https://doi.org/10.61308/ATSN1545

# Промени във фотосинтетичната активност и продуктивността на твърдата пшеница (*Triticum durum* Desf.) под влияние на някои препарати и различни срокове на сеитба

**Петър Николаев Николов***
Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров“, ул. “Банско Шосе” 7, 1369, София 1080, Селскостопанска академия, България
*E-mail: *petar_nikolaev_n@mail.bg*

**Резюме**: През 2019-2021 г. в опитното поле на Института по полски култури, Чирпан е изведен полски опит с твърда пшеница сорт Предел (*Triticum durum* Desf.). Изпитани са 3 срока на сеитба: Ранна сеитба (05 - 10 октомври), Стандартна сеитба (20 - 25 октомври - стандарт) и Късна сеитба (05 - 10 ноември). При ранната сеитба са проучени 2 ретарданта: Серон 480 СЛ - 1 l/ha и Медакс топ - 1 l/ha и 2 инсектицида: Протеус 110 ОД - 625 ml/ha и Магеос - 100 g/ha, както и смесите между тях. При късната сеитба са проучени 2 стимулатора: Натурамин плюс – 1,5 l/ha и Райса микс - 750 ml/ha и 2 листни течни тора: Микс за житни СК – 1,5 l/ha и Тримакс СК – 1,5 l/ha, както и смесите между тях. Тези препарати и торове са внесени след фаза 3 - 4 лист на твърдата пшеница, при т.н. „закриване на посева“. При вариантите от ранната сеитба тази фаза настъпва наесен, а при вариантите от късната сеитба фазата настъпва напролет. Употребата на комбинации от стимулатори и листни торове при късна сеитба на твърда пшеница и на ретарданти и инсектициди при ранна сеитба формира по-голяма листна площ, фотосинтетичен потенциал, биологичен и стопански добив в сравнение с формираната под тяхно влияние при самостоятелното им приложение. Чистата продуктивност на фотосинтезата е най-ниска при вариантите с най-голяма листна маса. Комбинирането на Натурамин плюс, Райса микс, Микс за житни и Тримакс при късна сеитба и комбинирането на Серон, Медакс топ, Протеус и Магеос при ранна сеитба са по-ниски от тези при самостоятелната употреба на тези препарати и торове, както през отделните междуфазни периоди, така и през целия вегетационен период. Жътвеният индекс при комбинациите на стимулатори и листни торове при късна сеитба се изравнява с този при стандартната сеитба и е по-висок в сравнение с този при вариантите от ранната сеитба на твърда пшеница.

**Ключови думи**: твърда пшеница; листна площ; фотосинтетичен потенциал; чиста продуктивност на фотосинтезата; биологически и стопански добиви; жътвен индекс

# Changes in photosynthetic activity and productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under the influence of some preparations and different sowing dates

**Petar Nikolaev Nikolov***
Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection „Nikola Pushkarov“ – Sofia, Agricultural Academy, Bulgaria
*E-mail: *petar_nikolaev_n@mail.bg*

**Citation:** Nikolv, P. (2025). Changes in photosynthetic activity and productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under the influence of some preparations and different sowing dates. *Bulgarian Journal of Crop Science*, *62*(6) 41-49 (Bg).

**Abstract:** A field experiment with durum wheat variety Predel (*Triticum durum* Desf.) was conducted during the period 2019–2021 at the Field Crops Institute in Chirpan. Three sowing dates were tested: early sowing

(October 5–10), optimal sowing (October 20–25 – standard), and late sowing (November 5–10). In the early sowing treatments, two growth retardants (Ceron 480 SL – 1 l/ha and Medax Top – 1 l/ha) and two insecticides (Proteus 110 OD – 625 ml/ha and Mageos – 100 g/ha), as well as their combinations, were evaluated. In the late sowing treatments, two plant growth stimulants (Naturamin Plus – 1.5 l/ha and Raisa Mix – 750 ml/ha) and two foliar fertilizers (Cereal Mix SC – 1.5 l/ha and Trimax SC – 1.5 l/ha), along with their combinations, were studied. The treatments were applied after the 3rd–4th leaf stage of the crop, known as the „canopy closure" phase. For early sowing variants, this phase occurred in autumn, while for late sowing, it occurred in spring. The use of combinations of stimulants and foliar fertilizers in late sowing of durum wheat and of retardants and insecticides in early sowing forms a larger leaf area, photosynthetic potential, biological and grain yield compared to that formed under their influence in their independent application.The net productivity of photosynthesis is lowest in the variants with the largest leaf mass. The combination of Naturamin plus, Raisa mix, Mix for cereals and Trimaks in late sowing and the combination of Seron, Medax top, Proteus and Mageos in early sowing are lower than those in the individual use of these preparations and fertilizers, both during the individual interphase periods and throughout the entire vegetation period. The harvest index in the combinations of stimulants and foliar fertilizers in late sowing is equal to that in standard sowing and is higher compared to that in the variants of early sowing of durum wheat.

**Keywords:** durum wheat; leaf area; photosynthetic potential; net photosynthetic productivity; biological and economic yield; harvest index

## ВЪВЕДЕНИЕ

Ролята на листата като основни асимилиращи органи на растението е от изключително значение, защото 90 – 95% от биологическият добив се създава в процеса на фотосинтезата. От размера на листната повърхност, бързината на формирането ѝ и продължителността на нейната работа при създадени оптимални условия за развитие на растението, зависи размера на биологичния и стопанския добив (Sharma et. al., 2003; Blandino et. al., 2009; Bobomirzaev and Boboqulov, 2022; Noor et al., 2023). Фотосинтезата е един от най-важните биохимични процеси, определящи продуктивността на растенията, като нейният интензитет и ефективност са в тясна връзка с добивите в земеделските култури (Smith et al., 2019). Способността на растенията да усвояват светлинната енергия и да я трансформират в химическа енергия зависи от различни фактори, включително наличието на хранителни вещества, воден режим, температура и светлинни условия (Grosse-Heilmann et al., 2024).

Ефективното използване на регулатори на растежа и листни торове може значително да повлияе на фотосинтетичната активност и да подобри физиологичното състояние на растенията (Hawkesford and Griffiths, 2019). Различни проучвания показват, че външното приложение на биостимулатори и микроелементи може да повиши съдържанието на хлорофил в листната маса, което води до по-интензивна фотосинтетична дейност и съответно по-високи добиви (Kalaji et al., 2017).

Растежните регулатори и листните торове правилно подбрани и използвани на подходящото ниво на минерално торене, повишават добивите и качеството на получената продукция в случаите, когато класическите методи и средства са слабо ефективни или почти са изчерпани техните възможности (Cabrera-Bosquet et al., 2009). Това се дължи на факта, че през репродуктивната фаза по-богатият хранителен режим осигурява по-продължителна и по-активна фотосинтетична дейност на листния апарат и по-добро снабдяване с хранителни вещества, което води до по-интензивно натрупване на сухо вещество във вегетативните и репродуктивните органи. Тези

различия във формирания биологичен добив се запазват в края на вегетацията през фаза узряване (Franzen et. al., 2008; Halinarz et al., 2018 Kononenko et al., 2020; Zhou et al., 2020)

В допълнение към физиологичните фактори, агротехническите практики, като избор на срокове на сеитба и начин на приложение на торове, играят съществена роля за развитието на културите. Оптималното време на засяване влияе върху продължителността на вегетационния период и способността на растението да натрупва биомаса и продуктивни органи (Ferrise et al., 2012). Изследванията сочат, че късните срокове на сеитба могат да доведат до намаляване на фотосинтетичната активност и биомасата поради по-краткия период за растеж и развитие (Reynolds et al., 2011; Dueriet et al., 2022).

Основавайки се на постиженията на научните изследвания в областта на отглеждането на твърдата пшеница и актуалните потребности от научна и практическа гледна точка е детерминирана основна ЦЕЛ на настоящото изследване: Да се проучат възможностите за преодоляване на неблагоприятните последици извън стандартната сеитба (ранна и късна) на твърдата пшеница чрез прилагане на растежни регулатори, комплексни листни торове и инсектициди.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През 2019-2021 г. в опитното поле на Института по полски култури, Чирпан е изведен полски опит с твърда пшеница сорт Предел (*Triticum durum* Desf.), заложен по блоковия метод, в 4 повторения, с големина на реколтната парцела 15 $m^2$, след предшественик слънчоглед. Почвеният тип е излужена смолница, слабо запасена с $N_2$, средно запасена с $P_2O_5$ и много добре запасена с $K_2O$. Изпитани са 3 срока на сеитба: Ранна сеитба (05 - 10 октомври), Стандартна сеитба (20 - 25 октомври - стандарт) и Късна сеитба (05 - 10 ноември). При ранната сеитба са проучени 2 ретарданта: Серон 480 СЛ - 1 l/ha и Медакс топ - 1 l/ha и 2 инсектицида: Протеус 110 ОД - 625 ml/ha и Магеос - 100 g/ha, както и смесите между тях. При късната сеитба са проучени 2 стимулатора: Натурамин плюс – 1,5 l/ha и Райса микс - 750 ml/ha и 2 листни течни тора: Микс за житни СК – 1,5 l/ha и Тримакс СК – 1,5 l/ha, както и смесите между тях.

Тези препарати и торове са внесени след фаза 3 - 4 лист на твърдата пшеница, при т.н. „закриване на посева“. При вариантите от ранната сеитба тази фаза настъпва наесен, а при вариантите от късната сеитба фазата настъпва напролет.

Определени са: 1. Динамика на листната площ в $m^2$/ha по тегловния метод; 2. Фотосинтетичен потенциал на посева - по метода на Nichiporovich, A. (1956, 1961) и изчислен по формулата:

$$ФП = \frac{Л_1+Л_2}{2}Т$$; където:

ФП - фотосинтетичен потенциал в $m^2$/ha, $Л_1$ и $Л_2$ - листна площ в началото и в края на отчетния перод в $m^2$/ha, Т - брой на денонощията в отчетния период; 3. Натрупване на суха биомаса в kg/ha - по тегловния метод; 4. Чиста продуктивност на фотосинтезата - по формулата на Briggs et al. (1920):

$$ЧПФ = \frac{Б_2-Б_1}{\frac{Л_1+Л_2}{2}Т}$$; където:

ЧПФ - чиста продуктивност на фотосинтезата в g/$m^2$ЛП/денонощие (абсолютно суха биомаса в g, образувана от 1 $m^2$ листна площ средно за 1 денонощие), $Б_1$ и $Б_2$ - абсолютно суха биомаса в началото и в края на отчетния период в g/$m^2$, $Л_1$ и $Л_2$ - листна площ в началото и в края на отчетния период в $m^2$/$m^2$, Т - броя на денонощията в отчетния период; 5. Добив зърно в kg/ha; 6. Жътвен индекс.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Получените данни показват, че през фаза братене напролет, листната площ е най-малка при късната сеитба без третиране, в резултат на по-кратката есенна вегетация (Таблица 1). Резултатите са еднопосочни и през трите години на проучването.

**Таблица 1**. **Листна площ, m²/ha (средно 2019-2021)**
**Table 1**. Leaf Area, m²/ha (average 2019–2021)

| Варианти/Variants | | | | Братене/ Tillering | Вретене-не/Stem Elongation | Изкласяване/ Heading | Млечна зря-лост/Milk Ripeness |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Early sowing/Ранна сеитба | - | - | 16650 | 48370 | 76463 | 16983 |
| 2 | | | Протеус/Proteus | 16607 | 52463 | 81583 | 16580 |
| 3 | | | Магеос/Mageos | 16590 | 51320 | 81230 | 16570 |
| 4 | | Серон/Ceron | - | 16547 | 49320 | 78410 | 17433 |
| 5 | | | Протеус/ Proteus | 16657 | 53743 | 84667 | 16293 |
| 6 | | | Магеос/ Mageos | 16780 | 53807 | 84893 | 16457 |
| 7 | | Медакс топ/ Medax Top | - | 16480 | 49300 | 78400 | 17310 |
| 8 | | | Протеус/Proteus | 16743 | 53160 | 84573 | 16537 |
| 9 | | | Магеос/ Mageos | 16657 | 53490 | 85497 | 16393 |
| Стандартна сеитба /Optimal sowing | | | | 16413 | 51913 | 82747 | 16693 |
| 1 | Late sowing/Късна сеитба | - | - | 15770 | 48630 | 76577 | 16983 |
| 2 | | | Микс за житниMix for Cereals/ | 15977 | 50703 | 80460 | 16817 |
| 3 | | | Тримакс/Trimax | 15973 | 50600 | 80377 | 16733 |
| 4 | | Натурамин плюс/ Naturamin Plus | - | 16027 | 51110 | 80820 | 16753 |
| 5 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 16217 | 55227 | 88450 | 16387 |
| 6 | | | Тримакс/Trimax | 16437 | 54477 | 86957 | 16647 |
| 7 | | Райса микс/ Raiza Mix | - | 16007 | 53753 | 80597 | 16707 |
| 8 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 16253 | 54573 | 87030 | 16420 |
| 9 | | | Тримакс/Trimax | 16383 | 55183 | 88473 | 16450 |

Средно за периода листната площ през тази фаза е 15770 $m^2/ha^{-1}$. Разликите в листната площ между ранната и стандартната сеитба са по-малки - те са съответно 16650 $m^2/ha^{-1}$ за ранната и 16413 $m^2/ha^{-1}$ за стандартна сеитба. Независимо от ранния срок на сеитба семената поникват почти едновременно с тези от нормалната сеитба поради засушаването през септември. Още в края на фаза братене настъпват положителни промени в размера на листната площ под влияние на внесените препарати и торове.

През фаза вретенене разликите между третираните и нетретираните варианти се увеличават. При късната сеитба листната площ е най-голяма при комбинациите на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс-средно тя е от 54447 $m^2/ha^{-1}$ до 55227 $m^2/ha^{-1}$ . При ранната сеитба листната площ е най-голяма при комбинациите на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос - средно от 53160 $m^2/ha^{-1}$ до 53807 $m^2/ha^{-1}$ .

Максималният размер на листната площ, формирана на единица повърхност се изразява с листоплощния индекс. Този показател характеризира продуктивните възможности на сорта и състоянието на посева като фотосинтезираща система. Максимална листна площ се формира през фаза изкласяване. Нейните изменения през тази фаза в резултат на стимулаторите и листните торове също са по-силно изразени в сравнение с предизвиканите от ретардантите и инсектицидите. Мак-

симумът на показателя листоплощен индекс средно за периода е отчетен при употребата на Райса микс и Тримакс при късна сеитба – 88473 $m^2/ha^{-1}$. При нетретираните варианти и тези със самостоятелна употреба на препарати и торове, темпа на нарастване на листната площ е по-слаб.

След фаза изкласяване започва постепенно засъхване на листната маса от основата към върха на растенията и фотосинтезиращата листна площ започва да намалява. При вариантите с най-висок листоплощен индекс настъпва по-бързо отмиране на листната маса. Отмирането е най-бързо при комбинирането на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс при късна сеитба и при комбинирането на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос при ранна сеитба. При нетретираните варианти и тези със самостоятелна употреба на Серон, Медакс топ, Протеус, Магеос, Натурамин плюс, Райса микс, Микс за житни и Тримакс, темпа на отмиране на листната площ е по-бавен, т.е. тя функционира по-продължително.

Фотосинтетичният потенциал на посева е показател, който дава представа за величината на фотосинтетичния апарат, за неговите размери и продължителността на асимилиращата му дейност. Измененията на фотосинтетичния потенциал под влияние на сроковете на сеитба, прилаганите препарати и торове

**Таблица 2**. **Фотосинтетичен потенциал, $m^2/ha$ (средно 2019-2021)**
**Table 2**. Photosynthetic Potential, $m^2/ha$ (average 2019–2021)

| Варианти/Variants | | | | Братене – вретенене / tillering – stem elongation | Вретенене – изкласяване / stem elongation – heading | Изкласяване – млечна зрялост / heading – milk ripeness | Братене – млечна зрялост / tillering – milk ripeness |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Early sowing/Ранна сеитба | - | - | 834413 | 790353 | 919147 | 2543913 |
| 2 | | | Протеус/Proteus | 886330 | 848473 | 958827 | 2700297 |
| 3 | | | Магеос/Mageos | 871453 | 839390 | 961883 | 2672727 |
| 4 | | Серон/Ceron | - | 845237 | 808570 | 942660 | 2596467 |
| 5 | | | Протеус/ Proteus | 903397 | 876130 | 992993 | 2772553 |
| 6 | | | Магеос/ Mageos | 905833 | 878220 | 996793 | 2780847 |
| 7 | | Медакс топ/Medax Top | - | 844057 | 808033 | 941370 | 2593460 |
| 8 | | | Протеус/Proteus | 897060 | 871960 | 994450 | 2763470 |
| 9 | | | Магеос/ Mageos | 900017 | 877880 | 1002413 | 2780310 |
| Стандартна сеитба /Optimal sowing | | | | 876927 | 852527 | 978027 | 2707480 |
| 1 | Late sowing/Късна сеитба | - | - | 826393 | 792433 | 920257 | 2538850 |
| 2 | | | Микс за житниMix for Cereals/ | 855817 | 831243 | 956727 | 2643787 |
| 3 | | | Тримакс/Trimax | 854450 | 830083 | 955103 | 2629437 |
| 4 | | Натурамин плюс/ Naturamin Plus | - | 861627 | 835530 | 959663 | 2656810 |
| 5 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 916827 | 909450 | 1031093 | 2857370 |
| 6 | | | Тримакс/Trimax | 910430 | 898993 | 1018697 | 2828120 |
| 7 | | Райса микс/Raiza Mix | - | 895750 | 852870 | 957003 | 2705623 |
| 8 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 909197 | 899310 | 1017260 | 2825767 |
| 9 | | | Тримакс/Trimax | 918480 | 909750 | 1031937 | 2860167 |

следват посоката на нарастване на листната площ под влияние на същите фактори (Таблица 2).

Ретардантите и инсектицидите оказват по-слабо влияние от стимулаторите и листните торове. Комбинирането на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс при късна сеитба и комбинирането на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос при ранна сеитба увеличават стойностите на фотосинтетичния потенциал на твърдата пшеница. Максимални размери фотосинтетичния потенциал достига при комбинирането на стимулатора Райса микс с комбинирания листен тор Тримакс - 2860167 $m^2/ha^{-1}$ .

Натрупването на суха надземна биомаса показва тенденция на нарастване от началото до края на вегетационния период на твърдата пшеница (Таблица 3). В началото на вегетацията, през фаза братене количеството на биомасата при отделните варианти не се различава съществено.

През фаза изкласяване позитивният ефект от приложените препарати и торове вече силно се откроява. Най-голяма биомаса се отчита при комбинирането на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс при късна сеитба- средно от 15690 kg/ha до 16128 kg/ha, както и при комбинирането на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос при ранна сеитба- средно от 15465 kg/ha до

**Таблица 3. Суха биомаса, kg/ha (средно 2019-2021)**
**Table 3.** Dry Biomass, kg/ha (average 2019–2021)

| Варианти/Variants | | | | Братене/ Tillering | Вретене-не/Stem Elongation | Изкла-сяване/ Heading | Узряване / ripening | Добив зърно / grain yield | Жътвен индекс / harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Early sowing/Ранна сеитба | - | - | 655 | 3983 | 8963 | 13229 | 4819 | 0,364 |
| 2 | | | Протеус/Proteus | 687 | 4100 | 9268 | 14525 | 5393 | 0,371 |
| 3 | | | Магеос/Mageos | 686 | 4068 | 9220 | 14437 | 5361 | 0,371 |
| 4 | | Серон/Ceron | - | 664 | 4266 | 9431 | 14777 | 5167 | 0,365 |
| 5 | | | Протеус/ Proteus | 750 | 4643 | 9897 | 15465 | 5727 | 0,370 |
| 6 | | | Магеос/ Mageos | 753 | 4966 | 10083 | 15679 | 5806 | 0,370 |
| 7 | | Медакс топ/ Medax Top | - | 659 | 4064 | 9110 | 14092 | 5157 | 0,366 |
| 8 | | | Протеус/Proteus | 749 | 4901 | 10064 | 15540 | 5765 | 0,371 |
| 9 | | | Магеос/ Mageos | 750 | 4872 | 10057 | 15546 | 5767 | 0,371 |
| Стандартна сеитба /Optimal sowing | | | | 555 | 4390 | 9763 | 14853 | 5609 | 0,377 |
| 1 | Late sowing/Късна сеитба | - | - | 429 | 3966 | 8870 | 13234 | 4883 | 0,373 |
| 2 | | | Микс за житниMix for Cereals/ | 466 | 4177 | 9470 | 14333 | 5379 | 0,375 |
| 3 | | | Тримакс/Trimax | 468 | 4130 | 9376 | 14282 | 5360 | 0,375 |
| 4 | | Натурамин плюс/ Naturamin Plus | - | 439 | 4125 | 9505 | 14399 | 5418 | 0,376 |
| 5 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 490 | 4971 | 10234 | 16128 | 6085 | 0,377 |
| 6 | | | Тримакс/Trimax | 505 | 4904 | 10233 | 16043 | 6053 | 0,377 |
| 7 | | Райса микс/Raiza Mix | - | 442 | 4122 | 9509 | 14308 | 5398 | 0,377 |
| 8 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 516 | 4882 | 10068 | 15690 | 5930 | 0,378 |
| 9 | | | Тримакс/Trimax | 514 | 4943 | 10219 | 15913 | 6015 | 0,378 |

15679 kg/ha . Тези различия във формирания биологичен добив се запазват и в края на вегетацията през фаза узряване.

Чистата продуктивност на фотосинтезата е от особено значение при формиране на биологичния и стопанския добиви на твърдата пшеница. И през трите години на изследването в началния етап на пролетна вегетация братене - вретенене ЧПФ е сравнително малка – средно за периода варира от 3.99 до 4.89 g m-2 ЛП/денон. През периода вретенене - изкласяване чистата продуктивност на фотосинтезата се увеличава повече от два пъти в сравнение с предходния период. Този максимум е свързан с интензивни растежни процеси преди изкласяването и залагане на репродуктивните органи. По-големите листна площ и биомаса, формирани през фаза вретенене довеждат до засенчване на листата от по-долните етажи и потискане на фотосинтетичните процеси, протичащи в тях (Karev, 1987). Това състояние на посева и обратно пропорционалната зависимост между фотосинтетичния потенциал и чистата продуктивност на фотосинтезата, обясняват понижаването на величината на ЧПФ през периода вретенене - изкласяване . По-малките стойности на ЧПФ, които се установяват в периода изкласяване - млечна зрялост през годините на проучването са резултат на прекратените растежни процеси към този период и сравнително по-бавните темпове на формиране и наливане на зърното в класа. При навлизане на растенията във восъчна зрялост настъпва бързо разграждане на хлорофила, засъхване на листната маса и затихване на фотосинтезата. По-големите листна площ и биомаса, формиращи се през вегетацията при комбинациите на Натурамин плюс и Райса микс с Микс за житни и Тримакс при късна сеитба и при комбинациите на Серон и Медакс топ с Протеус и Магеос при ранна сеитба, довеждат до засенчване на листата от по-долните етажи и потискане на фотосинтетичните процеси протичащи в тях (Таблица 4).

По тези етажи след фаза изкласяване настъпва по-бързо разграждане на хлорофила, засъхване на листната маса и затихване на фотосинтезата. Поради тези процеси стойностите на чистата продуктивност на фотосинтезата при комбинирането на Натурамин плюс, Райса микс, Микс за житни, Тримакс, Серон, Медакс топ, Протеус и Магеос са по-ниски от тези при самостоятелната употреба на тези препарати и торове, както през отделните междуфазни периоди, така и през целия вегетационен период. При комбинациите от късната сеитба намалението средно за периода е от 5.40 g $m^{-2}$ ЛП/денон. До 5.52 g $m^{-2}$ ЛП/денон. , а при комбинациите от ранната сеитба намалението средно за периода е от 5.32 g $m^{-2}$ ЛП/денон. До 5.38 g $m^{-2}$ ЛП/денон. Въпреки мощният фотоситетичен потенциал, при комбинациите се получава по-слабо ефективно използване на фотосинтетически активната радиация и хранителната площ.

В резултат на гореописаните причини, комбинациите на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс при късна сеитба увеличават доказано добива на зърно спрямо нетретирания вариант и спрямо стандартната сеитба. Комбинациите на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос при ранна сеитба увеличават доказано добива на зърно спрямо нетретирания вариант. Добивите на зърно при вариантите от късната сеитба на твърда пшеница са по-високи от тези при вариантите от ранната сеитба на тази култура.

Жътвеният индекс показва, че при вариантите от късната сеитба общата продукция на суха биомаса е по-ефективно разпределена между зърното и вегетативната маса - запазват се стойностите характерни за твърдата пшеница. Ранната сеитба, особено без употреба на инсектициди и ретарданти намалява жътвения индекс в резултат на по-неблагоприятното съотношение зърно:слама. Извънкореновото подхранване с листни торове и стимулирането на растежните процеси при късната сеитба допълнително подобряват морфологичната структура на растението.

**Таблица 4. Чиста продуктивност на фотосинтезата, g/m2 ЛП/денон. (средно 2019-2021)**
**Table 4.** Net Photosynthetic Productivity, g/m² LA/day (average 2019–2021)

| Варианти/Variants | | | | Братене – вретенене / tillering – stem elongation | Вретенене – изкласяване / stem elongation – heading | Изкласяване – млечна зрялост / heading – milk ripeness | Братене – млечна зрялост / tillering – milk ripeness |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Early sowing/Ранна сеитба | - | - | 3.99 | 6.46 | 4.62 | 4.96 |
| 2 | | | Протеус/Proteus | 3.86 | 6.28 | 5.47 | 5.14 |
| 3 | | | Магеос/Mageos | 3.89 | 6.33 | 5.41 | 5.17 |
| 4 | | Серон/Ceron | - | 4.26 | 6.53 | 4.97 | 5.21 |
| 5 | | | Протеус/ Proteus | 4.29 | 5.75 | 5.59 | 5.32 |
| 6 | | | Магеос/ Mageos | 4.65 | 5.98 | 5.60 | 5.38 |
| 7 | | Медакс топ/Medax Top | - | 4.03 | 6.32 | 5.28 | 5.19 |
| 8 | | | Протеус/Proteus | 4.63 | 6.14 | 5.49 | 5.37 |
| 9 | | | Магеос/ Mageos | 4.58 | 6.04 | 5.46 | 5.33 |
| Стандартна сеитба /Optimal sowing | | | | 4.38 | 6.46 | 5.18 | 5.20 |
| 1 | Late sowing/Късна сеитба | - | - | 4.27 | 6.36 | 4.76 | 5.06 |
| 2 | | | Микс за житниMix for Cereals/ | 4.34 | 6.54 | 5.07 | 5.27 |
| 3 | | | Тримакс/Trimax | 4.29 | 6.50 | 5.12 | 5.28 |
| 4 | | Натурамин плюс/ Naturamin Plus | - | 4.29 | 6.60 | 5.08 | 5.27 |
| 5 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 4.89 | 5.94 | 5.71 | 5.49 |
| 6 | | | Тримакс/Trimax | 4.84 | 6.10 | 5.63 | 5.52 |
| 7 | | Райса микс/Raiza Mix | - | 4.16 | 6.51 | 5.04 | 5.19 |
| 8 | | | Микс за житни/ Mix for Cereals | 4.81 | 5.95 | 5.51 | 5.40 |
| 9 | | | Тримакс/Trimax | 4.83 | 5.93 | 5.50 | 5.40 |

## ИЗВОДИ

При ранна сеитба на твърда пшеница листната площ, фотосинтетичният потенциал, биологичният и стопанският добив са най-големи при комбинациите на ретардантите Серон и Медакс топ с инсектицидите Протеус и Магеос.

При късна сеитба на твърда пшеница листната площ, фотосинтетичният потенциал, биологичният и стопанският добив са най-големи при комбинациите на стимулаторите Натурамин плюс и Райса микс с листните торове Микс за житни и Тримакс.

При тези варианти настъпва по-бързо отмиране на листната маса през фаза изкласяване.

Чистата продуктивност на фотосинтезата при комбинациите е по-ниска от тази при самостоятелната употреба на съответните препарати и торове.

Жътвеният индекс при вариантите с късна и стандартна сеитба е по-висок в сравнение с този при вариантите с ранна сеитба на твърда пшеница.

**Конфликт на интереси:** Авторът декларира, че няма наличие на конфликт на интереси

**Благодарност**

Това изследване е подкрепено от Министерството на образованието и науката по Национална програма „Млади учени и постдок-

торанти -2“/ This research is supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Program „Young Scientists and Postdoctoral Students -2“

## ЛИТЕРАТУРА

**Blandino, M., Pilati, A., & Reyneri, A.** (2009). Effect of foliar treatments to durum wheat on flag leaf senescence, grain yield, quality and deoxynivalenol contamination in North Italy. Field Crops Research, 114(2), 214-222.

**Bobomirzaev, P. K., & Boboqulov, Z. R.** (2022). Photosynthetic activity of durum wheat on irrigated lands at different times and seeding rates. Academic research in educational sciences, 3(Speical Issue 1), 57-63.

**Briggs G., Kidd F., West C**. (1920.) A quantitate analysis of plant growth. Annals of Applied Biology, № 7, (цитирано по Ничипорович, 1956 и 1961).

**Cabrera-Bosquet, L., Albrizio, R., Araus, J. L., & Nogués, S**. (2009). Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. Environmental and Experimental Botany, 67(1), 145-152.

**Dueri, S., Brown, H., Asseng, S., Ewert, F., Webber, H., George, M., ... & Martre, P.** (2022). Simulation of winter wheat response to variable sowing dates and densities in a high-yielding environment. Journal of experimental botany, 73(16), 5715-5729.

**Ferrise, R., Triossi, A., Stratonovitch, P., Bindi, M., & Martre, P**. (2010). Sowing date and nitrogen fertilisation effects on dry matter and nitrogen dynamics for durum wheat: An experimental and simulation study. Field Crops Research, 117(2-3), 245-257.

**Franzen, D. W., McMullen, M. V., & Mosset, D. S**. (2008). Spring wheat and durum yield and disease responses to copper fertilization of mineral soils. Agronomy journal, 100(2), 371-375.

**Grosse-Heilmann, M., Cristiano, E., Deidda, R., & Viola, F**. (2024). Durum wheat productivity today and tomorrow: A review of influencing factors and climate change effects. Resources, Environment and Sustainability, 100170.

**Halinarz, M., Chojnacka, S., Rusecki, H., Gawęda, D., & Łukasz, J.** (2018). The effect of combined use of herbicide and growth retardants as well as diversified mineral fertilization on weed infestation of spring wheat. *Agronomy Science*, *73*(4), 111-123.

**Hawkesford, Malcolm J., and Simon Griffiths**. (2019) “Exploiting genetic variation in nitrogen use efficiency for cereal crop improvement.” Current opinion in plant biology 49 (2019): 35-42.

**Kalaji, H. M., Schansker, G., Brestic, M., Bussotti, F., Calatayud, A., Ferroni, L., & Bąba, W.** (2017). Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. Photosynthesis research, 132, 13-66.

**Karev, K. S**. (1987). Photosynthetic activity and productivity of Sadovo-1 wheat cultivar on leached cinnamon forest soil. *Plant Science* (Rastenievydni Nauki), 24(4), 10–15.

**Kononenko, N., Baranova, E., Dilovarova, T., Akanov, E., & Fedoreyeva, L**. (2020). Oxidative damage to various root and shoot tissues of durum and soft wheat seedlings during salinity. Agriculture, 10(3), 55.

**Motzo, R., Fois, S., & Giunta, F.** (2007). Protein content and gluten quality of durum wheat (Triticum turgidum subsp. durum) as affected by sowing date. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87(8), 1480-1488.

**Nichiporovich, A**. (1956). Photosynthesis and the theory of obtaining high yields. Moscow.

**Nichiporovich, A**. (1961). Photosynthetic activity of plants in crops. Moscow.

**Noor, H., Yan, Z., Sun, P., Zhang, L., Ding, P., Li, L., ... & Gao, Z.** (2023). Effects of nitrogen on photosynthetic productivity and yield quality of wheat (Triticum aestivum L.). Agronomy, 13(6), 1448.

**Reynolds, M., Bonnett, D., Chapman, S. C., Furbank, R. T., Manès, Y., Mather, D. E., & Parry, M. A.** (2011). Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. Journal of experimental botany, 62(2), 439-452.

**Singh, A. K., & Jain, G. L**. (2000). Effect of sowing time, irrigation and nitrogen on grain yield and quality of durum wheat (*Triticum durum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 70(8), 532-533.

**Sharma, S. N., Sain, R. S., & Sharma, R. K**. (2003). The genetic control of flag leaf length in normal and late sown durum wheat. The Journal of Agricultural Science, 141(3-4), 323-331.

**Simoglou, K. B., & Dordas, C**. (2006). Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. Crop Protection, 25(7), 657-663.

**Smith, N. G., Keenan, T. F., Colin Prentice, I., Wang, H., Wright, I. J., Niinemets, Ü., & Zhou, S. X.** (2019). Global photosynthetic capacity is optimized to the environment. Ecology letters, 22(3), 506-517.

**Zhou, J., Zhang, C., Du, B., Cui, H., Fan, X., Zhou, D., & Zhou, J.** (2020). Soil and foliar applications of silicon and selenium effects on cadmium accumulation and plant growth by modulation of antioxidant system and Cd translocation: Comparison of soft vs. durum wheat varieties. Journal of Hazardous Materials, 402, 123546.

*Received:* September, 04, 2025; *Approved:* October, 29, 2025; *Published:* December, 2025