

<https://doi.org/10.61308/GXXL9999>

Влияние на различни предшественици върху качеството на зърното от твърда пшеница в условията на биологично земеделие

Красимира Танева*

Институт по полски култури – Чирпан, 6200

Селскостопанска академия - София

*E-mail: krasimira.taneva@abv.bg

Красимира Танева: <https://orcid.org/0000-0001-6554-7435>

Резюме: Опитът е проведен върху почвен тип излужена смолница в опитното поле на Институт по полски култури – гр. Чирпан в периода 2020 – 2023 г. Целта на настоящето изследване е да се установи влиянието на различни предшественици върху качеството на зърното на твърда пшеница, отглеждана при условията на биологично земеделие в района на гр. Чирпан. Изследвани са някои показатели, свързани с качеството на зърно от твърда пшеница – съдържание на суров протеин, съдържание на мокър глютен, стъкловидност, хектолитрова маса, съдържание на жълти пигменти. Чрез анализа на варианса е установено доказано влияние на предшественика, годината на отглеждане и взаимодействието между двата фактора върху варирането на всички изследвани признаци. Значително е влиянието на годината във варирането на признаците: съдържание на протеин в зърното (79.99%) и съдържание на мокър глютен в зърното (88.02%). Установено е влиянието на различни предшественици върху изследваните показатели, свързани с качеството на зърното. Експериментът е проведен със сорт Сая. Средно за периода на изследване при конкретните агроекологични условия, най-високо съдържание на протеин в зърното е установено за твърдата пшеница след предшественик грах (11,9% с.в.) и след предшественик слънчоглед (11,7% с.в.), а след предшественик памук е установена по-ниска стойност (11,3% с.в.) по този показател. Съдържанието на мокър глютен след предшественици грах и слънчоглед (22,7% с.в.) е по-високо в сравнение със съдържанието на мокър глютен след предшественик памук (21,1% с.в.). Средно за периода на изследване най-високо съдържание на жълти пигменти е установено за твърдата пшеница след предшественик памук (19,26 b*), следвана от тази след слънчоглед (18,86 b*) и с най-ниско съдържание на жълти пигменти е варианта след грах (18,51 b*).

Ключови думи: твърда пшеница; качество; биологично земеделие; протеин; стъкловидност; анализ на варианса

Influence of various predecessors on the grain quality of durum wheat under organic farming conditions

Krasimira Taneva*

Institute of Field Crops – Chirpan, 6200

Agricultural academy - Sofia, Bulgaria

*E-mail: krasimira.taneva@abv.bg

Krasimira Taneva: <https://orcid.org/0000-0001-6554-7435>

Citation: Taneva, K. (2025). Influence of various predecessors on the grain quality of durum wheat under organic farming conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(2) 86-95 (Bg).

Abstract: The experiment was conducted on a soil type Pellic Vertisols in the experimental field of the Institute of Field Crops - Chirpan in the period 2020 - 2023. The aim of the present study is to determine the influence of various predecessors on the grain quality of durum wheat grown under the conditions of organic farming in the

region of Chirpan. Some indicators related to the quality of durum wheat grain were studied - protein content, wet gluten content, vitreousness, test weight, yellow pigments content. By the analysis of variance was found a proven influence of the predecessors, the year of cultivation and the interaction between the two factors on the variation of all the studied traits. The influence of the year of cultivation in the variation of the traits is significant: protein content of grain (79.99%) and wet gluten of grain (88.02%). The influence of various predecessors on the investigated parameters related to grain quality was established. The experiment was conducted with the Saya variety. Averaged over the study period under the specific agro-ecological conditions, the highest grain protein content was found for durum wheat after the predecessor pea (11.9% d.b.) and after the predecessor sunflower (11.7% d.b.) and after predecessor cotton, a lower value (11.3% d.b.) was found for this indicator. The wet gluten content of pea and sunflower predecessors (22.7% d.b.) was higher compared to the wet gluten content of cotton predecessor (21.1% d.b.). On average over the study period, the highest content of yellow pigments was found for durum wheat after predecessor cotton (19.26 b*), followed by that after sunflower (18.86 b*) and with the lowest content of yellow pigments was the variant after peas (18.51 b*).

Key words: durum wheat; quality; organic farming; protein content; vitreousness; analysis of variance.

ВЪВЕДЕНИЕ

Опазването на околната среда и изменение-то на климата са основни проблеми на съвременния свят. Нараства интереса към здравословното хранене и органичното земеделие, като практическа алтернатива за намаляване на вредното въздействие върху агроекосистемите при производството на твърда пшеница (Bevilacqua et al., 2007). Според световните експерти органичното земеделие е основен метод за борба с климатичните промени заради щадящия му природата ефект и по-добрата устойчивост на този тип системи. Основни предимства на биоземеделието са намаляването на негативния ефект от използването на синтетични торове, хербициди и пестициди и производството на екологично чиста растителна продукция (Smith-Spangler et al., 2012). Според Сакмаксі (2019), дългосрочното органично управление води до дълготрайни положителни промени в химичните и биологични свойства на почвата и има положителен ефект върху микробното разнообразие в нея.

Качеството и добива на твърдата пшеница се влияе от редица фактори: генотип, условия на отглеждане, почвена обработка, климатични фактори, азотно торене, влага, сеитбообръщение и фактори след прибиране на реколтата (Hellemans et al., 2018). Сортовете, създадени за конвенционално отглеждане не винаги

са подходящи за биологично земеделие. Те са селектирани при високо почвено плодородие, отглеждани са с високи дози синтетични торове, пестициди и хербициди, за да могат да достигнат максимален добив на зърно и протеиново съдържание (Mefleh et al., 2019; Zingale et al., 2023). Повишаването на добива и качеството на зърното от твърда пшеница, отглеждана в условията на биологично земеделие изисква включването и в сеитбооборот с други култури. Мястото, което заема културата в системата на сеитбообращението влияе върху физико-механичните, химичните и биохимични процеси, протичащи в почвата, и следователно върху количеството и качеството на получения добив от следващите в сеитбооборота култури. Според Arkova et al. (2019), редуването на културите е съпътствено със значителни промени в хранителния режим, в резултат на което могат да се очакват и различни добиви. Редица автори установяват, че бобовите са едни от най-добрите предшественици на твърдата пшеница в системата на сеитбооборота. Бобовите предшественици осигуряват по-добро снабдяване на почвата и растенията с азот и по-високо протеиново съдържание (Ruisi et al., 2017; Arkova et al., 2019; Toukabri et al., 2021). Количеството и качеството на протеина/ глутена са основен обект на много научни изследвания. Тези показатели силно се влияят от различни фактори. Ва-

жен фактор по време на наливане на зърното са високите температури (35-40 °C), които оказват влияние при натрупването на протеин в различните части на растенията (Zingale et al., 2023). Високото съдържание на протеин гарантира получаването на хомогенен грис, който спомага за еластичната, нелепкава и устойчива при варене структура на макаронените изделия (Padalino et al., 2014). Хектолитровата маса е общоприет индикатор за потенциала на смилане на зърното до брашно и грис от мелничарската индустрия, но се влияе силно от фактори, като влажност на пшеницата, плътност и форма на зърното, агрометеорологични условия на годините, сорт и начин на отглеждане (Wang & Fu, 2020; Angelova et al., 2023). Според Wang et al. (2021), масата на 1000 зърна е по-добър индикатор за млевен потенциал в сравнение с хектолитровата маса. Авторите докладват, че с намаляването на размера на зърната от големи до средни, добивите грис и общите добиви от смилането постепенно намаляват, а за най-дребните зърна установяват най-нисък добив грис. Висококачественото зърно трябва да притежава и висока стъкловидност. Стъкловидността на зърното и протеиновото съдържание са в силна взаимовръзка. Намаляването на количеството протеин може да има негативен ефект върху стъкловидността (Woźniak et al., 2014). Количеството на каротеноидите е основен естетически признак и източник на антиоксиданти (Eldahshan and Singab, 2013; Meena and Samal, 2019). Те допринасят за приятният жълт цвят на гриса и макаронените изделия. Каротеноидите са важен компонент от диетата на човека, тъй като β -каротена е прекурсор на витамин А (Toti et al., 2018), а лутеина и зеаксантина са свързани с превенцията на възрастовата макулна дегенерация и катаракта (Landrum and Bone, 2004).

Целта на настоящето изследване е да се установи влиянието на различни предшественици върху качеството на зърното на твърда пшеница сорт Сая, отглеждана при условията на биологично земеделие в района на гр. Чирпан.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Опитът е проведен върху почвен тип излужена смолница (Pellic Vertisols) на сертифицирано биологично поле на Институт по полски култури – гр. Чирпан в периода 2020 – 2023 г. Заложен е двуфакторен полски опит по блоков дизайн с големина на отчетната парцелка 10 m² в четири повторения. Проучени са следните фактори: фактор А – вегетационна година и фактор В – предшественик. Полският експеримент е проведен в сеитбооборот след грах, памук и слънчоглед. В зависимост от климатичните условия, непосредствено след прибиране на предшественика и освободената от растителни остатъци почва е дискована два – три пъти по диагонала с дискови брани (БДТ – 7) на дълбочина 8 – 12 cm. Сеитбата е извършена в оптималния за Южна България срок 1 – 10 ноември със сеитбена норма 550 кълняеми семена на m². Изпитван е сорт твърда пшеница Сая. Хектолитровата маса е определена по БДС EN ISO 7971-1:2009. Стъкловидността на зърното е определена съгласно стандарт БДС EN 15585:2008. Съдържанието на протеин в зърното е определено по метода на Келдал (N x 5,7) съгласно БДС EN ISO 20483: 2014, а на мокър глутен по БДС EN ISO 21415-2: 2008. Измерени са стойностите на жълтия цвят b* по кубичната цветова система CIE L*a*b*. Измерването е направено на зърно, посредством колориметър Minolta CR – 410. Колкото по-висока е стойността на b*, толкова по-голямо е количеството на каротеноидите. Колориметърът е калибриран със стандартна калибровъчна плоча. Получените резултати са обработени статистически чрез двуфакторен анализ на варианса (ANOVA) с помощта на програмата Statistica 13.0 (TIBCO, Software, 2018).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

През трите години на изследването температурните суми през вегетационния период на твърдата пшеница са по-високи в срав-

нение с многогодишния период (Таблица 1). Най-голяма разлика се наблюдава през месеците декември, януари и февруари. И за трите вегетационни години средноденонощните температури за тези месеци надвишават значително температурите за многогодишния период. За оптимално развитие на зърнените култури в района се изискват 280-380 mm валежи. За трите вегетационни години сумата на валежите е висока и отговаря на това изискване – 2020/21 – 529.3 mm, 2021/22 – 511 mm и 2022/23 – 467.3 mm. През третата вегетационна година сумата на валежите е малко по-ниска спрямо сумата на валежите за многогодишния период – 467.3 mm. През месеците май и юни температурата за 2020/21 година е близка до тази на многогодишния период. За същите месеци 2021/22 година температурата е малко по-висока спрямо многогодишната. Третата година се характеризира с по-малко паднали валежи спрямо многогодишната норма, а за първата и втората година на изследване количеството на валежите през тези месеци е около нормата. И трите вегета-

ционни години се характеризират с по-висока температура спрямо многогодишната норма и значително по-малко валежи за месец юли през втората и третата вегетационни години. Метеорологичните условия и през трите години на изследване са благоприятни за растежа и развитието на твърдата пшеница, а горещото и сухо време през юли спомага за навременно прибиране и добро качество на зърното.

Технологичното качество на твърдата пшеница може да варира в широки граници в зависимост от генотипа, метеорологичните условия, азотното торене, почвената влага, сеитбообръщението и взаимодействието между тези фактори (Gerba et al., 2013; Johansson et al., 2013; Hellemans et al., 2018).

В Таблица 2 са представени средните стойности на проучваните показатели свързани с качеството на зърното на сорт Сая през трите години на изследване. Показателите свързани с качеството на твърдата пшеница силно се влияят от условията на околната среда, като мястото на отглеждане, географската

Таблица 1. Метеорологична характеристика във връзка с растежа и развитието на твърдата пшеница в Институт по полски култури - Чирпан за 2020-2023 г.

Table 1. Meteorological characteristic in relation to the growth and development of durum wheat in Field Crops Institute - Chirpan for the 2020-2023 years

Месеци/Months	Средно денонощна температура на въздуха (°C)/ sum of Average monthly temperatures (°C)				Месечно количество валежи (mm)/ Monthly sum of precipitation (mm)			
	2020-2021	2021-2022	2022-2023	1928-2023	2020-2021	2021-2022	2022-2023	1928-2023
X	15.2	11.3	14.4	12.7	67.3	150.5	3.5	38.6
XI	6.6	7.9	10.1	7		14.2	46.9	47.3
XII	5.8	3.9	5.3	1.4	70.4	108.8	44.4	54.0
I	3.2	1.8	5.5	-0.2	108.6	21.4	120	44.3
II	4.5	4.2	6.6	1.7	25.8	40.1	0.2	37.7
III	5.2	4.2	8.5	5.7	39.1	22.4	34.4	37.0
IV	10.3	12.2	11.1	11.8	84.0	36.0	68.2	45.3
V	16.9	17.3	15.3	16.9	34.9	29.4	54.8	64.1
VI	20.6	22.0	20.9	20.7	42.8	80.5	69.5	65.4
VII	25.6	25.1	26.4	23.1	49.0	7.7	25.4	54.1
Сума/ Total	113.9	109.9	124.1	100.8	529.3	511	467.3	487.8
%	112.7	109	123.0	100	108.5	104.7	95.8	100

ширина и влагата оказват най-голямо въздействие (Ficco et al., 2019). Необходимостта от повишаване качеството на зърното изисква включването на твърдата пшеница в сеитбооборот с други култури. Основните признаци, свързани с качеството на твърдата пшеница са високо протеиново съдържание и силен глютен (Cecchini et al., 2021). За получаване на

висококачествени макаронени изделия се изискват минимум 12-15% съдържание на протеин (Padalino et al., 2014). Съдържанието на протеин в пшеничното зърно обикновено варира от 7% до 22% (Shewry, 2009), но най-често е между 10% и 15%.

Според данните в Таблица 2, съдържанието на протеин и мокър глютен в зърното варира

Таблица 2. Влияние на годините и предшествениците върху признаци свързани с качеството на твърда пшеница сорт Сая

Table 2. Influence of years and predecessors on traits related to the quality of durum wheat variety Saya

Години/ Years	Предшественици/ Predecessors	Признаци/ Traits				
		Съдържание на протеин в зърното, % с.в./ Protein content, % d.m	Съдържание на мокър глютен в зърното, % с.в./ Wet gluten content, % d.m	Съдържание на жълти пигменти, Minolta b*/ Yellow pigments content, Minolta b*	Хектолитрова маса, kg/hl/ Test weight, kg/hl	Съкловидност, %/ Vitreousness, %
2021	Грах/ Peas	11.30	19.8	18.16	73.5	36.2
	Памук/Cotton	10.80	18.8	18.94	71.4	37.4
	Слънчоглед/ Sunflower	11.00	19.5	18.82	71.6	29.4
2022	Грах/Peas	12.60	25.6	18.94	74.0	50.0
	Памук/Cotton	11.90	23.2	19.62	73.8	48.6
	Слънчоглед/ Sunflower	12.50	25.1	18.72	74.4	39.6
2023	Грах/Peas	11.90	22.8	18.43	73.7	45.4
	Памук/Cotton	11.30	21.4	19.34	72.7	39.8
	Слънчоглед/ Sunflower	11.70	23.4	18.92	73.1	38.0

Таблица 3. Влияние на предшествениците върху признаци свързани с качеството на твърда пшеница сорт Сая

Table 3. Influence of predecessors on traits related to the quality of durum wheat variety Saya

Предшественици/ Predecessors	Съдържание на протеин в зърното, % с.в./ Protein content, % d.m	Съдържание на мокър глютен в зърното, % с.в./ Wet gluten content, % d.m	Съдържание на жълти пигменти, Minolta b*/ Yellow pigments content, Minolta b*	Хектолитрова маса, kg/hl/ Test weight, kg/hl	Съкловидност, %/ Vitreousness, %
Грах/Peas	11.9	22.7	18.51	73.7	43.9
Памук/Cotton	11.3	21.1	19.30	72.6	41.0
Слънчоглед/ Sunflower	11.7	22.7	18.82	73.0	35.7

в зависимост от предшественика. Най-ниски стойности по тези показатели са установени през първата вегетационна година, а най-високи през втората. И през трите години на изследване най-високи стойности за признака съдържание на протеин в зърното са установени за сорт Сая отглеждан след предшественик грах (11.3%, 12.6%, 11.9% с.в.), следван от слънчоглед (11.0%, 12.5%, 11.7% с.в.) и памук (10.8%, 11.9%, 11.3% с.в.). По отношение на съдържанието на мокър gluten в зърното стойностите по този показател след предшественици грах и слънчоглед са близки. Най-висока стойност е установена за сорт Сая след предшественик грах (19.8%, 25.6%, 22.8% с.в.), следван от слънчоглед (19.5%, 25.1%, 23.4% с.в.) и памук (18.8%, 23.2%, 21.4% с.в.).

Средно за трите години на изследване близки стойности и по двата изследвани признака са установени за твърдата пшеница след предшественици грах и слънчоглед (Таблица 3).

Съдържанието на протеин и мокър gluten след двата предшественика е почти еднакво – 11.9 и 11.7% с.в. протеин и съответно 22.7% с.в. мокър gluten. Най-ниско е съдържанието на протеин и мокър gluten след предшественик памук (11.3% и 21.1% с.в.). Fagnano et al. (2012), докладват подобни резултати. Според авторите съдържанието на протеин, мокър gluten и качеството на зърното намаляват в условията на биологично земеделие. Въпреки това, изборът на адаптивен генотип може да доведе до задоволителни резултати, дори в условията на биологично земеделие. Те препоръчват редуване на твърда пшеница с бобови култури, за да се гарантира, че необходимият азот е наличен при устойчиви разходи. По-ниски стойности на протеин и мокър gluten в условията на биологично земеделие установяват Fares et al. (2019). Според авторите, подобряване на технологичните качествени характеристики на зърното в условията на биологично земеделие може да се постигне с подходящо торене с органичен N.

Според данните в Таблица 2 съдържанието жълти пигменти в зърното варира в зависимост от предшественика. И през трите години

на изследване най-високи стойности за признака съдържание на жълти пигменти в зърното (b^*) са установени за сорт Сая отглеждан след предшественик памук (18.94; 19.62; 19.34 b^*), следван от слънчоглед (18.82; 18.72; 18.92 b^*) и грах (18.16; 18.94; 18.43 b^*). Средно за трите години на изследване (Таблица 3) най-високи стойности по този признак са установени след предшественик памук (19.30 b^*), следван от слънчоглед (18.82 b^*) и грах (18.51 b^*). Втората вегетационна година се характеризира с по-високи стойности по този показател. Механизмът за варирането в концентрацията на жълтите пигменти не е добре изяснен. Значение за варирането оказват и генотипа и условията на средата. Според редица автори съдържанието на жълти пигменти е по-скоро генетично детерминиран признак, тъй като влиянието на генотипа е значително по-голямо от влиянието на околната среда (Longin et al., 2013; Martini et al., 2015). Според Ficco et al. (2014), стойностите на цветовия параметър b^* (система CIELAB), свързани с жълтото могат да бъдат точно оценени въз основа на метеорологични променливи, като валежи, средна температура и броя на топлиите дни. Необходими са допълнителни изследвания за да се установи променливите в коя конкретна среда са отговорни за варирането в концентрацията на жълтите пигменти.

Качествената в млевно отношение пшеница се характеризира с едро, продълговато и стъкловидно зърно. Хектолитровата маса, независимо от противоречивите становища, е общоприетият класификационен косвен показател за млевно качество в международната и националните търговски спецификации на твърдата пшеница (Petrova, 2013). Най-висока стойност за втората и третата вегетационни години по признака хектолитрова маса е установен за сорт Сая след предшественик грах (74.0 и 73.7 kg/hl) и след слънчоглед през втората вегетационна година (74.4 kg/hl) (Таблица 2). Средно за трите години на изследване най-висока хектолитрова маса е установена след предшественик грах (73.7 kg/hl), следван от слънчоглед (73.0 kg/hl) и памук

(72.6 kg/hl). Физичните зърнени показатели са силно изменчиви в отговор на условията на средата през отделните реколтни години. В зависимост от сорта, годината и произхода на пшеницата хектолитровата маса варира в границите от 72-86 kg/hl (с желателни стойности над 77-78 kg/hl) (Seibel & Sievert, 1997). По-ниските стойности, установени в нашето изследване по този признак, вероятно се дължат на условията на годините.

За всички години на това изследване са установени изключително ниски стойности по показателя стъкловидност на зърното (Таблица 2). През втората и третата вегетационни години най-високи стойности по признака стъкловидност на зърното са установени след предшественик грах (50 и 45.4%), а през първата година след памук (37.4%). Средно за трите вегетационни години (Таблица 3) с най-висока стъкловидност се характеризира сорт Сая след предшественик грах (43.9%), следван от памук (41.0%) и слънчоглед (35.7%). Според Woźniak et al. (2014), съществува силна положителна корелация между показатели-

те съдържание на протеин и стъкловидност. Следователно намаляването на съдържанието на протеин в зърното може да повлияе отрицателно върху стъкловидността. Възможно е ниските стойности по показателите съдържание на протеин, мокър gluten и стъкловидност в условията на биологично земеделие да се дължат на дефицит на азот в почвата. Редица автори препоръчват редуване на твърдата пшеница с бобови култури (Monti et al., 2019). Известен факт е, че азотното торене повишава съдържанието на протеин, мокър gluten и стъкловидността на зърното. Abera et al. (2020) докладват увеличение на стъкловидността с увеличаване на азотната торова норма. В условията на биологично земеделие добра стратегия може да бъде увеличаването на количеството азот, прилагано с органични торове за да се компенсира азотния дефицит в органичната твърда пшеница.

В Таблица 4 са представени резултатите от двуфакторния анализ на варианса за влиянието на годините и предшествениците върху варирането на показатели свързани с качество-

Таблица 4. Анализ на варианса на признаци свързани с качеството на зърно от твърда пшеница сорт Сая
Table 4. Analysis of the variance of traits related to the quality of grain of durum wheat variety Sая

Признаци/ Traits	Източник на вариране, % от общото вариране/ Source of variation, % of total variation								
	Години Фактор А/ Years, Factor A			Предшественици Фактор В/ Predecessors, Factor B			Взаимодействие А+В/ Interaction A+B		
	SS	MS	η^2 %	SS	MS	η^2 %	SS	MS	η^2 %
Съдържание на протеин/ Protein content	9.765	4.883***	79.99	2.085	1.042***	17.08	0.17	0.043***	1.39
Съдържание на мокър gluten/ Wet gluten content	170.18	85.09***	88.02	19.02	9.51***	9.84	3.95	0.99***	2.04
Съдържание на жълти пигменти/ Yellow pigments content	1.24	0.62***	19.97	3.38	1.69***	54.43	1.45	0.36**	23.35
Хектолитрова маса/ Test weight	22.3	11.1***	61.26	7.5	3.8***	20.60	6.4	1.6***	17.58
Стъкловидност/ Vitreousness	832.04	416.02***	61.31	441.0	220.5***	32.5	81.88	20.47***	6.03

*** Significant at $p < 0.001$, ** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$ ns – not significant

то на зърно от твърда пшеница сорт Сая в условията на биологично земеделие.

Според анализа на варианса върху варирането на изучаваните признаци достоверно влияние оказват предшествениците, годините на отглеждане и взаимодействието между тях. Варирането на признаците съдържание на протеин (79.99%), мокър глютен (88.02%), хектолитрова маса (61.26%) и стъкловидност (61.31%) се определя в най-голяма степен от условията на годината (фактор А), докато варирането на съдържанието на жълти пигменти (54.43%) – от предшественика (фактор В). Guzman et al. (2016), докладват намаляване на стойностите на протеина в резултат на факторите на средата, като високи температури и суша. Според Sieber et al. (2015) варирането на показателя хектолитрова маса се дължи най-вече на факторите на средата. Martinez-Pena et al. (2023) установяват, че средата е основния фактор, обясняващ варирането на признаците: съдържание на протеин и мокър глютен, хектолитрова маса и стъкловидност. Според Robinson et al. (1979), стъкловидността силно се влияе от условията на средата – основно от количествата на азот и наличие на вода, като повишаването на влажността води до намаляване на процента на стъкловидните зърна и почерняването им.

Значително е влиянието на предшествениците върху варирането на стъкловидността (32.5%), докато значението на предшествениците във варирането на признаците съдържание на протеин (17.08%) и съдържание на мокър глютен (9.84%) е по-малко в сравнение с ефекта на годините.

Влиянието на взаимодействието на фактори А+В за признака съдържание на жълти пигменти (23.35%) върху варирането на признака е по-голямо от влиянието на годината (19.97%). Влиянието на взаимодействието на фактори А+В върху варирането на признаците: съдържание на протеин (1.39%), съдържание на мокър глютен (2.04%) и стъкловидност (6.03%) е значително по-малко в сравнение с ефекта на годините и ефекта на предшествениците по отношение на тези признаци.

ИЗВОДИ

Средно за трите години на изследване, най-добър предшественик в условията на биологично земеделие при агроекологичните условия в района за признаците: съдържание на протеин (11.9 % с.в.), съдържание на мокър глютен (22.7% с.в.), хектолитрова маса (73.7 kg/hl) и стъкловидност (43.9%) е грахът, следван от слънчоглед и памук. Най-добър предшественик за признака съдържание на жълти пигменти в зърното средно за периода на изследване е памукът (19.26 b*).

Добра стратегия за повишаване на качеството на зърното в условията на биологично земеделие е комбинирането на добър предшественик (грах) с използване на органичен тор и подбор на адаптивен генотип твърда пшеница.

Доказано е достоверно влияние на годините, предшествениците и взаимодействието между тях върху варирането на всички изследвани признаци. Установено е най-голямо значение на годината във варирането на признаците: съдържание на протеин (79.99%), мокър глютен (88.02%), хектолитрова маса (61.26%), стъкловидност (61.31%) и на предшествениците за признака съдържание на жълти пигменти (54.43%).

Благодарности

Изследването е представено на юбилейната научна конференция с международно участие „Устойчиво и конкурентноспособно земеделие в условията на глобални климатични промени“, проведена на 03-04 септември 2024 г. в Института по царевицата – Кнежа, България.

ЛИТЕРАТУРА

Abera, D., Tana, T. & Dessalegn, T. (2020). Effect of blended NSPB fertilizer rate on yield and grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) varieties in Minijar Shenkora District, Central Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Science*, 30 (3), 57–76.

- Angelova, T., Dimitrov, E., Uhr, Z., Vida, G. & Bozadzhiev, B. (2023). Evaluation of Yield and Technological Qualities of Hungarian Common Winter Wheat Varieties in Central Southern Bulgaria. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 26 (2), 181-203.
- Arkova, Zh. A., Usova, G. S., Babkov, S. V., & Arkov, K. A. (2019). Study of the characteristics of growing spring durum wheat in the conditions of the Tambov region. *Technologies of the food and processing industry APK - healthy food products*, 2 (28), 22-28.
- Bevilacqua, M., Braglia, M., Carmigliani, G., & Zam-mori, F. A. (2007). Life cycle assessment of pasta production in Italy. *Journal of Food Quality*, 30, 932-952.
- Çakmakçı, R. (2019). Effects of organic versus conventional management on bacterial population and pH in tea orchards soils. In *Proceedings of the 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition, Healthy Life & Sport*, Ankara, Turkey, 2-6 October 2019; Karaman, M.R., Erdogan Orhan, I., Zorba, E., Konar, N., Eds.; Natural: Ankara, Turkey, 231-239.
- Cecchini, C., Bresciani, A., Menesatti, P., Pagani, M. A. & Marti, A. (2021). Assessing the Rheological Properties of Durum Wheat Semolina: A Review. *Foods*, 10, 2947. <https://doi.org/10.3390/foods10122947>
- Eldahshan, O. A., & Singab, A. N. B. (2013). Carotenoids. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 2 (1), pp. 225-234.
- Fagnano, M., Fiorentino, N., D'Egidio, M.G., Quaranta, F., Ritieni, A., Ferracane, R. & Raimondi, G. (2012). Durum wheat in conventional and organic farming: Yield amount and pasta quality in Southern Italy. *The Scientific World Journal*, Article ID 973058, 9 pages doi:10.1100/2012/973058.
- Fares, C., Menga, V., Codianni, P., Russo, M., Perrone, D., Suriano, S., Savino, M. & Rascio, A. (2019). Phenolic acids variability and grain quality of organically and conventionally fertilised old wheats under a warm climate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 4615-4623.
- Ficco, D. B. M., De Simone, V., Colecchia, S. A., Pecorella, I., Platani, C., Nigro, F., Finocchiaro, F., Papa, R., & De Vita, P. (2014). Genetic Variability in Anthocyanin Composition and Nutritional Properties of Blue, Purple, and Red Bread (*Triticum aestivum* L.) and Durum (*Triticum turgidum* L. ssp. *turgidum* convar. durum) Wheats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 8686-8695.
- Ficco, D.B.M., Prandi, B., Amaretti, A., Anfelli, I., Leonardi, A., Raimondi, S., Pecchioni, N., De Vita, P., Faccini, A., Sforza, S. & Rossi, M. (2019). Comparison of gluten peptides and potential prebiotic carbohydrates in old and modern *Triticum turgidum* ssp. genotypes. *Food Research International*, 120, 568-576. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.11.007
- Gerba L., Getachew, B., & Walelign, W. (2013). Nitrogen fertilization effects on grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) varieties in central Ethiopia. *Agricultural science*, 4 (3), 123-130. 10.4236/as.2013.43019
- Guzman, C., Mondal, S., Govindan, V., Autrique, J.E., Posadas-Romano, G., Cervantes, F., Crossa, J., Vargas, M., Singh, R.P. & Pena, R.J. (2016). Use of rapid tests to predict quality traits of CIMMYT bread wheat genotypes grown under different environments. *LWT - Food Science and Technology*, 69: 327-333. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.068>
- Helleman, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Haesaert, G. (2018). Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 2491-2509.
- Johansson, E., Malik, A.H., Hussain, A., Rasheed, F., Newson, W.R., Plivelic, T., Hedenqvist, M.S., Gällstedt, M., & Kuktaite, R. (2013). Wheat gluten polymer structures: The impact of genotype, environment, and processing on their functionality in various applications. *Cereal Chemistry*, 90, 367-376.
- Landrum, J. T., & Bone, R. A. (2004). Dietary lutein and zeaxanthin: reducing the risk for macular degeneration. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 15:22-25.
- Longin, C. F. H., Sieber, A. N. & Reif, J. C. (2013). Combining frost tolerance, high grain yield and good pasta quality in durum wheat. *Plant Breeding*, 132, 353-358.
- Martini, D., Taddei, F., Ciccoritti, R., Pasquini, M., Nicoletti, I., Corradini, D. & D'Egidio, M.G. (2015). Variation of total antioxidant activity and of phenolic acid, total phenolics and yellow coloured pigments in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) as a function of genotype, crop year and growing area. *Journal of Cereal Science*, 65, 175-185.
- Martinez-Pena, R., Rezzouk, F.Z., Diez-Fraile, M.C., Nieto-Taladriz, M.T., Araus, J.L., Aparicio, N. & Vicente, R. (2023). Genotype-by-environment interaction for grain yield and quality traits in durum wheat: Identification of ideotypes adapted to the Spanish region of Castile and Leon. *European Journal of Agronomy*, 151, 126951. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126951>
- Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G. & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 2059-2067.
- Meena, M., & Samal, S. (2019). *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: an overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicology Reports*, 6, 745-758. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.06.021>
- Monti, M., Pellicano, A., Pristeri, A., Badagliacca, G., Preiti, G. & Gelsomino, A. (2019). Cereal/grain

- legume intercropping in rotation with durum wheat in crop/ livestock production systems for Mediterranean farming system. *Field Crops Research*, 240, 23–33.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Contò, F., & De Nobile, M. A.** (2014). Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (11), 2196–2204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6537>
- Petrova, I.** (2013). Commercial classification and standardization of durum wheat in the world. *Agricultural Science*, 46 (2): 3–14.
- Robinson, F. E., Cudney, D. W., & Lehman, W. F.** (1979). Nitrate fertilizer timing, irrigation, protein and yellow berry in durum wheat. *Agronomy Journal*, 71 (2), 304–608.
- Ruisi, P., Amato, G., Badagliacca, G., Frenda, A. S., Giambalvo, D., & Di Miceli, G.** (2017). Agro-ecological benefits of faba bean for rainfed Mediterranean cropping systems. *Italian Journal of Agronomy*, 12, 233–245.
- Siebel, W. & Sievert, D.** (1997). International Durumweizensituation in der Getreidewirtschaftsjahren 1994/1995 und 1995/1996. *Getreide Mehl und Brot*, 38: 10–15.
- Shewry, P. R.** (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60 (6), 1537–1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
- Sieber, A. N., Würschum, T. & Longin, C. F. H.** (2015). Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 61: 71–77.
- Smith-Spangler, C., Brandeau, M. L., Hunter, G. E., Bavinger, J. C., Pearson, M., Eschbach, P. J., Sundaram, V., Liu, H., Schirmer, P., Stave, C., Olkin, I. & Bravata, D. M.** (2012). Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? A systematic review. *Annals of Internal Medicine*, 157 (5), 348–366. doi: 10.7326/0003-4819-157-5-201209040-00007
- Toti, E., Chen, C.Y.O., Palmery, M., Valencia, D.V. & Peluso, I.** (2018). Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition? *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Article 4637861, 10.1155/2018/4637861
- Toukabri, W., Ferchichi, N., Hlel, D., Jadlaoui, M., Kheriji, O., Zribi, F., Taamalli, W., Mhamdi, R. & Trabelsi, D.** (2021). Improvements of Durum Wheat Main Crop in Weed Control, Productivity and Grain Quality through the Inclusion of Fenu Greek and Clover as Companion Plants: Effect of N Fertilization Regime. *Agronomy*, 11 (1), 78. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010078>
- Wang, K. & Fu, B. X.** (2020). Inter-Relationships between Test Weight, Thousand-Kernel Weight, Kernel Size Distribution and Their Effects on Durum Wheat Milling, Semolina Composition and Pasta Processing Quality. *Foods*, 9 (9), 1308. <https://doi.org/10.3390/foods9091308>
- Wang, K., Taylor, D., Chen, Y., Suchy, J. & Fu, B. X.** (2021). Effect of Kernel Size and Its Potential Interaction with Genotype on Key Quality Traits of Durum Wheat. *Foods*, 10 (12), 2992. <https://doi.org/10.3390/foods10122992>
- Woźniak, A., Makarski, B. & Tępniewska, A.** (2014). Effect of tillage system and previous crop on grain yield, grain quality and weed infestation of durum wheat. *Romanian Agricultural Research*, 31, 129–137. Available online: <http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr31/rar31.17.pdf> (accessed on 27 July 2021).
- Zingale S., Spina A., Ingrao, C., Fallico B., Timpanaro G., Anastasi, U. & Guarnaccia P.** (2023). Factors Affecting the Nutritional, Health, and Technological Quality of Durum Wheat for Pasta-Making: A Systematic Literature Review. *Plants*, 12 (3), 530. <https://doi.org/10.3390/plants12030530>

Received: December, 05, 2024; Approved: February, 18, 2025; Published: April, 2025