

## **ДИНАМІКА ПЕРЕКИСНИХ ПРОЦЕСІВ ЛІПІДІВ СОЇ ПІД ВПЛИВОМ АНТИОКСИДАНТІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗЕРНА**

**Я.І.ГОРБАНЬ**, аспірант\*, **В.В.КАЛИТКА**,  
доктор сільськогосподарських наук  
Таврійська державна агротехнічна академія

*Наведено результати досліджень впливу інкрустації насіння сої антиоксидантним препаратом дистинол на процеси ліпопероксидації при зберіганні вирощеного зерна. Встановлено, що передпосівний обробіток сої антиоксидантом стимулює процеси післязбирального дозрівання зерна, знижує вміст вільних жирних кислот, підвищує вміст ліпідів, сприяє формуванню ефективної системи антиоксидантного захисту. При зберіганні оброблене зерно менше піддається гідролітичному і перекисному псуванню, що позитивно впливає на його біологічну цінність.*

*Соє, антиоксиданти, зберігання, кислотне число, перекисне окислення ліпідів, вітаміни, антиоксидативні ферменти.*

Особливості хімічного складу зерна сої характеризують її як малостійку культуру при зберіганні. В зерні сої міститься 18–25% ліпідів, вміст високоненасичених жирних кислот в яких складає близько 64% [1]. Присутність у соєвій олії ліноленової кислоти є причиною швидкого переокислення в процесі зберігання, що знижує її харчову цінність [2].

Інтенсивність гідролітичних і перекисних процесів у ліпідному комплексі сої визначається як умовами зберігання, так і тими речовинами, які закладено в процесі дозрівання насіння. За сприятливих умов вирощування рослин у насінневих тканинах формується багатокomпонентна система антиоксидантного захисту (АОЗ), яка включає низькомолекулярні біоантиоксиданти (каротиноїди, токофероли, фосфоліпіди та ін.) і антиоксидантні ферменти (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза та ін.) [3]. Від рівня сформованості АОЗ залежить інтенсивність перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) і ступінь ушкодження біоактивних речовин при зберіганні насіння [4,5].

Тому метою нашої роботи було з'ясування впливу інкрустації насіння сої антиоксидантним препаратом дистинол на процеси ліпопероксидації і антиоксидантного захисту у вирощеному зерні при тривалому зберіганні.

### **Матеріал і методика досліджень**

Дослідження проводили на сої сорту Срібна (група середньопізніх сортів) врожаю 2003 р., вирощену в Мелітопольському районі Запорізької області на південних чорноземах із вмістом гумусу 3,8% при зрошенні. Перед посівом насіння інкрустували робочим розчином препарату дистинол із розрахунку 10 л розчину на 1т насіння. Використовували розчини з концентрацією дистинолу (Д) 0,063% (№2), 0,125(№3), 0,250 (№4) і 0,500% (№5). У контрольному варіанті (№1) насіння обробляли дистильованою водою.

Вирощений урожай збирали в стадії технічної стиглості і зберігали в нетерморегульованому складському приміщенні при відносній вологості повітря 50–60 % протягом року. Відбір проб насіння сої брали на десятий день після збирання та через кожні 80 днів з наступним визначенням таких

показників як: вміст ліпідів у сухій речовині, вологість насіння, кислотне число олії (КЧ), перекисне число олії (ПЧ); вміст ТБК–активних продуктів, вітаміну Е, каротиноїдів, фосфоліпідів; активність пероксидази (ПР) та супероксиддисмутази (СОД).

Кількість загальних ліпідів визначали екстрагуванням насіння сої діетиловим ефіром в апараті Сокслета (ГОСТ 10857–86), вологість, КЧ, ПЧ – за загальновідомими методиками [5], вміст вторинних продуктів пероксидації визначали за реакцією з 2–тіобарбітуровою кислотою (ТБК–активні продукти) і виражали в нмоль малонового діальдегіду (МДА) на 1г наважки [6], вітаміну Е – за реакцією із залізопіридиловим реактивом, каротиноїдів – фотометрією ефірного екстракту ліпідів при  $\lambda = 440$  нм [7]. Вміст фосфоліпідів визначали гравіметричним методом, який полягає в осадженні фосфоліпідів ацетоном з ліпідного екстракту за Фолчем [8], активність ПР (КФ 1.11.1.7) – фотометрією розчину індигокарміну, який окислюється  $H_2O_2$  в присутності ПР [9], активність СОД (КФ 1.15.1.1) оцінювали за ступенем гальмування відновлення нітросинього тетразолію в присутності NADH і феназинметасульфату [10].

Результати досліджень опрацьовано статистично за критерієм Ст'юдента при  $P \leq 0,05$  [11].

### Результати досліджень та їх обговорення

У свіжозібраному насінні сої протікають процеси післязбирального дозрівання. В цей період для нього характерна підвищена вологість та активність ферментативного комплексу. Обробіток посівного матеріалу препаратом дистинол суттєво вплинув на вологість зібраного зерна. У дослідних варіантах вона була на 5,7–8,0% (відносних) ( $P < 0,05$ ) нижчою, ніж на контролі (рис.1), причому суттєвої різниці між дослідними варіантами не встановлено.

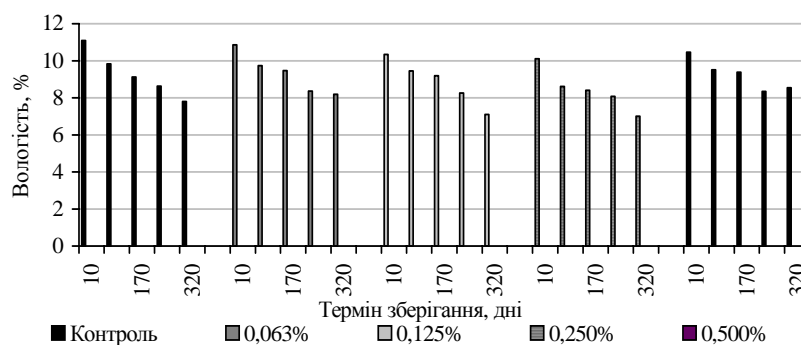


Рис.1. Вологість сої при зберіганні, n=5

Вміст вільних кислот (КЧ) у дослідних варіантах також був достовірно нижчим на 19,1 – 24,3% (рис.2). Ці дані свідчать про те, що передпосівний обробіток насіння сої дистинолом стимулює процеси післязбирального дозрівання вирощеного зерна.

При подальшому зберіганні вологість зерна сої продовжувала знижуватися і найменші показники вологості на кінець зберігання відмічено в зерні сої дослідних варіантів, де використовували передпосівний обробіток дистинолом у концентраціях 0,125% і 0,250%. Зерно цих варіантів мало також достовірно нижчі показники КЧ олії протягом усього періоду зберігання (див. рис.2). Отже,

передпосівний обробіток насіння сої дистинолом забезпечує високу стійкість вирощеного зерна щодо гідролітичного псування жиру при зберіганні.

Між вологістю зерна сої і КЧ жиру в процесі зберігання спостерігається пряmlinійна функціональна залежність ( $r = -0,94 \div -0,99$ ).



Рис.2. Кислотне число олії при зберіганні сої, n=5

Передпосівний обробіток насіння сої дистинолом суттєво вплинув на олійність вирощеного зерна. Закладене на зберігання зерно дослідних варіантів мало достовірно вищий (на 2,4–9,7% відн.) вміст ліпідів, ніж на контролі (рис.3). Накопичення ліпідів у насінні сої при зберіганні протікає нерівномірно і на кінець досліду достовірно вищий їх вміст був у зерні, яке виростили з використанням дистинолу в концентраціях 0,125% і 0,250%.

При зберіганні в насінні сої відбуваються вільнорадикальні окислювальні процеси, які, перш за все, протікають в ліпідному комплексі. Ступінь пероксидного окислення ліпідів (ПОЛ) оцінювали за вмістом пероксидів (ПЧ) і кінцевих продуктів ліпопероксидації, що реагують з тіобарбітуровою кислотою (ТБК–активні продукти).

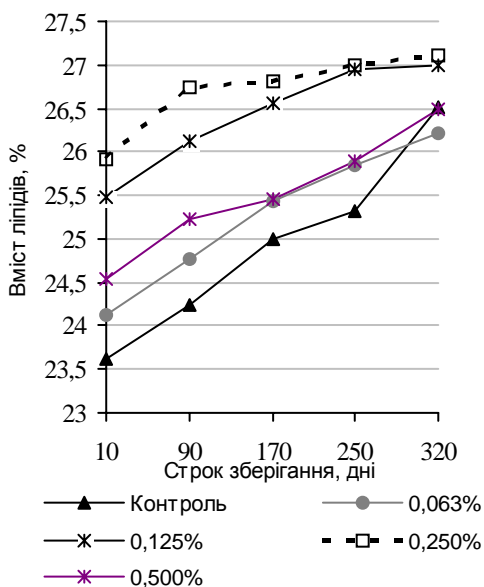


Рис.3. Вміст ліпідів у насінні сої при зберіганні, n=5

Слід зазначити суттєвий вплив дистинолу на вміст продуктів ПОЛ у вирощеному зерні сої. Зерно дослідних варіантів мало достовірно нижчий, порівняно з контролем, вміст продуктів ліпопероксидації вже на момент закладання на зберігання (рис.4 і 5). Причому, якщо за ПЧ жиру суттєвої різниці між дослідними варіантами (рис.4) не відмічено, то вміст ТБК–активних продуктів був найнижчим у варіантах, де використовували дистинол у концентраціях 0,125% і 0,250%.

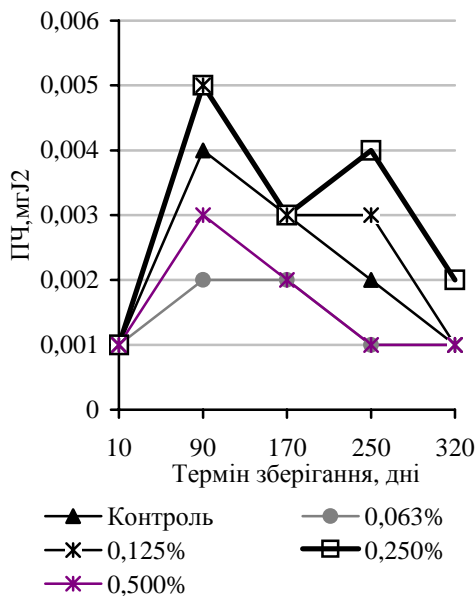


Рис.4. Зміна перекисного числа олії при зберіганні насіння сої, n=5

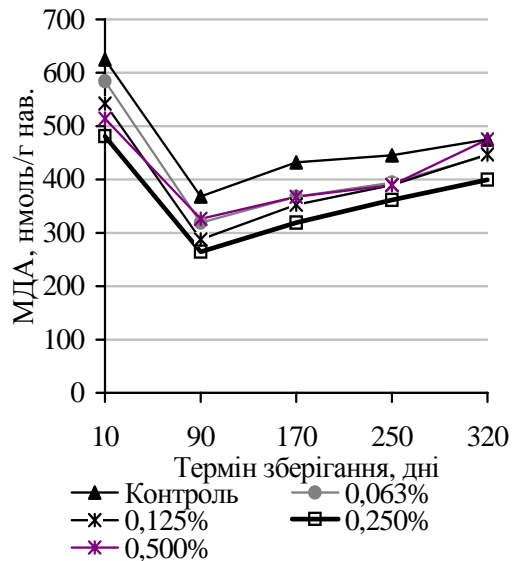


Рис.5. Динаміка вмісту ТБК-активних продуктів у насінні сої при зберіганні, n=5

ПЧ жиру при зберіганні насіння сої в перші 170 днів досягає максимальних значень, а потім поступово знижується (рис.4). Використання для передпосівної обробки насіння препарату дистинол у концентрації 0,250% забезпечує отримання зерна з підвищеною стійкістю жиру до переокислення при зберіганні. Коефіцієнт варіації ПЧ жиру в цьому варіанті становить 4,8%, тоді як в контролі він досягає 6,6%.

Динаміка вмісту ТБК-активних продуктів при зберіганні сої однакова для усіх варіантів дослідження (рис.5). У перші три місяці зберігання зерна їх рівень різко знижується (у 1,4–1,8 раза), а потім поступово зростає внаслідок вичерпання системи антиоксидантного захисту. Після 320 днів зберігання вміст ТБКАП у зерні дослідних варіантів, де використовували дистинол у концентраціях 0,063–0,250%, був на 6,0–15,9% меншим, ніж на контролі. Коефіцієнт варіації цього показника в контрольному варіанті становив 10,2%, а у варіанті з оптимальною концентрацією (0,250%) дистинолу тільки 7,9%. Це свідчить про високу стабільність зерна цього варіанту щодо процесів пероксидації при тривалому зберіганні.

Зерно сої, вирощене з використанням дистинолу, мало краще сформовану неферментативну систему антиоксидантного захисту. Так, вміст фосфоліпідів у такому зерні перед закладанням на зберігання був на 25–52%, каротиноїдів – на 17–42%, вітаміну Е – на 12–28% більшим, якщо порівняти з зерном контрольного варіанта (табл.).

При зберіганні сої спостерігається підвищення вмісту фосфоліпідів у всіх варіантах дослідження, що узгоджується зі зростанням концентрації загальних ліпідів. Проте в зерні дослідних варіантів, де використовували дистинол, нагромадження фосфоліпідів протікає значно інтенсивніше і тому після 320 днів зберігання їх вміст перевищує цей показник для контролю в 1,5–1,8 раза.

Каротиноїди і токофероли при зберіганні сої витрачаються на зв'язування вільних радикалів і пероксидів, які утворюються в реакціях вільнорадикального ПОЛ. Тому при зберіганні зерна вміст каротиноїдів і вітаміну Е зменшується. Але швидкість вичерпання цих біоантиоксидантів у дослідних варіантах значно менша і тому, після 320 днів зберігання, вміст каротиноїдів у зерні, вирощеному із використанням дистинолу, був 1,3–1,8 раза більший, ніж у зерні контрольного варіанта.

### 1. Динаміка основних компонентів неферментативної системи антиоксидантного захисту ліпідів при зберіганні насіння сої, ( $M \pm m$ , $n=5$ )

Дослід	Показники	Термін зберігання, дні				
		10	90	170	250	320
1 (Контроль)	Фосфоліпіди, %	0,86±0,05	0,89±0,07	0,91±0,08	0,92±0,04	1,11±0,03
	Каротиноїди, мг%	0,75±0,03	0,61±0,05	0,58±0,05	0,65±0,05	0,71±0,05
	Вітамін Е, мг%	61,34±3,38	87,26±2,97	71,35±3,48	67,18±2,21	28,76±3,10
2 (0,063% Д)	Фосфоліпіди, %	1,08±0,06	1,23±0,07 <sup>a</sup>	1,41±0,04 <sup>a</sup>	1,45±0,04 <sup>a</sup>	1,71±0,05 <sup>a</sup>
	Каротиноїди, мг%	0,88±0,03 <sup>a</sup>	0,75±0,05 <sup>a</sup>	0,72±0,05 <sup>a</sup>	0,91±0,05 <sup>a</sup>	0,96±0,05 <sup>a</sup>
	Вітамін Е, мг%	68,47±4,64	92,41±4,06 <sup>a</sup>	83,16±2,31 <sup>a</sup>	71,35±3,48 <sup>a</sup>	35,10±2,27 <sup>a</sup>
3 (0,125% Д)	Фосфоліпіди, %	1,18±0,03 <sup>*</sup>	1,35±0,05 <sup>*</sup>	1,58±0,09 <sup>*</sup>	1,71±0,07 <sup>*</sup>	1,84±0,06 <sup>*</sup>
	Каротиноїди, мг%	0,97±0,05 <sup>a</sup>	0,86±0,05 <sup>a</sup>	0,82±0,05 <sup>a</sup>	0,98±0,05 <sup>*</sup>	1,08±0,05 <sup>a</sup>
	Вітамін Е, мг%	72,94±3,59	110,51±4,64 <sup>*</sup>	94,25±2,41 <sup>*</sup>	74,15±2,50 <sup>a</sup>	51,25±2,32 <sup>*</sup>
4 (0,250% Д)	Фосфоліпіди, %	1,31±0,05 <sup>*</sup>	1,54±0,05 <sup>*</sup>	1,86±0,05 <sup>*</sup>	1,89±0,05 <sup>*</sup>	1,95±0,05 <sup>*</sup>
	Каротиноїди, мг%	1,07±0,05 <sup>*</sup>	1,98±0,05 <sup>*</sup>	1,10±0,01 <sup>*</sup>	1,00±0,08 <sup>*</sup>	1,27±0,01 <sup>*</sup>
	Вітамін Е, мг%	78,43±4,06 <sup>*</sup>	121,35±2,91 <sup>*</sup>	104,57±3,09 <sup>*</sup>	87,04±3,81 <sup>*</sup>	44,02±2,08 <sup>*</sup>
5 (0,500% Д)	Фосфоліпіди, %	1,21±0,08 <sup>*</sup>	1,48±0,06 <sup>*</sup>	1,66±0,04 <sup>a</sup>	1,75±0,04 <sup>*</sup>	1,80±0,05 <sup>*</sup>
	Каротиноїди, мг%	0,84±0,05 <sup>a</sup>	0,73±0,05 <sup>a</sup>	0,69±0,05 <sup>a</sup>	0,81±0,05 <sup>a</sup>	0,92±0,05 <sup>a</sup>
	Вітамін Е, мг%	69,85±2,50	104,08±2,31 <sup>a</sup>	87,48±3,94 <sup>a</sup>	74,10±2,72 <sup>a</sup>	33,11±1,60 <sup>a</sup>

\* – різниця вірогідна, порівняно з контролем;

a – різниця вірогідна, порівняно з 4-им варіантом

Отже, передпосівний обробіток насіння сої антиоксидантами не тільки стимулює відкладання біоактивних речовин у сім'янці, а й забезпечує краще їх зберігання протягом тривалого часу.

Інкустація насіння сої препаратом дистинол сприяє формуванню у зерні ефективної ферментативної системи антиоксидантного захисту. Перед закладанням на зберігання у зерні дослідних варіантів СОД–активність на 8–30% перевищувала цей показник для контрольного варіанта. Проте на активність пероксидази дистинол практично не вплинув.

Активність антиоксидантних ферментів при зберіганні сої протягом перших трьох місяців різко знижується, а потім поступово зростає. Але за інтенсивністю змін СОД і ПР дуже різняться. Якщо активність СОД після 320 днів зберігання зерна так і не досягає початкових значень, то ПР–активність перевищує цей показник для щойно зібраного зерна в 2,4–5,2 раза. Причому найбільше зростання ПР–активності (5,2 раза) характерне для зерна контрольного варіанту. Тоді як в зерні дослідних варіантів, де використовували дистинол у концентраціях 0,125% і 0,250%, активність ПР зростає лише в 2,4 і 2,7 раза. Наявність задовільного кореляційного зв'язку ( $r = -0,55$  і  $-0,63$ ) між вмістом пероксидів (ПЧ) і ПР–активність у цих варіантах дослідів свідчить про стабілізуючу дію дистинолу на процеси ПОЛ при зберіганні сої.

## ВИСНОВКИ

Передпосівний обробіток насіння сої антиоксидантним препаратом дистинол стимулює процеси післязбирального дозрівання і сприяє формуванню ефективної системи антиоксидантного захисту ліпідного комплексу. При зберіганні таке зерно менше піддається гідролітичному і перекисному розпаду ліпідів. Після тривалого зберігання зерно, вирощене із використанням дистинолу в концентраціях 0,125% і 0,250%, відзначається високою збереженістю фосфоліпідів, каротиноїдів і вітаміну Е. Інкрустація насіння антиоксидантами забезпечує отримання зерна, яке при зберіганні має більш стабільну ферментативну систему антиоксидантного захисту.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельник Б.Е., Лебедев В.Б., Винников Г.А. Технология приемки, хранения и переработки зерна. – М.: Агропромиздат, 1990. – 364 с.
2. Казанина М.А., Воронкова В.Я., Петровская В.А. Справочник по хранению семян и зерна. – Минск: Ураджай, 1991. – 198 с.
3. Шевелуха В.С. Сельскохозяйственная библиотека. – М.: Высш. шк., 1998. – С.352–353.
4. Зенков Н.К., Кандалинцева Н.В., Ланкин В.З., Меньщикова Е.Б., Просенко А.Е. Фенольные биоантиоксиданты. – Новосибирск: СО РАМН, 2003. – С.41.
5. Барабат В.А. Перекисное окисление и стресс. – Л.: Наука, 1992. – 148 с.
6. Покопцева Л.А., Калитка В.В. Вплив антиоксидантів на адаптивні можливості соняшнику в умовах південного степу України // Актуальні проблеми сучасного землеробства: Матеріали конференції. – Луганськ: Вид.-во ЛНАУ, 2003. – С.401–406.
7. Калашникова С.В. Динамика содержания белка в семенах сои в процессе хранения, // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №4 – С.28–30.
8. Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции. – М.: Колос, 1983. – 192 с.
9. Владимиров Ю.А., Аргаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.
10. Лабораторные исследования в ветеринарии: биохимические и микологические: Справочник / Под ред. Б.И. Антонова. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 23–42.
11. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лабораторное дело. – 1985. – №11. – С. 678 – 681.
12. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.Н. Ермакова. – Л.: «Колос», Ленинградское отделение, 1972. – С.258–260.
13. Лакин П.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
14. Таран Н.Ю. Адаптаційні зміни ліпідних компонентів мембран хлоропластів за дії на рослини факторів довкілля // Укр.біохім.журнал. – 2000. – Т.72. – №1. – С.21–31.

## **ДИНАМИКА ПЕРЕКИСНЫХ ПРОЦЕССОВ СОИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТИОКСИДАНТОВ ПРИ СОХРАНЕНИИ ЗЕРНА**

**Я.И. Горбань, В.В. Калитка**

*Приведены результаты исследований влияния инкрустации семян сои антиоксидантным препаратом дистинол на процессы липопероксидации при хранении выращенного зерна. Установлено, что предпосевная обработка сои антиоксидантом стимулирует процессы послеуборочного дозревания зерна, снижает содержание свободных жирных кислот, повышает содержание липидов, способствует формированию эффективной системы антиоксидантной защиты. При хранении такое зерно меньше поддается гидролитическому и перекисному окислению, что положительно влияет на его биологическую ценность.*

*Соя, антиоксиданты, хранение, кислотное число, перекисное окисления липидов, витамины, антиоксидативные ферменты.*

## **DYNAMICS PEROXIDE PROCESSES OF SOYBEANS' LIPID UNDER INFLUENCE OF ANTIOXIDANTS AT STORAGE OF GRAINS**

**Ya.I. Gorban, V.V. Kalitka**

*Results of researches of influence incrustation of soya seeds a antioxidation by preparation distinol on processes are resulted Lipoperoxidation at storage grains. It is established, that preseeding processing with an antioxidant stimulates processes ripenings of a grain, reduces the maintenance(contents) of free fat acids, raises the maintenance(contents) lipoidov, promotes formation systems antioxidation protection. At storage such grain gives in to oxidation less, that positively influences his(its) biological value.*

*Soybean, antioxidants, storage, acid level, oxidation, of lipids, vitamins, antioxidantive ferments.*