

**Анализ ростовых признаков у гибридов дубов селекции С.С. Пятницкого третьего поколения. Лось С.А., Грицайчук В.В., Тарасенко О.Л.** — Представлен анализ роста, состояния и качества стволов 8-летних гибридов дуба третьего поколения селекции С.С.Пятницкого. Доказано, что гибриды третьего поколения существенно превышают дуб обыкновенный по показателям роста, имеют отличное и хорошее состояние и рекомендуются для создания лесных и защитных насаждений в Лесостепи Украины.

**Ключевые слова:** гибриды дуба, потомства, рост, состояние, качество стволов.

УДК 633.15 : 631.523 : 581.19

## **ІНТЕНСИВНІСТЬ РОЗПАДУ КРОХМАЛЮ У ПРОРОСТАЮЧОМУ НАСІННІ ЕНДОСПЕРМОВИХ МУТАНТІВ КУКУРУДЗИ**

Тимчук Д.С.<sup>1</sup>, Потапенко Г.С.<sup>2</sup>, Тимчук С.М.<sup>3</sup>, Мартинюк М.М.<sup>3</sup>

*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна<sup>1</sup>,  
Харківський національний педагогічний університет  
ім. Г.С. Сковороди<sup>2</sup>,  
Інститут рослинництва ім.В.Я.Юр'єва НААН України<sup>3</sup>*

Встановлено суттєві відмінності між різними ендоспермовими мутантами кукурудзи за інтенсивністю розпаду крохмалю у процесі проростання насіння, активністю та ізоферментним складом амілолітичних ферментів. Найбільш низьку інтенсивність розпаду крохмалю, знижену сумарну активність амілаз,  $\alpha$ - та  $\beta$ - амілази, а також їх основних ізоферментів зареєстровано у носіїв мутацій  $sh_2$  та  $se$  з низьким вмістом крохмалю і високим вмістом цукрів у насінні.

**Ключові слова:** кукурудза, ендоспермові мутанти, насіння, проростання, крохмаль, амілолітичні ферменти

**Intensity of starch degradation in germinating seeds of maize endospermic mutations. Tymchouk D.S., Potapenko G.S., Tymchouk S.M., Martyniuk N.M.** — Significant differences between maize endospermic mutants for intensity of starch degradation during seed germination, activity and isozymic composition of amylolytic enzymes were determined. The lowest intensity of starch degradation, decreased total activity of amylases,  $\alpha$ - and  $\beta$ - amylases as well as activity of their main isozymes were registered for the carriers of mutations  $sh_2$  and  $se$  with low starch content and high sugars content in seeds.

**Key words:** maize, endospermic mutants, seeds, germination, starch, amylolytic enzymes.

### **ВСТУП**

У селекції кукурудзи на якість зерна активно використовується біохімічний ефект моногенних крохмаль-модифікуючих мутацій

структури ендосперму, який полягає у підвищенні вмісту водорозчинних фракцій вуглеводів або перерозподілі співвідношень між вмістом амілози та амілопектину [8, 13, 18, 21].

Поряд з цим відомо, що поліпшення вуглеводного складу зерна мутантними генами структури ендосперму викликає і небажані фізіологічні наслідки, основним з яких вважається зниження схожості насіння та інтенсивності розвитку рослин на стадії проростання [20, 22].

Внаслідок проведених до цього часу досліджень встановлено, що їх основною причиною є викликані мутантними генами структури ендосперму специфічні зміни вуглеводного складу насіння і, зокрема, зниження у ньому вмісту крохмалю [11, 12].

Поряд з цим відомо, що високий вміст крохмалю в насінні є хоча і важливою, але не винятковою умовою нормального розвитку рослин на стадії проростання [7, 24]. Показано, що суттєве значення для деградації крохмалю має його фракційний склад, молекулярна організація крохмальних гранул і їх піддаваність амілолітичному гідролізу [14, 15], а також активність та ізоферментний склад амілолітичних ферментів [9, 16, 17].

Процес амілолітичного розпаду крохмалю у проростаючому насінні ендоспермових мутантів кукурудзи до цього часу досліджено у дуже недостатньому ступені і це створило передумови для виконання наших досліджень, задачами яких було:

- визначення інтенсивності розпаду крохмалю у проростаючому насінні ендоспермових мутантів кукурудзи з різними типами біохімічного складу насіння;
- встановлення активності основних амілолітичних ферментів та їх ізоферментного складу в проростаючому насінні різних ендоспермових мутантів кукурудзи.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалом для досліджень послугувала серія інбредних ліній кукурудзи-носіїв мутацій  $sh_1$  та  $sh_2$ , які підвищують вміст цукрів, мутацій  $su_1$  та  $se$ , які підвищують вміст водорозчинних полісахаридів і мутацій  $su_2$ ,  $ae$  та  $wx$ , які викликають перерозподіл співвідношень між лінійним та розгалуженим со-полімерами крохмалю [8]. Для виконання роботи було використано по 2 неспоріднених за походженням лінії на основі кожної мутації. Контролями в експерименті послужили 2 неспоріднених за походженням лінії кукурудзи звичайного типу, які не є носіями жодної з відомих ендоспермових мутацій.

Вирощування ліній проводили згідно загальноприйнятої методики польового експерименту [1] і для аналізу використовували матеріал виключно від контрольованого запилення. Контроль алельного стану генів структури ендосперму здійснювали за фенотипом насіння [19].

Пророщування насіння проводили на дистильованій воді в умовах етіюляції при  $20 \pm 1,0$  °C і біохімічному аналізу піддавали насіння перед закладанням на пророщування і через 3 і 7 діб проростання.

Вміст крохмалю в ендоспермі насіння визначали після видалення з нього водорозчинних фракцій вуглеводів поляриметричним методом Еверса [5] і обчислювали у мг в одній насінині.

Сумарну амілолітичну активність і активності  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілази аналізували колориметричним методом О.І. Єрмакова [5] і обчислювали в мг гідролізованого крохмалю на г абсолютно сухої речовини за 1 хвилину.

Визначення ізоферментного складу амілаз у проростаючому насінні кукурудзи здійснювали згідно описаних методик ізоферментного аналізу [2, 4, 6, 23]. Кількісну оцінку зимограм ізоамілаз проводили методом денситометричного аналізу і активність кожного ізоферменту обчислювали в мг гідролізованого крохмалю на г абсолютно сухої речовини за 1 хвилину.

Отримані результати піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу [3] з використанням пакету статистичних прикладних програм «OSGE».

Досліди виконували протягом 2008–2009 рр.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати свідчать, що всі ендоспермові мутації знижують кількісний вміст крохмалю у непророслому насінні кукурудзи, і цей ефект у найменшому ступені виражено у носіїв мутації  $wx$ , а в найбільшому – у носіїв мутації  $sh_2$  (табл. 1).

Вміст гідролізованого крохмалю у насінні всіх проаналізованих ліній на 7 добу проростання був значно вищий, ніж на 3 добу, однак на обох цих стадіях проростання у дослідах зареєстровано суттєві відмінності ендоспермових мутантів між собою та від звичайної кукурудзи за інтенсивністю розпаду крохмалю. Цей процес найбільш активно проходив у звичайної кукурудзи і носіїв мутації  $wx$ , тоді як носії мутацій  $su_1$ ,  $se$  і особливо  $sh_2$ , вирізнялися значно більш уповільненими темпами гідролізу крохмалю в ендоспермі проростаючого насіння.

Таблиця 1

**Інтенсивність розпаду крохмалю в ендоспермі проростаючого насіння  
 звичайної кукурудзи та її крохмаль-модифікуючих мутантів  
 (середнє за дворічними оцінками двох ліній на основі кожної мутації)**

Мутанти	Вміст крохмалю в 1 непро-рослій на-сінніні, мг	Вміст гідролізованого крохмалю в 1 насінніні, мг		Частка гідролізова-ного крохмалю, %	
		3 доби проро-стання	7 діб проростання	3 доби проро-стання	7 діб про-ростання
Звичай-ний тип	158,6	21,8	75,3	13,7	47,4
<i>sh</i> <sub>1</sub>	98,6	12,9	44,1	13,1	44,7
<i>sh</i> <sub>2</sub>	46,9	5,0	17,2	10,7	36,6
<i>su</i> <sub>1</sub>	74,6	8,8	31,2	11,8	41,8
<i>se</i>	68,4	7,5	27,9	11,0	40,8
<i>su</i> <sub>2</sub>	119,5	15,0	54,5	12,6	45,6
<i>ae</i>	120,6	13,8	50,9	11,5	42,2
<i>wx</i>	135,4	18,9	63,3	14,0	46,7
НІР <sub>0,95</sub>	9,2	4,2		0,6	

У дослідах чітко простежувалася залежність між вмістом крохмалю в непророслому насінні та інтенсивністю його розпаду при проростанні. У форм кукурудзи з найбільш високим вмістом крохмалю в непророслому насінні спостерігалася і найбільш висока інтенсивність його розпаду, а у форм з найменшим вмістом крохмалю – найбільш низька інтенсивність цього процесу.

Проаналізовані лінії кукурудзи були відмінні між собою за сумарною активністю амілаз. Її найбільшими рівнями в непророслому насінні вирізнялися носії мутацій *su*<sub>1</sub>, *wx* та *se*, а носіям мутації *ae* був властивий найнижчий рівень сумарної активності амілаз (табл. 2).

На 3 день проростання сумарна активність амілаз різко зростала, і відмінності між лініями на основі різних ендоспермових мутацій були виражені у значно більшому ступені.

Як правило, носії ендоспермових мутацій вирізнялися зниженою амілолітичною активністю і тільки у носіїв мутації *wx* вона практично дорівнювала аналогічному показнику у звичайної кукурудзи. Носії мутації *sh*<sub>1</sub> за сумарною амілолітичною активністю поступалися звичайній кукурудзі в середньому на 5,2%, носії мутації *su*<sub>2</sub> - на 9,1%, носії мутації *su*<sub>1</sub> - на 11,7%, носії мутації *ae*- на 22,1%, носії мутації *se* - на 23,5%, а носії мутації *sh*<sub>2</sub> - більше, ніж вдвічі.

Таблиця 2

**Сумарна амілолітична активність в ендоспермі проростаючого насіння  
звичайної кукурудзи та її крохмаль-модифікуючих мутантів,  
мг крохмалю/ г сухої речовини/ хв. (середнє за дворічними оцінками  
двох ліній на основі кожної мутації)**

Мутанти	Стадія проростання, діб		
	0	3	7
Звичайний тип	3,8	86,7	126,2
<i>sh</i> <sub>1</sub>	4,0	82,2	117,3
<i>sh</i> <sub>2</sub>	3,5	40,3	52,2
<i>su</i> <sub>1</sub>	4,6	76,6	109,6
<i>se</i>	4,1	66,4	95,6
<i>su</i> <sub>2</sub>	3,7	78,9	115,5
<i>ae</i>	2,7	67,6	94,4
<i>wx</i>	4,2	86,8	116,8
НІР <sub>0,05</sub>		3,8	

На 7 день проростання сумарна активність амілаз продовжувала зростати, хоча і не так швидко, як у період до 3 дня проростання. Але відмінності ендоспермових мутантів між собою та від звичайної кукурудзи на 7 день проростання були значнішими, ніж на 3 день. Носії мутації *sh*<sub>1</sub> поступалися за цим показником звичайній кукурудзі на 7,1%, носії мутації *wx*- на 7,5%, носії мутації *su*<sub>2</sub>- на 8,5%, носії мутації *su*<sub>1</sub>- на 13,2%, носії мутації *se*- на 24,3%, носії мутації *ae*- на 25,2%, а носії мутації *sh*<sub>2</sub>- на 58,6%.

У звичайної кукурудзи і всіх її проаналізованих мутантів переважний внесок до сумарної амілолітичної активності робила  $\alpha$ -амілаза. У непророслому насінні її найбільш високою активністю вирізнялися носії мутації *su*<sub>1</sub>. Дещо меншу активність зареєстровано у носіїв мутацій *wx*, *se*, та *sh*<sub>1</sub>, однак ці мутанти, як і мутанти *su*<sub>1</sub>, перевищували за активністю  $\alpha$ -амілази в непророслому насінні звичайну кукурудзу. І тільки носії мутацій *su*<sub>2</sub>, *ae* та *sh*<sub>2</sub> мали нижчу, ніж у звичайної кукурудзи, активність  $\alpha$ -амілази (табл. 3).

На 3 день проростання активність  $\alpha$ -амілази і ефекти різних ендоспермових мутацій за активністю цього ферменту були суттєво відмінними від ефектів, які спостерігалися в непророслому насінні.

Носії мутації *wx* перевищували звичайну кукурудзу за активністю  $\alpha$ -амілази на 1,9%. Інші мутанти поступалися за цією ознакою звичайній кукурудзі, але в різному ступені.

Таблиця 3

**Активність  $\alpha$ -амілази в ендоспермі проростаючого насіння звичайної кукурудзи та її крохмаль-модифікуючих мутантів, мг крохмалю/г сухої речовини/хв (середнє за дворічними оцінками двох ліній на основі кожної мутації)**

Мутанти	Стадія проростання, дів		
	0	3	7
Звичайний тип	3,2	59,9	87,7
$sh_1$	3,4	56,9	82,0
$sh_2$	3,0	27,8	36,4
$su_1$	4,0	54,4	77,3
$se$	3,4	47,1	65,6
$su_2$	3,0	54,8	80,7
$ae$	2,2	53,9	74,1
$wx$	3,5	61,1	83,7
$HIP_{0,05}$		3,0	

Активність  $\alpha$ -амілази у носіїв мутації  $sh_1$  була нижчою, ніж у звичайної кукурудзи на 5,1%, у носіїв мутації  $su_2$  - на 8,5%, у носіїв мутації  $su_1$  - на 9,3%, у носіїв мутації  $ae$ - на 9,9%, у носіїв мутації  $se$  - на 21,4%, а у носіїв мутації  $sh_2$  - на 53,7%.

На 7 день проростання активність  $\alpha$ -амілази продовжувала зростати, хоча не так значно, як на 3 день проростання. На цій стадії проростання носії мутації  $wx$  поступалися звичайній кукурудзі на 4,5%, носії мутації  $sh_1$  - на 6,5%, носії мутації  $su_2$  - на 8,0%, носії мутації  $su_1$  - на 11,8%, носії мутації  $ae$  - на 15,5%, носії мутації  $se$  - на 25,2%, а носії мутації  $sh_2$  - на 58,5%.

Активність  $\beta$ -амілази в непророслому насінні і звичайної кукурудзи, і всіх її проаналізованих мутантів була дуже низькою і схожою у ліній на основі різних ендоспермових мутацій (табл. 4).

На 3 день проростання активність  $\beta$ -амілази різко зростала, і в дослідах рееструвалися суттєві відмінності за активністю цього ферменту між звичайною кукурудзою та її ендоспермовими мутантами. У носіїв мутації  $wx$  активність  $\beta$ -амілази була нижчою, ніж у звичайної кукурудзи на 4,8%, у носіїв мутації  $sh_1$  - на 6,0%, у носіїв мутації  $su_2$  - на 10,9%, у носіїв мутації  $su_1$  - на 17,5%, у носіїв мутації  $se$  - на 26,8%, у носіїв мутації  $ae$  - на 49%.

На 7 день проростання активність  $\beta$ -амілази продовжувала зростати, хоча і більш уповільненими темпами, ніж на 3 день, однак відмінності за активністю цього ферменту між звичайною кукурудзою та її ендоспермовими мутантами спостерігалися і на цій фазі проростання.

Таблиця 4

**Активність  $\beta$ -амілази в ендоспермі проростаючого насіння звичайної кукурудзи та її крохмаль-модифікуючих мутантів, мг крохмалю/ г сухої речовини/ хв ( середнє за дворічними оцінками двох ліній на основі кожної мутації)**

Мутанти	Стадія проростання, діб		
	0	3	7
Звичайний тип	0,5	27,0	38,6
$sh_1$	0,6	25,4	35,3
$sh_2$	0,5	12,6	15,8
$su_1$	0,6	22,2	32,3
$se$	0,6	19,3	30,0
$su_2$	0,7	24,0	34,8
$ae$	0,5	13,7	20,4
$wx$	0,7	25,7	33,1
$НІР_{0,05}$	2,3		

У всіх ендоспермових мутантів спостерігалася знижена активність  $\beta$ -амілази порівняно із звичайною кукурудзою. Однак ефекти різних мутацій у кількісному відношенні були відмінними. Носії мутації  $sh_1$  поступалися звичайній кукурудзі на 8,4%, носії мутації  $su_2$  - на 9,9%, носії мутації  $wx$  - на 14,3%, носії мутації  $su_1$  - на 16,3%, носії мутації  $se$  - на 22,3%, носії мутації  $ae$  - на 47,2%, а носії мутації  $sh_2$  - на 59,0%.

Встановлено, що в непророслому насінні проаналізованих форм кукурудзи амілолітичні ферменти представлено 3-5 ізоформами з різною відносною електрофоретичною рухомістю ( ВЕР ). Серед них 2-4 ізоформи ідентифіковано як  $\alpha$ -амілази і 1 ізоформу - як  $\beta$ -амілазу (табл. 5).

Загальні тенденції змін ізоферментного складу амілаз у процесі проростання насіння полягали у збільшенні кількості ізоформ  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілаз і зростанні їх активності. При цьому в проростаючому насінні мутантів з більш високим вмістом крохмалю, як правило, реєструвалася і більш висока кількість ізоамілаз, особливо  $\alpha$ -амілази. Переважний внесок до сумарної амілолітичної активності в проростаючому насінні звичайної кукурудзи і її ендоспермових мутантів вносили 2-3 ізоформи  $\alpha$ -амілази та 1-2 ізоформи  $\beta$ -амілази, і у мутантів з найбільшою депресією утворення крохмалю спостерігалися знижені активності саме цих ізоформ амілаз.

Отримані в досліді результати свідчать, що однією з причин зниження інтенсивності розпаду крохмалю у проростаючому насінні мутантів з найбільш високою депресією утворення крохмалю є

пригнічення активності амілолітичних ферментів. І, якщо знижені активності амілаз у носіїв мутацій  $sh_2$  та  $se$  можна пояснити низьким вмістом крохмалю, який є субстратом реакцій амілолізу і високим вмістом цукрів, який є продуктом цих реакцій [25], то у носіїв мутації  $ae$  вони можуть бути пов'язані і із просторовим зчепленням в п'ятій хромосомі гену  $Ae$  з геном  $Amy-2$ , який регулює активність амілаз [10].

Таблиця 5

**Кількість ізоамілаз в ендоспермі проростаючого насіння звичайної кукурудзи та її крохмаль-модифікуючих мутантів, шт (середнє за дворічними оцінками ліній – носіїв різних мутацій)**

Лінії	Мутації	Стадія проростання, діб					
		0		3		7	
		$\alpha$ -амілаза	$\beta$ -амілаза	$\alpha$ -амілаза	$\beta$ -амілаза	$\alpha$ -амілаза	$\beta$ -амілаза
P-346	Звичайний тип	4	1	4	2	6	2
CS-15	$sh_1$	4	1	4	2	5	2
SS-53	$sh_2$	2	1	3	3	4	3
MC-38	$su_1$	3	1	3	3	3	3
CE-400	$se$	3	1	3	3	4	3
AC-32	$su_2$	4	1	4	2	4	3
AE-748	$ae$	4	1	5	2	5	2
BK-14	$wx$	4	1	5	3	5	3

## ВИСНОВКИ

Встановлено суттєві відмінності ендоспермових мутантів кукурудзи між собою та від звичайної кукурудзи за інтенсивністю розпаду крохмалю в процесі проростання насіння, а також активністю та ізоферментним складом амілолітичних ферментів. Найбільш низьку інтенсивність розпаду крохмалю, знижену сумарну активність амілаз,  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілази та їх основних ізоферментів зареєстровано у носіїв мутацій  $sh_2$  та  $se$  з низьким вмістом крохмалю і високим вмістом цукрів у насінні.

### Література

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта./ Доспехов Б.А. - М.:Агропромиздат,1985. – 351 с.
2. Кузовлев В. А. Очистка, разделение и некоторые свойства  $\alpha$ -амилазы прорастающего зерна кукурузы / Кузовлев В. А., Фурсов О.В. // Физиол. и биохим. культ. раст. – 1991. – Т. 23. – С. 92–96.



3. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. — М. : Высшая школа, 1973. — 343 с.
4. Левитес Е. В. Генетика изоферментов растений. / Левитес Е. В. — Новосибирск : Наука, 1986. — 144 с.
5. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. — Л.:Агропромизат, 1987. — 430 с.
6. Перуанский Ю. В. Унификация методики изучения изозимов зерновых амилаз / Ю. В. Перуанский, О. В. Фурсов // Физиол. и биохим. культ. раст. — 1974. — № 6. — С. 439—442.
7. Beck E. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants / Beck E., Ziegler P. // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. — 1989. — V. 40. — P. 95—117.
8. Boyer C.D. Kernel mutants of corn / Boyer C.D., Hannah L.C. // Specialty corns.- 2<sup>nd</sup>ed.; A. R. Hallauer Ed.—Boca Raton- London- New-York- Washington, D.C. : CRC Press, 2001. — P.8—47.
9. Chao S. E. Developmentally dependent expression of tissue specific amylases in maize / Chao S.E., Scandalios J.G.// Mol.Gen.Genet. — 1972. — V. 115. — P. 1—9.
10. Coe E. Maize gene list and working maps / Coe E., Polacco M. // Maize Genet. Newslett. — 1994. — V. 68. — P. 156—191.
11. Douglass S.C. Cold soil emergence and variation in sweet corn kernel carbohydrate reserves / Douglass S.C., Juvik J.A.// Hort Sci. — 1987. — V.22. — P. 1097—1102.
12. Douglass S.K. Sweet corn seedling emergence and variation in kernel carbohydrate reserves / Douglass S.K., Juvik J.A., Splittstoesser W.E. // Seed Sci. Techn. — 1993. — V.21. — P.433—445.
13. Dumanovic J. Specificni tipovi kukuruza. / Dumanovic J., Pajic Z. — Beograd- Zemun : Institut za kukuruz “Zemun Polje”, 1998. — 207 s.
14. Gallant D.J. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation / [Gallant D.J., Bouchet B., Buleon A., Perez S. ] // Eur. J. Clin.Nutr. — 1992. — V. 46. — P. 3—16.
15. Gerard C. Amylolysis of maize mutant starches / [ Gerard C., Colonna P., Buleon A., Planchot V. ] // J. Sci. Food. Agr. — 2001. — V. 81. — P. 1281—1287.
16. Goodman M. M. Maize / M. M.Goodman, T. J. Stuber // Isozymes in plant genetics and breeding; S.D.Tanksley, T.J.Orton Eds. — Amsterdam : Elsevier Sci.Publ., 1983. — part B. — P. 1—33.
17. Kruger J. E. Carbohydrate-degrading enzymes in cereals / [ J. E. Kruger, D. R. Lineback, C. E. Stauffer Eds // Enzymes and their role in cereal technology; — St. Paul, MN.: Am. Assoc. Cereal Chem., 1987. — P. 117—139.
18. Nelson O. E. Starch synthesis in maize endosperm / Nelson O. E., Pan D. // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. — 1995. — V. 46. — P. 475—496.
19. Neuffer M. G. Mutants of maize. / Neuffer M. G., Coe E.H., Wessler S.R. — Cold Spring Harbor, NY : Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1997. — 468 p.
20. Pajic Z. Effect of endosperm mutants on maize seed germination / Pajic Z., Ducanovic L., Eric U. // Genetica. — 2004. — V. 36. — P. 265—270.

21. Pollak L.M. Breeding for grain quality traits / Pollak L.M., Scott M.P. // *Maydica*. – 1995. – V.50. – P.247–257.

22. Rowe D.E. Effects of four maize endosperm mutants on kernel vigor / Rowe D.E., Garwood D.L. // *Crop Sci.* – 1978. – V.18. – P. 709–712.

23. Shields C. R. An outline of general resource needs and procedures for the electrophoretic separation of active enzymes from the plant tissue / Shields C. R., Orton T.J., Stuber C.W. // *Isozymes in plant genetics and breeding*; S.D.Tanksley, T.J.Orton Eds. – Amsterdam : Elsevier Sci.Publ., 1983. – part A. – P. 443–467.

24. Smith A. M. Starch degradation / Smith A. M., Zeeman S.C., Smith S.M. // *Ann. Rev. Plant Biol.* – 2005. – V. 56. – P. 73–98.

25. Young T. E. Changes in carbohydrate composition and  $\alpha$ -amylase expression during germination and seedling growth of starch-deficient endosperm mutants of maize / Young T. E., Jovic J.A., DeMason D.A. // *Plant Sci.* – 1997. – V. 129. – P. 175–189.

**Интенсивность распада крахмала в прорастающих семенах эндоспермовых мутантов кукурузы. Тымчук Д.С., Потапенко Г.С., Тымчук С.М., Мартынюк Н.М.** – Установлены существенные различия между различными эндоспермовыми мутантами кукурузы по интенсивности распада крахмала в процессе прорастания семян, активности и изоферментному составу амилолитических ферментов. Наиболее низкая интенсивность распада крахмала, сниженная суммарная активность амилаз,  $\alpha$ - и  $\beta$ - амилазы, а также их основных изоферментов зарегистрирована у носителей мутаций *sh<sub>2</sub>* и *se* с низким содержанием крахмала и высоким содержанием сахаров в семенах.

**Ключевые слова:** кукуруза, эндоспермовые мутанты, семена, прорастание, крахмал, амилолитические ферменты.