

<https://doi.org/10.61308/OEZY2797>

Проучване интензивността на фотосинтезата, морфометрията на флагови листа и добива на перспективни селекционни линии обикновена зимна пшеница

Благой Андонов, Радослав Чипилски*, Свилена Тошева

Институт по растителни генетични ресурси „К. Малков“, Садово, Селскостопанска академия, София

*E-mail: radotch@abv.bg

Резюме: Проведен е полски експеримент с 12 сорта и линии обикновена зимна пшеница в ИРГР, Садово през периода 2021-2023 година. Отчетени са листен газообмен, относително съдържание на хлорофил, свежа и суха маса на флагови листа и добив зърно на декар. Основната цел на проучването беше да се оценят селекционни линии по отношение на реакцията им на фотосинтетичната активност, морфометрия на флагов лист и добив. По-интензивна фотосинтетична активност, представена от параметрите скорост на фотосинтетична асимилация (A), междуклетъчна (подустична) концентрация на CO₂ (ci), устична проводимост (gs) и ефективно използване на водата (A/E) по време на фаза наливане на зърното беше отчетена за селекционните линии БА 805, БА 535, БА 782, БА 918 и БА 578 в сравнение със стандартите Садово 1, Енола и Авеню. Най-високи стойности на морфометричните показатели свежа маса, суха маса и относително съдържание на хлорофил във флагови листа са изразени при селекционните линии БА 578, БА 535, БА 952, БА 778, БА 782 и БА 805. Най-висок среден добив е отчетен за селекционните линии БА 578, БА 782, БА 535 и БА777. От получените резултати можем да заключим, че по-интензивна физиологична активност корелира с по-висок добив при селекционните линии БА 578, БА 782 и БА 535.

Ключови думи: обикновена зимна пшеница; селекционни линии; добив; листен газообмен; относително количество хлорофил;

Study of photosynthetic intensity, leaf flag morphometry and yield of perspective common winter wheat breeding lines

Blagoy Andonov, Radoslav Chipilski*, Svilena Tosheva

Institute of Plant Genetic Resources “Konstantin Malkov”, Sadovo, Agricultural academy, Sofia, Bulgaria

*E-mail: radotch@abv.bg

Citation: Andonov, B., Chipilski, R., & Tosheva, S. (2024). Study of photosynthetic intensity, leaf flag morphometry and yield of perspective common winter wheat breeding lines. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(6) 31-38 (Bg).

Abstract: Field experiment was conducted with 12 varieties and lines common winter wheat in IPGR, Sadovo during 2021-2023 years. The gas exchange, relative chlorophyll content, morphometry of the flag leaves and grain yield were measured. The main objective of this study was to estimate breeding lines on response of photosynthetic activity, leaf morphometry and yield. The more intensive photosynthetic activity, presented by the parameters photosynthetic assimilation rate (A), intercellular (sub-stomatal) CO₂ concentration (ci), stomatal conductance (gs) and instaneous water use efficiency (A/E) during grain filling stage was reported for the breeding lines BA 805, BA 535, BA 782, BA 918 and BA 578 compared to the standards Sadovo 1, Enola and Avenue. The highest values of the morphometric parameters fresh mass, dry mass and relative chlorophyll content of flag leaves, were expressed at the breeding lines BA 578, BA 535, BA 952, BA 778, BA 782 и BA

805. The highest average yield was estimated for the breeding lines BA 578, BA 782, BA 535 and BA 777. It was determined the more intense physiological activity correlate with better yield in the breeding lines BA 578, BA 782, BA 535.

Keywords: common winter wheat; breeding lines; grain yield; leaf gas exchange; relative chlorophyll content

ВЪВЕДЕНИЕ

Обикновената зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.) е една от най-важните култури в света, осигуряваща около 20% от дневните нужди протеини и калории, консумирани в света (FAO, 2019). Тъй като площите, отглеждани с пшеница могат да се разширят незначително, производството трябва да бъде постигнато чрез подобряване на потенциала на добив, ефективност на използване на ресурсите и устойчиви агрономически практики (Crespo-Herrera et al., 2018). Важен фактор за растежа и стабилизирането на добивите от културите, особено при неблагоприятни условия, е не само създаването и внедряването в производството на сортове с висок потенциал за добив, но и повишаването на тяхната екологична устойчивост. Растения с почти еднакви биологични характеристики могат да се различават в изискванията към условията на околната среда, тоест по екологични характеристики (Kulyk et al., 2020).

Напредъкът в селекцията на растения често се основава на оценки на генетичния напредък, който е мярка за годишно подобрене на новосъздадените сортове по важни характеристики, представляващи интерес. Тези резултати потвърждават, че зимните пшеници, адаптирани към по студени райони, са достигнали горно плато на добива и може да се приближават до тавана на потенциалния добив поради глобалното затопляне или други комбинирани абиотични и биотични фактори на околната среда, които са на прага на биофизичните граници на културата (Voehm et al., 2023).

Пшеницата (*Triticum aestivum* L.) е едногодишна култура и се отглежда главно в полувлажни, полусухи и дори в някои сухи райони, при напояване или напълно дъждовни условия (Wang et al., 2009). Прогнозирането и количественото определяне на обмена на въглероден диоксид и вода за обработваеми площи с пшеница е много критично в тези райони (Zhao et al., 2020).

Фотосинтезата, измерена на флагови листа при атмосферен CO₂ и диапазон от интензитет на ненасищаща светлина след цъфтежа, са в положителна корелация с добива на зърно и жътвения индекс и с други фотосинтетични характеристики, като скоростта на електронния транспорт и активността на Rubisco (Carmo-Silva et al., 2017; Lopez-Calcano et al., 2020). Газообменът между листата и атмосферата играе критична роля за растежа и оцеляването на растенията при различните условия на околната среда (Kosugi & Matsuo, 2006). Той включва два основни процеса, поглъщането на въглероден диоксид от атмосферата за фотосинтеза и отделянето на водни пари от растението за транспирация. Тези два процеса се регулират от проводимостта на устицата върху повърхността на листата, включвайки както биохимични, така и биофизични аспекти. (Buckley & Mott, 2013).

Селекционната програма на ИРГР-Садово е с дългогодишна история и много успехи. Създадени са много сортове обикновена зимна пшеница, съчетаващи висока продуктивност с високо качество, студоустойчивост и сухоустойчивост след извършването на комплексна оценка няколко години подред (Uhr et al., 2023; Chipilski et al., 2022; Vasileva et al., 2022)

Основната цел на проучването беше оценка на селекционните линии по отношение на реакцията на фотосинтетичната активност, морфометрия на листа и добив в условия на полски опит.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 2021-2023 г. са проучени 12 сорта и селекционни линии обикновена зимна пшеница, заложили в сравнителен сортов опит. Опитът се осъществява при естествени условия на селекционното поле на ИРГР, гр. Садово при спазване на всички агротехнически мероприятия. Селекционните линии са създадени по методите на вътревидовата хибридизация и са минали всички етапи на селекционния процес. Използваните в опита селекционни линии са с доказани качества през годините на изпитване в селекционната програма по обикновена зимна пшеница в Института. Всички линии обект на настоящото изследване по показател дължина на вегетационен период се причисляват към групата на ранозрели до средно ранозрели. При извеждане на опита са оценявани редица биологични и стопански показатели, като най-важния е добив зърно.

Физиологичната оценка включваше определяне на свежа и суха маса след вземане на случайна проба от флагови листа и изтегляне на аналитична везна в лабораторни условия след откъсването, и отново след сушене до постоянно тегло за 8 h на 105°C в сушилни (Beadle, 1993).

Отчетено е общото количество хлорофил в листата чрез портативен апарат Chlorophyll content meter (CCM-200+, Opti-science, Inc., NH, USA) при измерване на 15 листа от проба. Полученият резултат се изразява, като индекс на относително количество хлорофил (ИКХ/CCI) измерен на единица площ на листа.

Параметрите на листен газов обмен бяха определени, чрез използване на портативна интелигентна система за фотосинтеза LCpro

T (ADC BioScientific, UK). Нето-фотосинтеза (A), транспирация (E), под-устично съдържание на CO₂ (ci) и устична проводимост на водните пари (gs) бяха отчетени при *in vivo* измервания на полето. Параметърът мигновено ефективно използване на водата на ниво флагов лист се изчисли, като отношение A/E. Тези параметри бяха отчетени през фаза млечна зрялост в три последователни години. Измерванията се извършиха на напълно развити флагови листа от три растения за генотип в интервала от 09:00 h до 10:00 h сутрин при ясно и спокойно време.

Статистическата обработка включваше анализ на варирането на средните стойности (ANOVA) и изчисляване на грешката на средната аритметична стойност при определена извадка за даден показател. За изчисляване на тези параметри използвахме програма Excel for Windows 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Измервания на листния газообмен

Успешното развитие на растенията през фаза наливане на зърното при обикновената зимна пшеница зависи от фотосинтезата в комбинация с ремобилизацията на въглехидратите (Ruuska et al., 2006). Най-високи стойности на нето фотосинтезата (A) за тригодишен период през фаза наливане на зърното се отчита за селекционни линии БА 535, БА 805 и БА 782, а най-ниска за БА 777. Посочените линии с най-висока фотосинтетична активност превишават резултатите на стандартите Садово 1, Енола и Авеню средно с 19.1%.

Стойностите на показателя устична проводимост (gs) корелират до някаква степен със стойностите на нето фотосинтезата (A). Но в случая най-високи стойности се измерват за селекционни линии БА 837, БА 578 и стандарта Енола, които не са с най-високи стойности на нето фотосинтезата. Този резултат показва, че линиите с висока нето фотосинтеза са по-ефективни и при по-ниска пропускливост на устицата. Все пак линиите с най-ниска фо-

тосинтетична активност са и с най-ниска пропускливост.

Показателят под-устично съдържание на CO₂ (ci) също потвърждава това твърдение, поради причина, че линиите с най-висока стойност на показател (A) имат стойности на (ci) в средния диапазон от 207 vpm до 223 vpm. С най-високо под-устично съдържание на CO₂ са линията БА 837 и стандарт Енола.

Измерената скорост на транспирацията (E) и изчисленото съотношение скорост на фотосинтеза спрямо транспирация-(A/E) ни дават възможност емпирично да определим ефективността на използването на водата в момента на измерването. Най-ниска транспирация - под 2.00 mmol m⁻² s⁻¹ се отчита за БА 778, БА 952, БА 777 и стандарт Авеню, докато при мнозинството от изследваните линии стойността варира от 2.05 до 2.76 mmol m⁻² s⁻¹. Образците с най-ниска транспирация (E) са и с най-ниска пропускливост на устицата

(gs) и с по-ниски стойности на нето фотосинтезата (A). Най-вероятно при тях защитния механизъм на затваряне на устицата се е задействал по-рано от останалите. Xinqiang et al., 2020 доказва, че най-голямо намаление на измерените параметри се наблюдава през фаза наливане на зърното особено при засушливи условия. За момента на измерване най-ефективно използване на водата се калкулира при селекционните линии БА 778, БА 805, БА 952, БА 578 и БА 535, като тук влизат образци с най-висока нето фотосинтеза, както и образци с по-ниска транспирация, например линия БА 952. По важното в случая е, че стойностите на (A/E) са по-високи средно с 1.5 пункта от калкулираните на стандартите Садово 1 и Енола.

Индекс на хлорофилно съдържание

На Таблица 2 са дадени резултатите по години и средните за тригодишен период на ин-

Таблица 1. Средни стойности на фотосинтетична активност на сортове и селекционни линии обикновена зимна пшеница за периода 2021 - 2023 година

Table 1. Mean values of the leaf gas exchange parameters of common winter wheat varieties and breeding lines during period 2021 - 2023

Сортове и линии/ Varieties and lines	ci vpm	E mmol m ⁻² s ⁻¹	gs mmol m ⁻² s ⁻¹	A μmol m ⁻² s ⁻¹	A/E ratio
Ст. Садово 1/St. Sadovo 1	222.2±18.6	2.11±0.18	0.14±0.02	11.71±0.66	5.55±0.37
Ст. Енола/St. Enola	260.9±14.73	2.23±0.24	0.16±0.01	11.99±0.63	5.39±0.43
Ст. Авеню/St. Avenue	236.2±12.56	1.94±0.12	0.13±0.01	11.65±0.67	6.02±0.39
БА 578/BA 578	251.5±9.88	2.05±0.06	0.16±0.01	12.46±0.65	6.09±0.38
БА 805/BA 805	223.6±13.46	2.14±0.13	0.15±0.01	14.04±0.68	6.56±0.46
БА 778/BA 778	202.0±8.62	1.71±0.16	0.13±0.01	12.16±0.83	7.11±0.40
БА 782/BA 782	218.1±9.54	2.41±0.20	0.14±0.01	13.33±0.43	5.54±0.41
БА 535/BA 535	219.8±5.88	2.40±0.16	0.15±0.01	14.76±0.73	6.16±0.33
БА 918/BA 918	207.8±6.93	2.18±0.16	0.12±0.005	12.72±0.50	5.85±0.48
БА 952/BA 952	189.8±13.50	1.88±0.06	0.11±0.01	11.95±0.71	6.36±0.48
БА 837/BA 837	265.4±10.12	2.76±0.10	0.19±0.01	12.37±0.57	4.49±0.35
БА 777/BA 777	218.0±19.06	1.96±0.09	0.13±0.01	10.94±0.69	5.58±0.33

(A)-Интензитетът на фотосинтеза(нето фотосинтеза); (E)- транспирация; (ci) - под-устично съдържание на CO₂; (gs)-устична проводимост на водните пари; (A/E) - ефективно използване на водата в момента на измерването/
Photosynthetic assimilation rate (A); transpiration rate (E); intercellular (sub-stomatal) CO₂; concentration (Ci) and stomatal conductance (Gs). The instantaneous water use efficiency (A/E)

декса на хлорофилно съдържание. Измереният показател *in vivo*, показва моментното състояние на флаговите листа по отношение на хлорофилните пигменти в критичната фаза наливане на зърното. С най-високи стойности средно за периода са селекционните линии БА 918, БА 778, БА 782, стандарт Авеню и БА 535. Тези линии, както и стандарт Авеню са със значима разлика до 5% спрямо местния стандарт Садово 1. Всъщност, всички линии имат положителна разлика от стандарт Садово 1. Тези резултати са индикация за много стабилна реакция на изследваните перспективни линии през годините на проучването, като най-благоприятна се оказва 2021 година. Wanic & Parzonka, 2023 смятат, че по-добрата фотосинтетична активност зависи от по-голямата асимилираща повърхност на листата и по-високото съдържание на хлорофил. За най-стабилни можем да отбележим линии БА 918, БА 952, БА 578 и стандарта Авеню.

Свежа и суха маса на флагови листа

На фигура 1 са дадени резултати за морфометричните показатели свежа и суха маса на флагови листа, отчетени през фаза млечна зрялост. Стойностите на свежата маса варират от 1190.0 mg при стандарт Енола до 387.0 mg за стандарт Авеню, като селекционните линии с най-висока свежа маса са БА 578, БА 778, БА 535 и БА 952. От резултатите е видно, че масата на всички селекционните линии е по-близка до стандартите Енола и Садово 1. Тези особености показват етапите на селекция при изследваните линии, а именно размера и разположението на флаговия лист. Сходни резултати по тези параметри се получават при проучване на сортове създадени в ИРГР-Садово (Chipilski et al., 2022).

Акумулираната биомаса на флаговите листа е с най-голяма стойност при стандарт Енола и линии БА 578, БА 535, БА 952 и БА 805. С тези резултати се потвърждава селекцион-

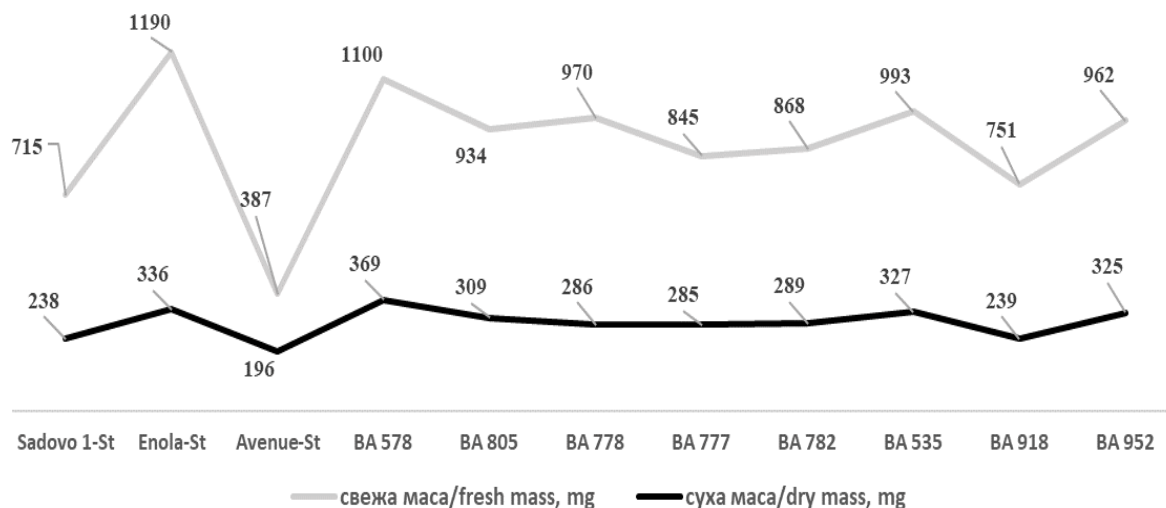
Таблица 2. Стойности на индекс на хлорофилно съдържание на сортове и селекционни линии обикновена зимна пшеница за периода 2021-2023 година

Table 2. Chlorophyll content index of common winter wheat varieties and breeding lines during period 2021-2023

Сортове и линии/ Varieties and lines	2021	2022	2023	Средни стойности/ Mean values
Ст. Садово 1/St. Sadovo 1	38.2±2.55	29.8±2.04	27.7±1.87	31.9
Ст. Енола/St. Enola	47.3± 3.27	37.6±2.51	26.2±1.43	37.0 ^{n.s.}
Ст. Авеню/St. Avenue	39.3± 2.56	38.2±2.76	37.9±1.63	38.5*
БА 578/BA 578	39.6± 1.15	34.8±1.51	36.6±2.20	37.0 ^{n.s.}
БА 805/BA 805	38.3± 1.38	32.1±1.14	33.9±1.92	34.8 ^{n.s.}
БА 778/BA 778	44.6± 2.13	40.3±1.69	32.4±1.46	39.1 *
БА 782/BA 782	46.6± 2.18	36.4±2.60	33.8±1.39	38.9*
БА 535/BA 535	40.2± 3.19	36.5±2.37	35.5±1.84	37.4*
БА 918/BA 918	45.4± 2.50	38.2±1.64	37.8±1.65	40.5*
БА 952/BA 952	37.5± 1.35	37.3±1.67	36.5±2.03	37.1 ^{n.s.}
БА 837/BA 837	38.9± 2.11	36.6±1.10	33.5±1.75	36.3 ^{n.s.}
БА 777/BA 777	39.6± 1.90	37.1±1.54	34.5±1.85	37.1 ^{n.s.}
	LSD 1%			5.32
	LSD 5%			7.24
	LSD 0.1%			9.74

на тенденция наблюдавана при свежата маса за по-големи флагови листа и по-интензивна

фотосинтетична активност. За позитивна корелация между добива и сухата маса на фла-



Фигура 1. Средни стойности на свежа и суха маса на флагови листа на сортове и селекционни линии обикновена зимна пшеница за периода 2021 - 2023 година

Figure 1. Mean values of the leaf fresh and dry mass of common winter wheat varieties and breeding lines during period 2021 - 2023

Таблица 3. Средни стойности на добив зърно за периода 2021-2023 година

Table 3. Mean values of the grain yield of common winter wheat varieties and breeding lines during period 2021-2023

Сортове и линии/ Varieties and lines	Добив зърно/ grain yield kg/da	Разлика спрямо стандарт Садово 1/ Difference relative to standard Sadovo 1	Разлика спрямо среден стандарт Енола и Авеню/ Difference relative to average standard Enola and Avenue
Ст. Садово 1/St. Sadovo 1	689.9	0	-6.0 n.s.
Ст. Енола/St. Enola	697.9	8.0 n.s.	-
Ст. Авеню/St. Avenue	669.9	-20.0 n.s.	-
БА 578/BA 578	741.4	51.5 n.s.	57.5*
БА 805/BA 805	708.6	18.8 n.s.	24.7 n.s.
БА 778/BA 778	708.0	18.1 n.s.	24.1 n.s.
БА 782/BA 782	758.6	68.8*	74.7*
БА 535/BA 535	722.0	32.1 n.s.	38.1 n.s.
БА 918/BA 918	682.0	-7.9 n.s.	-1.9 n.s.
БА 952/BA 952	728.8	38.9 n.s.	44.9 n.s.
БА 837/BA 837	709.1	19.3 n.s.	25.2 n.s.
БА 777/BA 777	737.3	47.4 n.s.	53.4 n.s.
	LSD 1%	56.39	56.39
	LSD 5%	74.79	74.79
	LSD 0.1%	96.88	96.88

говия лист във фаза изкласяване и наливане на зърното, докладват Morgun et al., 2022.

Получените резултати за добив зърно от декар при изследваните селекционни линии са посочени в Таблица 3. Наблюдава се превишение на добива при повечето от проучваните линии спрямо сравняваните сортове стандарти. Две от линиите (БА 578 и БА 782) са с доказана разлика при LSD5% и с превишение от 57.5 и 74.7 kg/da.

ИЗВОДИ

По-интензивна фотосинтетична активност, представена от параметрите скорост на фотосинтетична асимилация (A), междуклетъчна (подустична) концентрация на CO₂ (ci) и устична проводимост (gs) по време на фаза наливане на зърното беше отчетена за селекционните линии БА 805, БА 535, БА 782, БА 918 и БА 578, в сравнение със стандартите Садово 1, Енола и Авеню.

Най-високи стойности на морфометричните показатели свежа маса, суха маса и относително съдържание на хлорофил във флагови листа са изразени при селекционните линии БА 578, БА 535, БА 952, БА 778, БА 782 и БА 805.

Най-висок среден добив е отчетен за селекционните линии БА 578, БА 782, БА 535 и БА 777.

От получените резултати можем да заключим, че по-интензивна физиологична активност и по-високи стойности на морфометричните показатели корелират с по-висок добив в селекционните линии БА 578, БА 782 и БА 535.

Конфликт на интереси: при подготовката, провеждането на изследването и публикуването на данните липсва конфликт на интереси.

Проучването е докладвано на международна научна конференция „Предизвикателства пред животновъдната наука в условията на глобални климатични промени“, проведена през 2024 г. в Земеделски институт - Стара Загора, България.

ЛИТЕРАТУРА

- Beadle, C. L.** (1993). Growth analysis. In: *Photosynthesis and production in a changing environment: A field and laboratory manual*. Hall DO, Scurlock JM, Bolhar-Nordenkampf HR, Leegood R, Long S (eds.). Chapman and Hall, London, pp. 36-46.
- Boehm Jr, J. D., Masterson, S., Palmer, N., Cai, X., & Miguez, F.** (2023). Genetic improvement of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain yield in the Northern Great Plains of North America, 1959–2021. *Crop Science*, 63(6), 3236-3249.
- Buckley, T. N., & Mott, K. A.** (2013). Modelling stomatal conductance in response to environmental factors. *Plant Cell and Environment*, 36, 1691-1699.
- Carmo-Silva, E., Andralojc, P. J., Scales, J. C., Driever, S. M., Mead, A., Lawson, T., Raines, C. A., & Parry, M. A.** (2017). Phenotyping of field-grown wheat in the UK highlights contribution of light response of photosynthesis and flag leaf longevity to grain yield. *Journal of Experimental Botany*, 68, 3473–3486.
- Chipilski, R., Dimitrov, E., & Uhr, Z.** (2022). Study of photosynthesis, leaf water exchange and yield of field grown common winter wheat varieties under dry prone conditions. *Bulgarian Journal of Sciences*, 28(5), 860-865.
- Crespo-Herrera, L. A., Crossa, J., Huerta-Espino, J., Vargas, M., Mondal, S., Velu, G., Payne, T. S., Braun, H., & Singh, R. P.** (2018). Genetic gains for grain yield in CIMMYT's semi-arid wheat yield trials grown in suboptimal environments. *Crop Science*, 58, 1890–1898. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0017>.
- FAO.** (2019). FAOSTAT 2019: FAO Statistical Databases. (Accessed 23 May 2019). <http://faostat.fao.org/>
- Kosugi, Y., & Matsuo, N.** (2006). Seasonal fluctuations and temperature dependence of leaf gas exchange parameters of co-occurring evergreen and deciduous trees in a temperate broad-leaved forest. *Tree Physiology*, 26, 1173–1184.
- Kulyk, M. I., Rozhov, A. O., Kalinichenko, O. V., Taranenko, A. O. & Onopriienko, O.** (2020). Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*, 18(3) 2103–2116. <https://doi.org/10.15159/AR.20.187>
- López-Calcano, P. E., Brown, K. L., Simkin, A. J., Fisk, S. J., Violet-Chabrand, S., Lawson, T., & Raines, C. A.** (2020). Stimulating photosynthetic processes increases productivity and water-use efficiency in the field. *Nature Plants*, 6, pp. 1054–1063.
- Morgun, V., Priadkina, G., & Makharynska, N.** (2022). Winter wheat flag leave morphometric traits under drought. *Bulgarian Journal Agriculture Sciences*, 28 (4), 636–646

- Ruuska, S. A., Rebetzke, G. J., van Herwaarden, A. F., Richards, R. A., Fettell, N. A., Tabe, L., & Jenkins, C. L. D.** (2006). Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology*, 33(9), 799-809.
doi: 10.1071/FP06062. PMID: 32689291.
- Uhr, Z., Dimitrov, E., Dragov, R., Chipilski, R., & Angelova, T.** (2023). Comparative testing of old winter wheat varieties under changing climatic conditions. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXVI, No. 1, 2023.
- Vasileva, E., Uhr, Z., & Andonov, B.** (2022). Extraction, distribution and efficiency of nitrogen use in newly created genotypes of common winter wheat (*Triticum aestivum*), *Bulgarian Journal of Crop Sciences*, 59, (5), 21- 27.
- Wanic, M., & Parzonka, M.** (2023). Assessing the Role of Crop Rotation in Shaping Foliage Characteristics and Leaf Gas Exchange Parameters for Winter Wheat. *Agriculture* 2023, 13, 958. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050958>
- Wang, H., He, H., Sayre, K., Li, D., Si, S., Feng, B., & Kong, G.** (2009). Wheat cropping systems and technologies in China. *Field Crop Research*, 111, pp. 181-188.
- Xinqiang, Q., Yushun, Z., Haixia, Q., Min, W., Yanping, W., Haochen, Y., & Zhenguang, L.** (2020). Estimation of Leaf Water Use Efficiency Threshold Values for Water Stress in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.)", *Journal of Sensors*, vol. 2020, Article ID 8815940, 11 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8815940>
- Zhao, Fu-Nian., Zhou, S., Wang, R., Zhang, K., Wang, H., & Yu, Q.** (2020). Quantifying key model parameters for wheat leaf gas exchange under different environmental conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(9), 2188–2205

Received: July, 26, 2024; Approved: September, 22, 2024; Published: December, 2024