

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.7>

ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ЯК ПОКАЗНИК МУТАГЕННОЇ ДЕПРЕСІЇ

Горщар В.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Назаренко М.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Мутагенна депресія рослин проявляється в багатьох варіантах та впливає на основні ознаки, котрі опосередковують життєдіяльність організму. Фотосинтетична активність є ключовим параметром для визначення майбутньої продуктивності та життєздатності рослини та обумовлює асимілюючі здатності організму. Застосували мутагени: азид натрію (АН) у концентраціях 0,01, 0,025, 0,05, 0,1%, етилметансульфонат (ЕМС) 0,025, 0,05, 0,1%, диметилсульфат (ДМС) 0,0125, 0,025 та 0,05%. Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гаї, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічних мутагенів. Фотосинтетична активність досліджувалась у період колосіння за допомогою прибору SPAD-502. Генотип не мав значення для АН та приблизно однакове невисоке значення для ЕМС та ДМС. Дискримінантний аналіз показав модельність параметру в усіх випадках. Показано, що вплив сортової специфічності на мутагенну депресію залежить від сили дії мутагенного чинника та суттєво нівелюється при дії більш генетично-активної сполуки. За результатами канонічного аналізу лише два генотипи, Балатон та Нива Одеська ідентифікуються більш-менш достовірно, інші демонструють споріднену реакцію. Показник фотосинтетичної активності є більш надійним параметром для прояву мутагенної депресії при виявленні наслідків підвищення концентрації окремого мутагену, але не є достатнім для демонстрації особливостей впливу генотипу та сайт-специфічності. Показник фотосинтетичної активності є доволі надійним параметром мутагенної депресії у сучасних сортів пшениці озимої, але не відтворює сайт-специфічні особливості сильнодіючих факторів, котрі досліджувались. Генотипова мінливість доволі низька, хоча й значима для двох мутагенів (ЕМС та ДМС) з трьох (для АН відповідної реакції не виявлено, уся група була однорідна). Відмінності зустрічаються на рівні відсутності статистично значимої різниці для окремих концентрацій для деяких сортів та більш характерні для ЕМС. АН діяв за цим показником приблизно на рівні ЕМС, ДМС як мутаген був найбільш шкودочинним і для нього не характерне відсутність різниці між діями концентрацій. Причому майже в усіх випадках різниця в порівнянні з контролем була значимою.

Ключові слова: пшениця озима, хімічний мутагенез, фотосинтетична активність, перше покоління.

Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Photosynthetic activity as an indicator of mutagenic depression

Mutagenic depression of plants manifests itself in many variants and affects the main signs that mediate the vital activity of the organism. Photosynthetic activity is a key parameter for determining the future productivity and viability of the plant and determines the assimilative abilities of the organism. Mutagens were used: sodium azide (SA) in concentrations of 0.01, 0.025, 0.05, 0.1%, ethyl methanesulfonate (EMS) 0.025, 0.05, 0.1%, dimethylsulfate (DMS) 0.0125, 0.025 and 0.05%. Seeds of 8 varieties of winter wheat: Balaton, Borovytsia, Zeleny Gai, Zoloto Ukraine, Kalancha, Niva Odeska, Polyanka, Pochayna were treated with a solution of chemical mutagens. Photosynthetic activity was studied during the earing period using the SPAD-502 device. Genotype had no significance for SA and approximately the same low significance for EMS and DMS. Discriminant analysis showed the modelability of the parameter in all cases. It was shown that the influence of varietal specificity on mutagenic depression depends on the potency of the mutagenic factor and is significantly reduced by the action of a more genetically active compound. According to the results of the canonical analysis, only two genotypes, Balaton

and Niva Odeska, are more or less reliably identified, the others show a related reaction. The indicator of photosynthetic activity is a more or less reliable parameter for the manifestation of mutagenic depression when the consequences of an increase in the concentration of a single mutagen are detected, but it is not sufficient for demonstrating the peculiarities of the influence of the genotype and site-specificity. The indicator of photosynthetic activity is a fairly reliable parameter of mutagenic depression in modern varieties of winter wheat, but it does not reproduce the site-specific features of the potent factors that were studied. Genotypic variability is quite low, although significant for two mutagens (EMC and DMS) out of three (no corresponding reaction was detected for SA, the whole group was homogeneous. Differences occur at the level of no statistically significant difference for individual concentrations for some varieties and are more typical for EMC. SA acted on this indicator at approximately the level of EMC, DMS as a mutagen was the most harmful and it is not characteristic of the lack of difference between the effects of concentrations. Moreover, in almost all cases, the difference compared to the control was significant.

Key words: winter wheat, chemical mutagenesis, photosynthetic activity, first generation.

Постановка проблеми. Мутагенна депресія рослин проявляється в багатьох варіантах та впливає на основні ознаки, котрі опосередковують життєдіяльність організму. Фотосинтетична активність є ключовим параметром для визначення майбутньої продуктивності та життєздатності рослини [2; 10] та обумовлює асимілюючі здатності організму. Доволі значимо обумовлює цей тип активності саме генотип організму, у багатьох сучасних сортів штучно подовжено період фотосинтезу для більш ефективної ремобілізації [1; 3].

В той же час, дія мутагенного чинника, особливо хімічної природи в своїй активності є сайт-специфічною та залежить в доволі високій мірі від структурних особливостей геному [6; 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фотосинтетична активність в критичні періоди росту та розвитку є надійним показником стану посіви пшениці озимої, особливо важливим цей параметр є під час колосіння, що є критичним для формування майбутнього врожаю [4; 5]. Генетичне поліпшення сортів пшениці озимої дозволило створити високопродуктивні та якісні форми саме через використання цього параметру [8; 13].

Зміни за активністю фотосинтезу особливо цікаві з огляду на вплив післядії мутагенних чинників, їх особливості в порушенні фізіологічних процесів у рослинах [9; 12].

Постановка завдання. Застосували мутагени азид натрію (АН) у концентраціях 0,01, 0,025, 0,05, 0,1%, етилметансульфонат (ЕМС) 0,025, 0,05, 0,1%, диметилсульфат (ДМС) 0,0125, 0,025 та 0,05%.

Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічних мутагенів. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин.

Досліди проводили на дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область, Україна). Фотосинтетична активність досліджувалась у період колосіння за допомогою прибору SPAD-502, концентрація хлорофілу (a+b) обчислювалась у відповідності до загальноприйнятої формули $Chl = 10^{M \cdot 0.265}$, де M значення вимірювання у SPAD одиницях [13]. Статистичний аналіз проводився за допомогою ANOVA-аналізу, групування та аналіз даних за допомогою дискримінантного аналізу (Statistica 10).

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим показником в прояві негативних наслідків дії мутагенного чинника є асиміляційна активність

рослинного організму, в даному випадку представлена через фотосинтетичну активність пшениць в критичні для росту та розвитку фази. Найвищим цей параметр був у сорту Балатон, що взагалі характерно для сортів іноземної селекції. Цим він дуже відрізнявся від усіх інших, навіть добре адаптованих генотипів ($F = 7.98$; $F_{0.05} = 5.16$; $P = 0.01$).

Таблиця 1

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів першої групи при дії EMC ($\bar{x} \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Балатон	55,8 ± 0,6 ^a	799,5 ± 7,5
Балатон, EMC 0,025%	52,9 ± 0,7 ^b	730,5 ± 7,9
Балатон, EMC 0,05%	51,3 ± 0,7 ^b	691,3 ± 8,3
Балатон, EMC 0,1%	48,9 ± 0,4 ^c	636,2 ± 6,3
Зелений Гай	50,5 ± 1,2 ^a	670,8 ± 11,2
Зелений Гай, EMC 0,025%	49,2 ± 1,1 ^a	641,5 ± 10,6
Зелений Гай, EMC 0,05%	46,2 ± 1,2 ^b	577,7 ± 11,1
Зелений Гай, EMC 0,1%	43,7 ± 1,2 ^c	525,2 ± 11,2
Золото України	48,1 ± 1,4 ^a	618,5 ± 12,3
Золото України, EMC 0,025%	47,0 ± 1,3 ^a	594,5 ± 12,0
Золото України, EMC 0,05%	44,9 ± 1,0 ^b	550,5 ± 10,0
Золото України, EMC 0,1%	43,2 ± 2,1 ^b	515,5 ± 16,5
Нива Одеська	45,2 ± 1,9 ^a	555,9 ± 15,3
Нива Одеська, EMC 0,025%	44,2 ± 1,8 ^a	536,3 ± 14,7
Нива Одеська, EMC 0,05%	41,0 ± 1,2 ^b	473,8 ± 11,3
Нива Одеська, EMC 0,1%	40,3 ± 1,3 ^b	460,9 ± 12,0

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0.05}$.

Для другої групи (таблиця 2) за концентраціями різниця достовірна для EMC ($F = 71.01$; $F_{0.05} = 3.86$; $P = 1.38 \cdot 10^{-6}$), також і по генотипу ($F = 22.74$; $F_{0.05} = 3.86$; $P = 0.0001$), але в більш низькому ступені. Можна побачити, що знову виділяється однорідність групи з п'яти сортів.

Щодо першої групи сортів (таблиця 1) для усіх періодів зразків статистично вірогідна різниця як за концентраціями EMC ($F = 78.60$; $F_{0.05} = 3.86$; $P = 8.92 \cdot 10^{-7}$), так і за генотипом ($F = 185.77$; $F_{0.05} = 3.86$; $P = 2.07 \cdot 10^{-9}$).

Найменша варіативність у сортів Золото України та Нива Одеська, у котрих попарно не відрізняються контроль та концентрація 0.025%, концентрації 0.05% та 0.1%. У сортів однорідної групи як правило немає різниці в одному з випадків (хоча й між різними варіантами), але в цілому вони більш варіативні, у сорту Балатон, котрий демонстрував вищу активність, немає відмінностей за дії вищих концентрацій 0.025% та 0.05%.

В цілому показник за мінливістю приблизно на рівні інших параметрів депресії, але менш залежить при дії високомутабельних речовин від вихідного матеріалу.

Щодо АН як мутагену, то для першої групи сортів при підвищенні концентрацій дія достовірна ($F = 54,12$; $F_{0.05} = 3,51$; $P = 2,17 \cdot 10^{-4}$), а от по генотипу ні ($F = 3,34$;

Таблиця 2

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів другої групи при дії ЕМС ($x \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Боровиця	52,1 ± 1,0 ^a	715,4 ± 10,1
Боровиця, ЕМС 0,025%	49,2 ± 1,2 ^b	642,9 ± 11,0
Боровиця, ЕМС 0,05%	48,2 ± 1,2 ^b	619,6 ± 11,4
Боровиця, ЕМС 0,1%	45,0 ± 1,3 ^c	552,6 ± 11,9
Каланча	52,0 ± 1,5 ^a	714,1 ± 12,7
Каланча, ЕМС 0,025%	48,9 ± 1,3 ^b	635,3 ± 11,9
Каланча, ЕМС 0,05%	47,1 ± 1,2 ^b	597,3 ± 11,5
Каланча, ЕМС 0,1%	44,3 ± 1,2 ^c	538,5 ± 10,9
Полянка	54,2 ± 1,3 ^a	759,2 ± 11,9
Полянка, ЕМС 0,025%	52,5 ± 1,1 ^a	717,9 ± 10,7
Полянка, ЕМС 0,05%	49,0 ± 1,1 ^b	638,4 ± 10,6
Полянка, ЕМС 0,1%	47,2 ± 1,3 ^c	597,9 ± 11,9
Почайна	49,9 ± 0,9 ^a	660,0 ± 9,5
Почайна, ЕМС 0,025%	47,0 ± 0,8 ^b	594,7 ± 8,9
Почайна, ЕМС 0,05%	44,5 ± 0,9 ^c	541,1 ± 9,1
Почайна, ЕМС 0,1%	43,3 ± 0,8 ^c	518,5 ± 8,7

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$.

$F_{0,05} = 3.86$; $P = 0,07$) (таблиця 3). Іноді немає різниці і в дії окремих концентрацій, так подібна для сорту Балатон для першої та другої концентрації, сорту Зелений Гай між контролем та першим варіантом, між третім та четвертим варіантом. Для сорту Золото України між контролем та першим варіантом, для сорту Нива Одеська при попарному порівнянні між контролем та першим варіантом, другим та третім варіантом. Але в цілому за дією мутаген більш активний ніж ЕМС.

Таблиця 3

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів першої групи при дії АН ($x \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Балатон	55,8 ± 0,6 ^a	799,5 ± 7,5
Балатон, АН 0,01%	52,0 ± 0,6 ^b	706,8 ± 7,5
Балатон, АН 0,025%	50,1 ± 0,5 ^b	662,8 ± 6,8
Балатон, АН 0,05%	48,6 ± 0,5 ^c	629,1 ± 6,8
Балатон, АН 0,1%	47,1 ± 0,4 ^d	596,43 ± 6,1
Зелений Гай	50,5 ± 1,2 ^a	670,8 ± 11,2
Зелений Гай, АН 0,01%	49,0 ± 1,0 ^a	637,9 ± 10,0
Зелений Гай, АН 0,025%	45,7 ± 1,1 ^b	566,8 ± 10,6
Зелений Гай, АН 0,05%	43,8 ± 1,1 ^c	528,0 ± 10,6
Зелений Гай, АН 0,1%	42,4 ± 0,9 ^c	500,4 ± 9,4

Продовження таблиці 3

Золото України	48,1 ± 1,4 ^a	618,5 ± 12,3
Золото України, АН 0,01%	46,5 ± 1,2 ^a	583,6 ± 11,2
Золото України, АН 0,025%	44,5 ± 1,0 ^{ab}	542,1 ± 10,0
Золото України, АН 0,05%	42,7 ± 1,1 ^b	506,2 ± 10,6
Золото України, АН 0,1%	40,2 ± 1,0 ^c	506,2 ± 10,6
Нива Одеська	45,2 ± 1,9 ^a	458,6 ± 10,0
Нива Одеська, АН 0,01%	44,0 ± 1,4 ^a	532,0 ± 12,4
Нива Одеська, АН 0,025%	41,1 ± 1,3 ^b	475,5 ± 11,8
Нива Одеська, АН 0,05%	40,0 ± 1,0 ^b	454,9 ± 10,0
Нива Одеська, АН 0,1%	38,2 ± 0,6 ^c	422,4 ± 7,5

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$.

Для другої групи сортів при підвищенні концентрацій дія достовірна ($F = 61,17$; $F_{0,05} = 3,51$; $P = 1,24 \cdot 10^{-5}$), а от по генотипу знов ні ($F = 3,45$; $F_{0,05} = 3,86$; $P = 0,06$) (таблиця 4). Іноді немає різниці і в дії окремих концентрацій, так подібна для сорту Боровиця для другої та третьої концентрації, сорту Каланча між першим та другим варіантом, між третім та четвертим варіантом. Для сорту Полянка між контролем та першим варіантом, третім та четвертим варіантом, для сорту Почайна при попарному порівнянні між другим, третім та четвертим варіантами. Група більш стійка до дії.

При дії ДМС депресія найвища. У першій групі сортів (таблиця 5) для статистично вірогідна різниця як за концентраціями ДМС ($F = 117,56$; $F_{0,05} = 3,86$; $P = 4,17 \cdot 10^{-9}$), так і за генотипом ($F = 23,34$; $F_{0,05} = 3,86$; $P = 3,11 \cdot 10^{-4}$).

Таблиця 4

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів другої групи при дії АН ($x \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Боровиця	52,1 ± 1,0 ^a	715,4 ± 10,1
Боровиця, АН 0,01%	48,7 ± 1,2 ^b	631,3 ± 11,2
Боровиця, АН 0,025%	47,9 ± 1,0 ^b	613,7 ± 10,0
Боровиця, АН 0,05%	44,8 ± 1,1 ^c	548,3 ± 10,6
Боровиця, АН 0,1%	42,0 ± 1,0 ^d	492,6 ± 10,0
Каланча	52,0 ± 1,5 ^a	714,1 ± 12,7
Каланча, АН 0,01%	48,4 ± 1,1 ^b	624,7 ± 10,6
Каланча, АН 0,025%	46,9 ± 1,0 ^b	592,2 ± 10,0
Каланча, АН 0,05%	44,0 ± 1,0 ^c	532,0 ± 10,0
Каланча, АН 0,1%	42,1 ± 1,1 ^c	494,6 ± 10,6
Полянка	54,2 ± 1,3 ^a	759,2 ± 11,9
Полянка, АН 0,01%	51,9 ± 1,0 ^a	704,5 ± 10,0
Полянка, АН 0,025%	48,7 ± 1,1 ^b	631,3 ± 10,6
Полянка, АН 0,05%	46,9 ± 1,1 ^c	592,2 ± 10,6
Полянка, АН 0,1%	45,1 ± 0,9 ^c	554,4 ± 9,4

Продовження таблиці 4

Почайна	49,9 ± 0,9 ^a	660,0 ± 9,5
Почайна, АН 0,01%	47,1 ± 0,9 ^b	596,4 ± 9,4
Почайна, АН 0,025%	44,0 ± 0,8 ^c	532,0 ± 8,8
Почайна, АН 0,05%	43,1 ± 0,7 ^c	514,1 ± 8,1
Почайна, АН 0,1%	42,0 ± 0,5 ^c	492,6 ± 6,8

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$.

Відсутня різниця у сорту Зелений Гай між контролем та першим варіантом, у всіх інших сортів при кожному підвищенні концентрації достовірно знижується ознака.

У другій групі сортів (таблиця 6) для статистично вірогідна різниця як за концентраціями ДМС ($F = 94,06$; $F_{0,05} = 3,86$; $P = 3,22 \cdot 10^{-7}$), так і за генотипом ($F = 19,17$; $F_{0,05} = 3,86$; $P = 0,001$).

У сорту Боровиця немає різниці між першим та другим варіантом, у сорту Почайна те ж саме, для сорту Полянка між другим та третім. В цілому група менш вразлива ніж попередня.

Таблиця 5

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів першої групи при дії EMC ($\bar{x} \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Балатон	55,8 ± 0,6 ^a	799,5 ± 7,5
Балатон, ДМС 0,0125%	51,2 ± 0,7 ^b	728,3 ± 8,1
Балатон, ДМС 0,025%	48,5 ± 0,6 ^c	690,4 ± 8,1
Балатон, ДМС 0,05%	44,2 ± 0,4 ^d	635,7 ± 6,1
Зелений Гай	50,5 ± 1,2 ^a	670,8 ± 11,2
Зелений Гай, ДМС 0,0125%	46,5 ± 1,3 ^a	583,6 ± 11,8
Зелений Гай, ДМС 0,025%	43,4 ± 1,1 ^b	520,0 ± 10,6
Зелений Гай, ДМС 0,05%	41,4 ± 1,1 ^c	481,2 ± 10,6
Золото України	48,1 ± 1,4 ^a	618,5 ± 12,3
Золото України, ДМС 0,0125%	45,1 ± 1,3 ^b	554,4 ± 11,8
Золото України, ДМС 0,025%	42,5 ± 1,0 ^c	502,3 ± 10,0
Золото України, ДМС 0,05%	40,0 ± 1,1 ^d	454,9 ± 10,6
Нива Одеська	45,2 ± 1,9 ^a	555,9 ± 15,3
Нива Одеська, ДМС 0,0125%	41,1 ± 0,8 ^b	475,5 ± 8,8
Нива Одеська, ДМС 0,025%	39,3 ± 0,9 ^c	442,1 ± 9,4
Нива Одеська, ДМС 0,05%	35,1 ± 1,4 ^d	369,4 ± 12,4

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$.

Результати факторного аналізу (таблиця 7) показали, що зростання концентрації суттєво впливає на зниження фотосинтетичної активності для всіх трьох мутагенів, попри іноді відсутність відмінностей у окремих сортів за окремими дозами. Генотип не мав значення для АН та приблизно однакове невисоке значення

для ЕМС та ДМС. Дискримінантний аналіз показав модельність параметру в усіх випадках.

За результатами канонічного аналізу (таблиця 8) показана успішність вивчених модельних параметрів у класифікації за генотип-мутагенною взаємодією. Так, лише два генотипи, Балатон та Нива Одеська ідентифікуються більш-менш достовірно, інші демонструють споріднену реакцію.

Таблиця 6

**Результати дослідження фотосинтетичної активності
у сортів другої групи при дії ЕМС ($x \pm SD$, $n = 5$)**

Варіант	Soil Plant Analysis Development (SPAD)	Chl, мкмоль/м ²
Боровиця	52,1 ± 1,0 ^a	715,4 ± 10,1
Боровиця, ДМС 0,0125%	48,1 ± 1,1 ^b	618,1 ± 10,6
Боровиця, ДМС 0,025%	45,3 ± 1,1 ^b	558,5 ± 10,6
Боровиця, ЕМС 0,1%	43,1 ± 1,1 ^c	514,1 ± 10,6
Каланча	52,0 ± 1,5 ^a	714,1 ± 12,7
Каланча, ДМС 0,0125%	47,2 ± 1,1 ^b	598,6 ± 10,6
Каланча, ДМС 0,025%	44,0 ± 1,3 ^c	532,0 ± 11,8
Каланча, ЕМС 0,1%	41,1 ± 1,1 ^d	475,5 ± 10,6
Полянка	54,2 ± 1,3 ^a	759,2 ± 11,9
Полянка, ДМС 0,0125%	49,5 ± 1,1 ^b	649,2 ± 10,6
Полянка, ДМС 0,025%	47,3 ± 1,1 ^b	600,7 ± 10,6
Полянка, ЕМС 0,1%	44,6 ± 1,0 ^c	544,2 ± 10,0
Почайна	49,9 ± 0,9 ^a	660,0 ± 9,5
Почайна, ДМС 0,0125%	44,7 ± 0,8 ^b	546,2 ± 8,8
Почайна, ДМС 0,025%	42,9 ± 0,9 ^c	510,2 ± 9,4
Почайна, ЕМС 0,1%	40,9 ± 0,8 ^c	471,7 ± 8,8

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$.

Таблиця 7

Результати факторного та дискримінантного аналізу

Параметр	Концентрація	Генотип	Wilks' – Lambda	F _{критичне} (4,11)	p
ЕМС	-0.912*	-0.543*	0.018	12.34	< 0.01
АН	-0.889*	0.116	0.015	10.07	< 0.01
ДМС	-0.987*	-0.671*	0,022	19,17	< 0.01
Пояснена частина	3.543	3.311	–	–	–
Непояснена	0.789	1.788	–	–	–

Примітка: * статистично достовірно при $P_{0,05}$.

Таким чином, в принципі, показник фотосинтетичної активності є більш-менш надійним параметром для прояву мутагенної депресії при виявленні наслідків підвищення концентрації окремого мутагену, але не є достатнім для демонстрації особливостей впливу генотипу та сайт-специфічності.

Таблиця 8

Результати класифікації за канонічними змінами в факторному просторі

Сорт	Об'єкти в моделі, %
Балатон	66.66
Зелений Гай	33.33
Золото України	33.33
Нива Одеська	66.66
Боровиця	33.33
Каланча	33.33
Полянка	33.33
Почайна	33.33
Всього	33.33

Висновки і пропозиції. Показник фотосинтетичної активності є доволі надійним параметром мутагенної депресії у сучасних сортів пшениці озимої, але не відтворює сайт-специфічні особливості сильнопдіючих факторів, котрі досліджувались. Генотипова мінливість доволі низька, хоча й значима для двох мутагенів (ЕМС та ДМС) з трьох (для АН відповідної реакції не виявлено, уся група була однорідна. Відмінності зустрічаються на рівні відсутності статистично значимої різниці для окремих концентрацій для деяких сортів та більш характерні для ЕМС. АН діяв за цим показником приблизно на рівні ЕМС, ДМС як мутаген був найбільш шкодочинним і для нього не характерне відсутність різниці між діями концентрацій. Причому майже в усіх випадках різниця в порівнянні з контролем була значимою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdoun A., Mekki L., Hamwiah A., Badr A. Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. 118(2). P. 1–16.
2. Ariraman M., Dhanavel D., Seetharaman N., Murugan S., Ramkumar R. Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus Cajan* (L.) Millsp. *Journal of Plant Stress Physiology*. 2018. 4. P. 38–40.
3. Beiko V., Nazarenko, M. Early depressive effects of epimutagen in the first generation of winter wheat varieties. *Agrology*. 2022. 5(2), P. 137–145
4. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*. 2022. 282. 108505.
5. Jaradat A. Simulated climate change differentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2018. 30(6). P. 429–442.
6. Hiroyasu Y. Mutation breeding of ornamental plants using ion beams. *Breeding Science*. 2018. 68(1), P. 71–78
7. Liu Y., Liang X., Zhou F., Zhang Z. Accessing the agronomic and photosynthesis-related traits of high-yielding winter wheat mutants induced by ultra-high pressure. *Field Crops Research*. 2017. 213. P. 165–173.
8. Nazarenko M. Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2016. LIX. P. 350–353.
9. Nazarenko M., Gorschar V., Lykholat Yu., Kovalenko I. Winter wheat mutations by plant height and structure caused by chemical supermutagens. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. LXIII (1). P. 443–449.

10. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., Plant mutation breeding and biotechnology. CAB International, Vienna, 2013. P. 611.

11. Spencer-Lopes M.M., Forster B.P., Jankuloski L. Manual on mutation breeding. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2018. P. 672.

12. Vesali F., Omid M., Mobli H., Kaleita A. Feasibility of using smart phones to estimate chlorophyll content in corn plants. *Photosynthetica*, 2017. 55. P 603–610.

УДК 631.4:631.8:631.547(477.4)(292.485)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.8>

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА ТРИВАЛІСТЬ ВЕГЕТАЦІЇ ТА ДИНАМІКУ ГУСТОТИ РОСЛИН СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Дідур І.М. – к.с.-г.н., доцент,

декан факультету агрономії та лісівництва,

Вінницький національний аграрний університет

У даній статті розглядаються питання, присвячені вивченню впливу інокулянтів Біоінокулянт БТУ, Різолан + Різосейв, Андеріз та біологічних добрив для позакореневого підживлення Біокомплекс БТУ, Гуміфренд та Хелпрост соя на ростові процеси рослин сої, а саме на тривалість періоду вегетації та динаміку густоти рослин в онтогенезі. На сьогоднішній день, в умовах війни спостерігається значний дефіцит та стрімке зростання цін на мінеральні добрива, що зумовлює пошук альтернативних підходів до оптимізації існуючих та розробки нових технологічних прийомів вирощування сільськогосподарських культур у тому числі і сої. Одним із них є максимальне використання біологічних факторів інтенсифікації, і в першу чергу симбіотичного потенціалу, як дешевого природного джерела біологічного азоту.

На основі фенологічних спостережень встановлено, що на тривалість як окремих міжфазних періодів так і в загальному вегетаційного періоду рослин сої поряд із гідротермічними умовами значний вплив мали і технологічні прийоми вирощування, зокрема інокуляція насіння та позакореневі підживлення. Встановлено, що позакореневі підживлення орґано-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) на фоні проведення інокуляції насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2,0 л/т) забезпечили найвищу у досліді тривалість періоду вегетації рослин сої 118 діб в той час як на контролі досліді даний показник становив 110 діб.

Поряд із цим позакореневі підживлення біопрепаратом Біокомплекс БТУ (1 л/га), комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га) та орґано-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) суттєво підвищували коефіцієнт збереження рослин від повних сходів до повної стиглості. На кращому варіанті досліді коефіцієнт збереження рослин сої становив 93,2% в той час, як на абсолютному контролі даний показник знижувався на 6,1% і становив 87,1%.

Ключові слова: інокуляція насіння, позакореневі підживлення, біологічні препарати, густина, фенологічні фази.

Didur I.M. The influence of seed inoculation and extra-root nutrition on the duration of vegetation and the dynamics of soybean plants density in the conditions of right bank Forest Steppe

This article deals with the study of the influence of inoculants Bioinoculant BTU, Rizolain + Rhizosev, Anderiz and biological fertilizers for foliar feeding Biocomplex BTU, Gumifrend and Helprost soybean on the growth processes of soybean plants, namely on the length