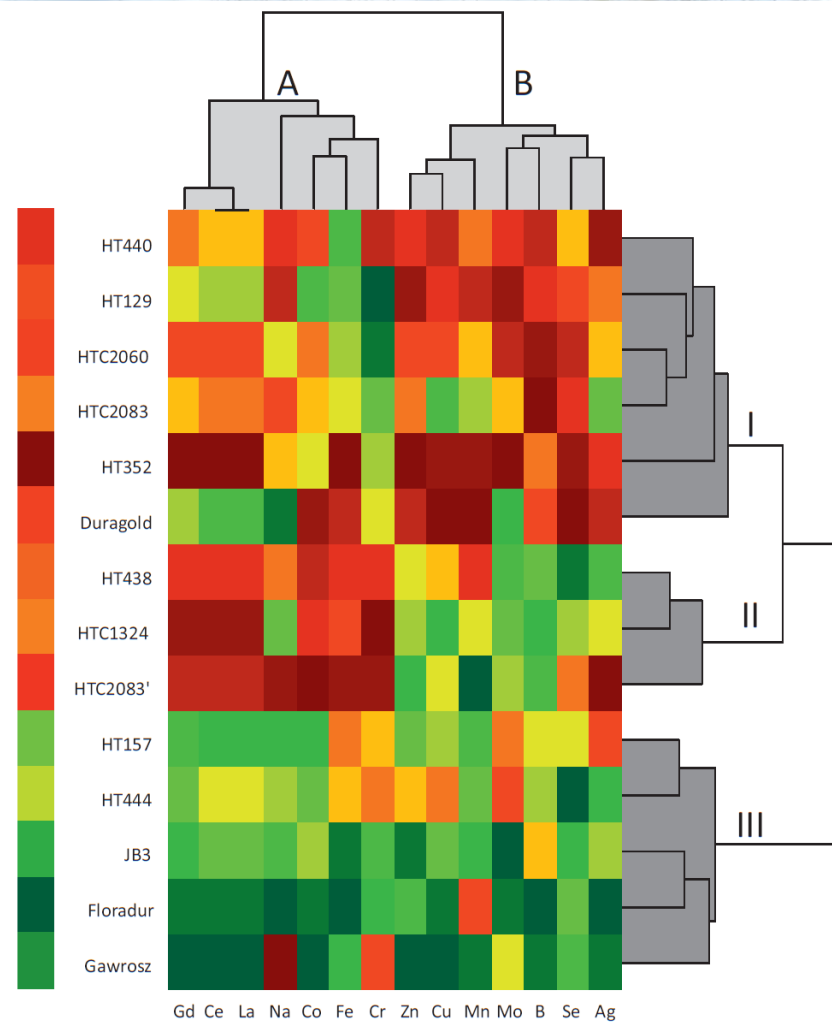
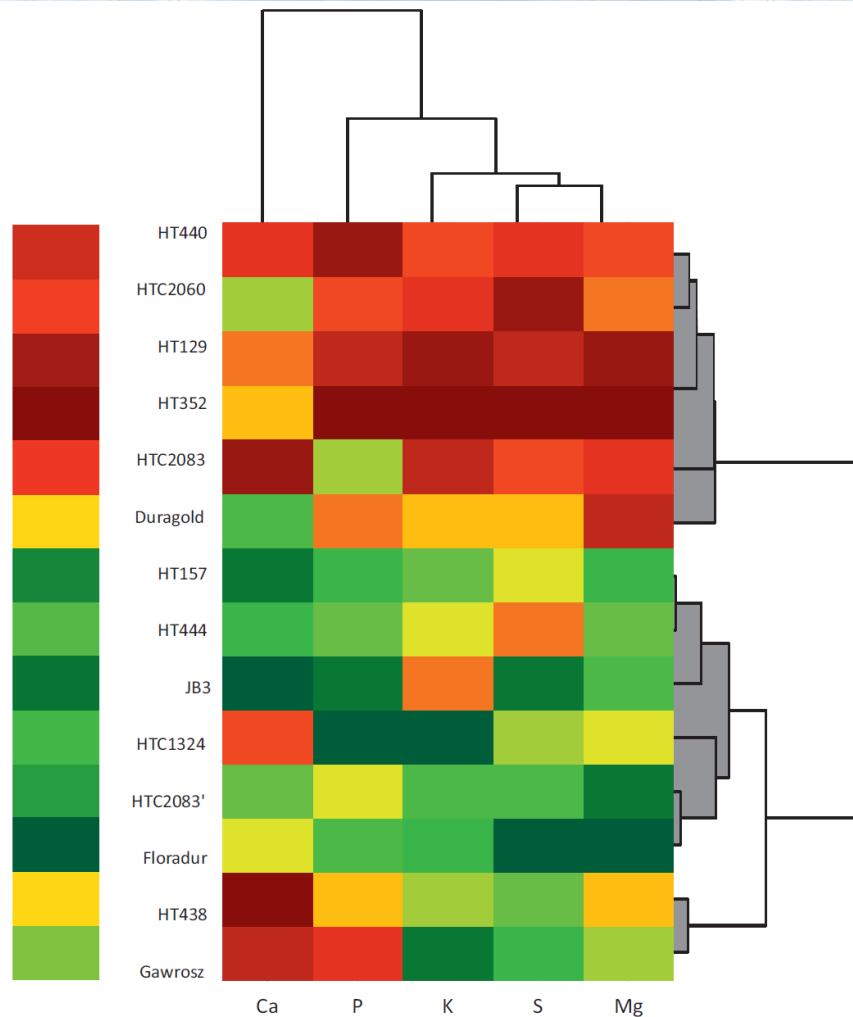
	K	P	S	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Na	Al	Cu	Ba	Sr	B	Mo
<i>Tritordeum</i>	$5.33 \cdot 10^{3a}$	$4.55 \cdot 10^3$	$1.78 \cdot 10^{3a}$	$1.41 \cdot 10^{3a}$	$3.61 \cdot 10^2$	$4.31 \cdot 10^1$	$3.41 \cdot 10^{1a}$	$2.66 \cdot 10^{1b}$	$1.11 \cdot 10^{1b}$	4.98	4.22^a	2.84	1.55^a	$8.95 \cdot 10^{-1a}$	$5.91 \cdot 10^{-1}$
<i>T. durum</i>	$4.56 \cdot 10^{3b}$	$4.36 \cdot 10^3$	$1.50 \cdot 10^{3b}$	$1.33 \cdot 10^{3ab}$	$3.57 \cdot 10^2$	$3.69 \cdot 10^1$	$3.11 \cdot 10^{1ab}$	$3.16 \cdot 10^{1a}$	7.79^c	2.03	3.41^b	3.44	1.22^{ab}	$5.40 \cdot 10^{-1ab}$	$3.83 \cdot 10^{-1}$
<i>H. vulgare</i>	$4.21 \cdot 10^{3b}$	$4.51 \cdot 10^3$	$1.37 \cdot 10^{3b}$	$1.20 \cdot 10^{3b}$	$3.96 \cdot 10^2$	$4.44 \cdot 10^1$	$2.07 \cdot 10^{1b}$	$1.47 \cdot 10^{1c}$	$3.40 \cdot 10^{1a}$	1.26	2.61^c	1.42	1.00^b	$6.78 \cdot 10^{-1b}$	$4.03 \cdot 10^{-1}$
p-values for: Species (S)	0.026	0.711	0.024	0.023	0.583	0.256	0.017	0.001	0.000	0.236	0.007	0.092	0.033	0.001	0.085
Years (Y)	0.622	0.928	0.643	0.881	0.142	0.094	0.115	0.001	0.000	0.155	0.031	0.579	0.051	0.437	0.100
S×Y	0.529	0.065	0.487	0.183	0.060	0.543	0.565	0.054	0.000	0.339	0.169	0.736	0.636	0.860	0.518

c.d. ...

	Ni	Cd	Ag	Cr	Se	Sn	V	As	Ce	Pb	Co	Li	La	Gd
<i>Triticordeum</i>	1.42·10 ^{-1b}	4.89·10 ⁻²	7.00·10 ⁻³	4.68·10 ⁻²	1.07·10 ⁻²	1.76·10 ⁻²	5.62·10 ⁻³	3.84·10 ^{-3c}	5.44·10 ⁻³	6.64·10 ⁻³	3.17·10 ^{-3a}	2.37·10 ^{-3b}	2.72·10 ⁻³	1.02·10 ⁻³
<i>T. durum</i>	2.83·10 ^{-1a}	6.12·10 ⁻²	4.71·10 ⁻³	1.32·10 ⁻²	9.63·10 ⁻³	7.93·10 ⁻³	2.46·10 ⁻³	4.01·10 ^{-3b}	2.38·10 ⁻³	2.17·10 ⁻³	2.56·10 ^{-3a}	1.65·10 ^{-3c}	1.27·10 ⁻³	5.30·10 ⁻⁴
<i>H. vulgare</i>	9.41·10 ^{-2b}	2.86·10 ⁻²	2.21·10 ⁻³	9.03·10 ⁻²	1.10·10 ⁻²	7.20·10 ⁻³	1.80·10 ⁻³	6.44·10 ^{-3a}	1.41·10 ⁻³	3.68·10 ⁻³	1.01·10 ^{-3b}	4.90·10 ^{-3a}	7.70·10 ⁻⁴	3.33·10 ⁻⁴
Species (S)	0.005	0.054	0.716	0.385	0.845	0.789	0.104	0.043	0.068	0.057	0.040	0.028	0.071	0.104
Years (Y)	0.006	0.323	0.656	0.678	0.019	0.836	0.061	0.001	0.073	0.426	0.002	0.000	0.107	0.122
S×Y	0.015	0.192	0.891	0.619	0.825	0.935	0.181	0.004	0.099	0.355	0.161	0.438	0.107	0.211

p-values for:

Wynik analizy hierarchicznej dla koncentracji pięciu makro- i 14 mikroelementów w ziarnie 11 linii Tritordeum, dwóch odmian pszenicy durum i jednej jęczmienia nagiego.



Wnioski

- Ziarno Tritordeum może stanowić cenne źródło magnezu, cynku, miedzi i boru w diecie człowieka, szczególnie w regionach, w których występują niedobory tych pierwiastków.
- Ziarno Tritordeum zawiera więcej tych pierwiastków niż współczesne wysokowydajne odmiany pszenicy durum.




Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

LWT

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lwt



Does the use of the Tritordeum, an alternative cereal for breadmaking, can be one of the mitigation strategies of acrylamide in bread?

Marian Wiwart^a, Anna Szafrńska^{b,*} , Elżbieta Suchowilska^a

^a Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Pl. Łódzki 3, 10-724, Olsztyn, Poland

^b Prof. Waław Dąbrowski Institute of Agricultural and Food Biotechnology – State Research Institute, Department of Grain Processing and Bakery, Rakowiecka 36, 02-532, Warsaw, Poland



Podstawowe parametry opisujące jakość technologiczną ziarna badanych linii Tritordeum oraz odmian referencyjnych pszenicy durum, pszenicy chlebowej i jęczmienia nagiego

Parameter	Tritordeum (n=11)	<i>T. durum</i> (n=2)	<i>T. aestivum</i> cv. Bombona	<i>H. sativum</i> cv. Gawrosz
V (%)	50	93 ^{***}	72 ^{**}	42
Pr (% db)	14.0	15.6 ^{**}	13.3	10.3 ^{***}
GL (%)	34.3	38.7 [*]	31.9	ND
GI (%)	51	76	90 ^{**}	ND
FN (s)	279	431 ^{***}	335 ^{**}	265
A (% db)	0.60	0.97 ^{***}	0.54	0.82 ^{***}

V – vitreousness; Pr – protein content; GL – gluten content; GI – gluten index; FN – falling number; A – ash content; % db – percentage on a dry basis; *, **, *** - difference relative to Tritordeum lines significant at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

Parametry mąki uzyskanej w przemiale laboratoryjnym

Parameter		Tritordeum (n=11)	<i>T. durum</i> (n=2)	<i>T. aestivum</i> cv. Bombona	<i>H. sativum</i> cv. Gawrosz
Milling fraction (%)	>224	0.8	3.6 ^{***}	0.5 [*]	3.5 ^{**}
	150-224	16.4	35.1 ^{***}	12.6 ^{***}	10.3 ^{**}
	132-150	12.8	18.5 ^{***}	11.3 [*]	6.3 ^{***}
	95-132	29.3	25.7 ^{**}	35.1 ^{***}	48.0 ^{***}
	< 95	40.6	17.0 ^{***}	40.5	31.9 ^{***}
Flour	FY (%)	64.3	63.5	69.3^{**}	67.5[*]
	SD (UCD)	20.0	26.1 ^{***}	21.4	23.1 [*]
	Asn (mg/kg)	185	212	188	33^{***}
	L [*]	91.05	88.33 ^{***}	90.51 [*]	91.33
	a [*]	-3.01	-3.70 [*]	-2.52	-1.39 [*]
	b [*]	12.63	19.36 ^{***}	11.59	5.34 ^{**}

FY - flour yield; SD – starch damage; Asn – free asparagine content; L*FL, a*FL, b*FL –descriptors of flour color (L* – lightness, a* –green-red coordinate, b* –blue-yellow coordinate); *, **, *** - difference relative to Tritordeum lines significant at p<0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

Właściwości reologiczne ciasta (Mixolab) otrzymanego z ziarna badanych zbóż

Parameter		Tritordeum (n=11)	<i>T. durum</i> (n=2)	<i>T. aestivum</i> cv. Bombona	<i>H. sativum</i> cv. Gawrosz
Associated with protein	W _{abs} (%)	58.4	68.7 ^{***}	57.7	58.3
	T1 (min)	4.2	3.5	6.9 ^{***}	0.9 ^{***}
	Stability (min)	6.9	9.5 [*]	11.5 ^{**}	3.3 ^{**}
	C2 (Nm)	0.38	0.55 ^{***}	0.51 ^{**}	0.39
	C1-C2 (Nm)	0.73	0.60 ^{**}	0.60 ^{**}	0.70 [*]
	α (Nm min ⁻¹)	-0.09	-0.11	-0.13 ^{**}	-0.06 ^{**}
Associated with starch	C3 (Nm)	1.79	1.44 ^{***}	1.92 ^{**}	1.93 ^{**}
	C4 (Nm)	1.42	1.19	1.70 [*]	1.03 ^{**}
	C5 (Nm)	2.24	1.88	2.33	1.69 [*]
	C3-C2 (Nm)	1.42	0.89 ^{***}	1.42	1.54 ^{**}
	C3-C4 (Nm)	0.37	0.25	0.22	0.91 ^{**}
	D2 (°C)	51.4	49.4 ^{***}	49.5 ^{***}	53.5 ^{***}
	D3 (°C)	73.1	69.6 ^{**}	71.9	74.6
	β (Nm min ⁻¹)	0.59	0.34 ^{**}	0.50	0.48
	γ (Nm min ⁻¹)	-0.05	-0.06	-0.04	-0.15 ^{***}

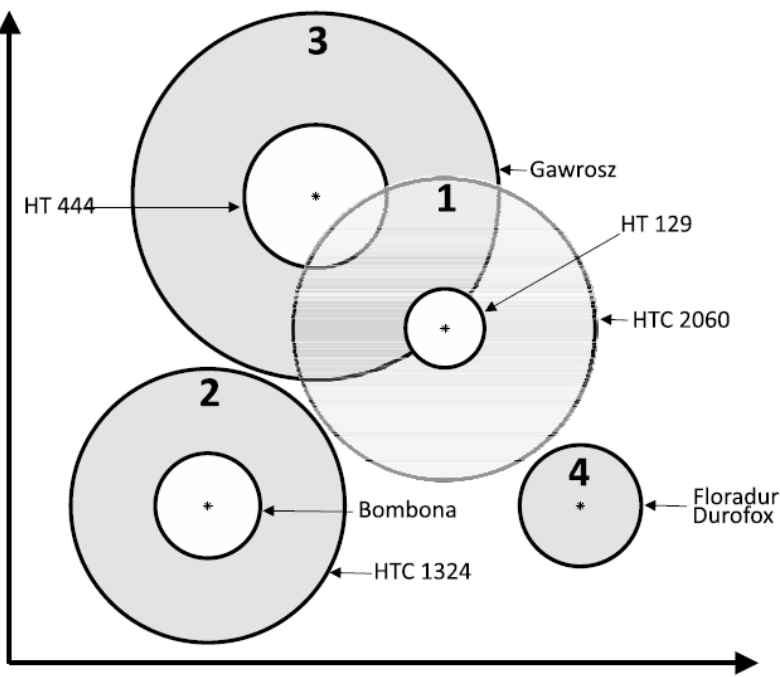
Wabs – water absorption; T1 – dough development time; C2, C1-C2 – protein weakening; α - indicator of protein weakening; D2, D3 – initial and final temperature of starch gelatinization, respectively; C3, C3-C2 – starch gelatinization; C4, C3-C4 – amylolytic activity; C5 – starch retrogradation; β - starching speed; γ - enzymatic degradation; *, **, *** - difference between the value for cultivar (-s) and the mean for Tritordeum lines significant at p<0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

Właściwości chleba otrzymanego z ziarna badanych zbóż

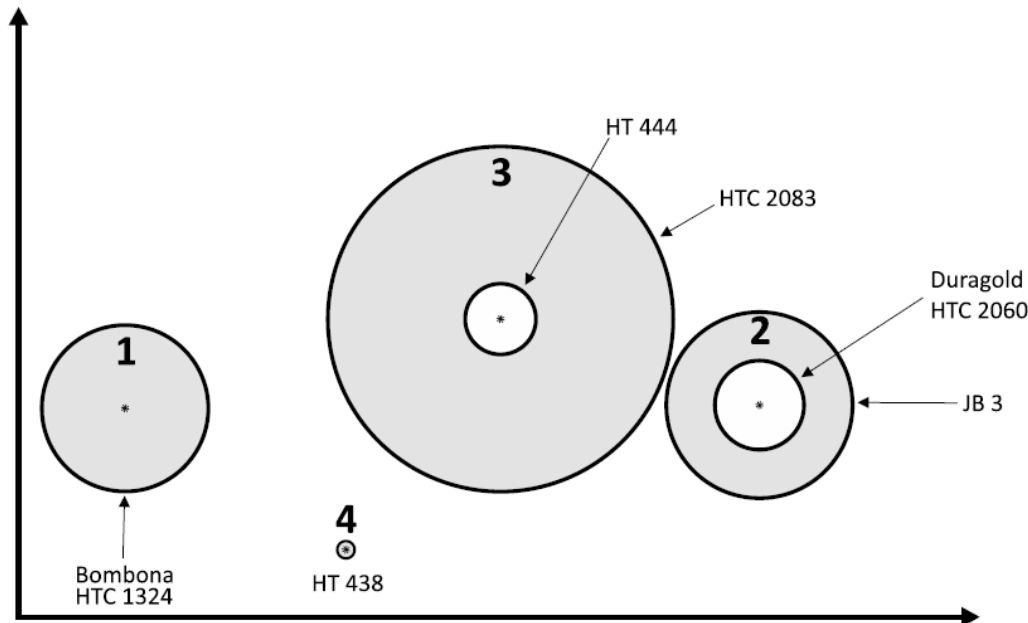
Parameter	Tritordeum (n=11)	<i>T. durum</i> (n=2)	<i>T. aestivum</i> cv. Bombona	<i>H. sativum</i> cv. Gawrosz	
Bread	BY	138.97	141.95**	133.95***	141.0*
	V100g	286.61	414.70***	419.72***	223.3**
	H	19.66	9.07***	12.43**	26.7**
	ACR	15.05	14.71	21.87**	15.8
	L_{CRUMB}	70.85	74.60**	73.65*	66.1**
	a_{CRUMB}	-1.71	-2.48**	-1.66***	-2.02
	b_{CRUMB}	26.50	27.37	19.53**	35.74***
	L_{CRUST}	51.53	36.31***	44.68***	53.0
	a_{CRUST}	14.31	13.31**	15.17**	12.91***
	b_{CRUST}	30.24	14.95***	24.32***	32.03

BY – bread yield; V100g – loaf volume per 100 g of bread; H – crumb hardness; **ACR** – acrylamide content; L^* , a^* , b^* - crumb color_(CRUMB) and crust color_(CRUST) (L^* – lightness, a^* – green-red coordinate, b^* –blue-yellow coordinate) ; *, **, ***- difference relative to Tritordeum lines significant at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

Graficzna interpretacja wyników analizy metodą k-średnich. Długość promieni klastrów (1...4) i odległości między punktami danych a centroidami są w tej samej skali.



22 cechy związane z jakością ziarna, mąki i właściwościami reologicznymi ciasta.



20 cech związanych z jakością przemiałową i wypiekową badanych linii i odmian



Bombona

Duragold

Floradur

Gawrosz

HT440



HT129

HTC2060

HT157

HT352

JB3



HT438

HTC1324

HT444

HTC2083

HTC2083a

Wnioski

- Ziarno Tritordeum było podobne do pszenicy chlebowej pod względem zawartością białka, popiołu i glutenu, przy znacznie niższym indeksie glutenu.
- Wydajność chleba była najwyższa dla mąki z pszenicy durum i najniższa dla mąki z pszenicy chlebowej i jęczmiennej. Dla Tritordeum wynosiła 133–141 %.
- Linie hodowlane HT438 i HTC1324 były bardzo podobne do pszenicy chlebowej pod względem wszystkich właściwości reologicznych ciasta, jakości przemiałowej i wypiekowej - stanowią cenny surowiec do produkcji chleba.
- Chociaż Tritordeum charakteryzowało się podobną średnią zawartością asparaginy jak pszenica zwyczajna (185 vs 188 mg/kg), chleb z niego uzyskany miał znacznie niższą zawartość akrylamidu (15 vs 21.9 µg/kg).



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

International Journal of Food Microbiology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijfoodmicro



Mycotoxin profiles and plumpness of Tritordeum grain after artificial spike inoculation with *Fusarium culmorum* W.G. Smith

Elżbieta Suchowilska^a, Marian Wiwart^{a,*}, Michael Sulyok^b, Wolfgang Kandler^b,
Rudolf Krska^{b,c}





^a Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, pl. Łódzki 3, 10-727 Olsztyn, Poland

^b University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Department of Agrobiotechnology (IFA-Tulln), Institute of Bioanalytics and Agro-Metabolomics, Konrad-Lorenz-Strasse 20, 3430 Tulln an der Donau, Austria

^c Institute for Global Food Security, School of Biological Sciences, Queen's University Belfast, University Road, Belfast BT7 1NN, Northern Ireland, United Kingdom



Waga kłosa (SW)_(g), waga ziarna z kłosa (KWS)_(g), liczba ziaren w kłosie (KNS) i waga jednego ziarniaka (OKW)_(mg) w warunkach kontroli (C) i po inokulacji *F. culmorum* (I) u badanych zbóż (średnie dla dwóch lat badań)

Trait	Tritordeum (n=11)		<i>T. durum</i> (n=2)		<i>H. sativum</i> var. <i>nudum</i> (n=1)		Total (n=14)	
	C	I	C	I	C	I	C	I
SW	1.67	1.37*	2.29	1.32*	1.25	1.15	1.77	1.35**
	18%		42%		8%		23%	
KWS	1.29	0.93**	1.60	0.75*	0.97	0.89	1.34	0.90**
	28%		53%		8%		33%	
KNS	37.37	31.93	38.28	23.87*	22.15	21.73	37.51	30.05*
	15%		38%		2%		18%	
OKW	34.14	28.80**	41.91	31.37*	43.9	41.07	35.34	30.04**
	16%		25%		6%		17%	

Średnie stężenia ($\mu\text{g kg}^{-1}$) dziewięciu głównych trichotecenów i trzech alternariotoksyn zidentyfikowanych w ziarnie roślin kontrolnych (C) i po inokulacji *F. culmorum* (I) (średnie dla dwóch lat badań)

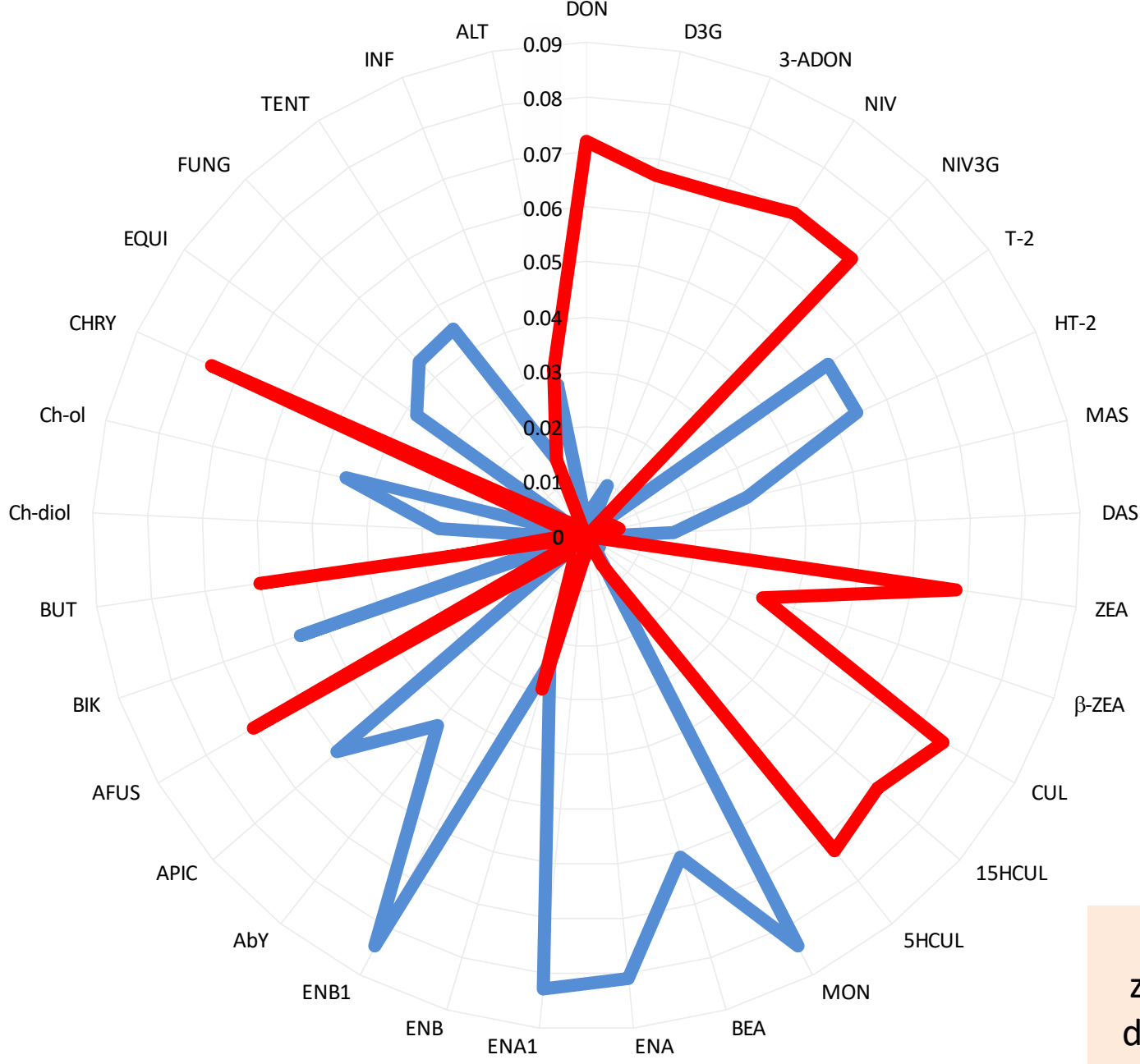
Toxin	Tritordeum (n=11)		<i>T. durum</i> (n=2)		<i>H. sativum</i> var. <i>nudum</i> (n=1)		
	C	I	C	I	C	I	
Main trichothecenes	DON	334	6 425**	212	15 204	1	4 200**
	D3G	64	851**	64	827	1	1714**
	3-ADON	5	186**	2	415	2	436**
	NIV	116	1949*	75	5139	8	649**
	NIV3G	18	464**	1	673	1	199**
	T-2	2	2	11	<LOD	<LOD	<LOD
	HT-2	12.1	15.7	47.1	3.4	0.7	20.0
	MAS	4.6	5.7	2.0	3.9	3.3	2.4
	DAS	3.1	3.5	8.4	0.7	7.8	20.4
Σ	558	9 902**	421	22 267**	24	3 042**	
Alternaria toxins	TENT	5	3	5	3	1	<LOD
	INF	759	481	466	192	244	121**
	ALT	219	23	448	17	33	1**
	Σ	982	507	918	212	279	122

Średnie stężenia ($\mu\text{g kg}^{-1}$) pozostałych trichotecenów zidentyfikowanych w ziarnie roślin kontrolnych (C) i po inokulacji *F. culmorum* (I) (średnie dla dwóch lat badań)

Toxin		Tritordeum (n=11)		<i>T. durum</i> (n=2)		<i>H. sativum var. nudum</i> (n=1)	
		C	I	C	I	C	I
Other <i>Fusarium</i> toxins	ZEA	6	224**	19	1225	<LOD	266
	β -ZEA	2	12	2	27	2	2
	CUL	596	9 126**	307	17 742	9	8 551
	15HCUL	305	1 229**	165	24 251	3	11 643
	5HCUL	170	4 755**	81	10 542	5	3 175
	MON	535	339	1 940	977	41	18
	BEA	10	3	19	8	1	<LOD
	ENA	7	3	15	3	1	<LOD
	ENA1	76	38	211	56	14	7
	ENB	327	863	828	1 853	301	196
	ENB1	420	279	1 100	535	107	53
	APIC	14	5	67	15	7	<LOD
	AFUS	538	10 579**	4 216	39 239	38	4 195
	BIK	6	3	50	17	2	<LOD
	BUT	130	1 129	177	2 395	11	1444
	Ch-diol	2	<LOD	59	10	<LOD	<LOD
	Ch-ol	25	2	467	106	<LOD	<LOD
	CHRY	37	531**	88	1 565	18	683
	EQUI	47	22	203	7	3	2
	Σ	3 250	40 207**	10 013	100 571**	563	30 235**

Suma wszystkich zidentyfikowanych miktoksyn ($\mu\text{g kg}^{-1}$) w ziarnie roślin kontrolnych (C) i po inokulacji *F. culmorum* (I)

Tritordeum (n=11)		<i>T. durum</i> (n=2)		<i>H. sativum</i> var. <i>nudum</i> (n=1)	
C	I	C	I	C	I
4790	50 615	11 353	123 049	865	3 398



Wkład poszczególnych zmiennych (mykotoksyn) do pierwszych dwóch PCs (PC1 i PC2).

PC 1 (inoculation with *F. culmorum*) PC 2 (non-inoculated control)

Wnioski

Inokulacja *F. culmorum* spowodowała u Tritordeum znaczny spadek masy i liczby ziaren z kłosa, - najsilniej na inokulację zareagowała pszenica durum, zwłaszcza pod względem masy ziarna z kłosa

Inokulacja Tritordeum spowodowała ponad 17-krotny wzrost całkowitego stężenia głównych trichotecenów i ponad 12-krotny pozostałych fuzariotoksyn. U pszenicy durum wzrost tych stężeń był odpowiednio blisko 53-krotny i ponad 10-krotny.

PCA wykonana dla wszystkich metabolitów grzybowych umożliwiła silną dyskryminację ziarna kontrolnego i po inokulacji, a wynik umożliwił wyodrębnienie dwóch grup linii Tritordeum o odmiennych profilach mikotoksyn. Pierwsza grupa (pięć linii) przejawiała większe podobieństwo do jęczmienia nagiego, druga (sześć linii) wykazywała większe podobieństwo do pszenicy durum.


PODSUMOWANIE

Ziarno Tritordeum posiada bardzo wysoką wartość odżywczą (białko, karotenoidy, związki fenolowe), przewyższając po tym względem pszenicę durum i pszenicę zwyczajną

Ziarno Tritordeum zawiera istotnie większe ilości magnezu, cynku, miedzi, manganu i boru niż współczesne odmiany pszenicy durum

Mąka z Tritordeum posiada co najmniej zadowalającą a w przypadku niektórych linii wysoką jakość technologiczną stanowiąc wartościowy surowiec do wypieku chleba

Ziarno Tritordeum po inokulacji kłosów *F. culmorum* zawiera istotnie mniejsze ilości mikotoksyn (głównie trichotecenów B) niż współczesne intensywne odmiany pszenicy durum

A close-up photograph of a wheat field. The wheat stalks are golden-brown and have long, thin awns. The background shows a blue sky with scattered white clouds. A central text box is overlaid on the image.

Dziękuję za uwagę