

УДК УДК 577.12:633.15

**Федак В.В.**, аспірант, ©**Рівіс Й.Ф.**, д.с.-г.н.*Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, с. Оброшино  
Пустомитівського р-ну Львівської обл., Україна***Мамчур О.В.**, к.с.-г.н.*Львівський національний університет імені Івана Франка*

### **ДИНАМІКА ВМІСТУ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЗАГАЛЬНИХ ЛІПІДІВ У СТЕБЛІ ТА ЛИСТКАХ КУКУРУДЗИ У ПЕРІОД ДОЗРІВАННЯ КАЧАНІВ**

*У стебллі та листках інтактної кукурудзи в період дозрівання качанів зменшується вміст мононенасичених і, особливо, поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів. У рослинах, які зазнали впливу мінеральних нутрієнтів і стимулятора росту в період дозрівання качанів міститься більше насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів. Одночасно, в фази молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів у стебллі та листках кукурудзи за впливу наведених вище чинників зростає відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6. Це супроводжується зростанням кількості та довжини качанів на стебллі, а також маси 1000 зерен кукурудзи.*

**Ключові слова:** *жирні кислоти, загальні ліпіди, мінеральні нутрієнти, регулятор росту рослин, фази стиглості, кукурудза*

**Вступ.** Злагоджене функціонування біологічних мембран, основними складовими яких є ліпіди й зокрема жирні кислоти, забезпечує гомеостаз рослинних клітин. Вплив різного роду чинників індукує зміну конформації цих молекул, тим самим змінюючи хід і напрям обмінних процесів. Важливу роль у регулюванні обмінних процесів у клітині відіграють нутрієнти та біологічно активні речовини різних класів, проте даних про їх вплив на метаболізм ліпідів і жирних кислот у рослині в літературі представлено небагато [1, 9]. Опубліковано результати досліджень впливу азотно-фосфорно-калійних нутрієнтів і регуляторів росту Метіуру та Івіну на метаболізм фосfolіпідів у плазматичній мембрані проростків кукурудзи. Показано, що мінеральні нутрієнти та стимулятори росту найбільше впливають на метаболізм фосфатидилхоліну [6]. Знайдено одиничні повідомлення щодо метаболізму жирних кислот в онтогенезі кукурудзи. Встановлено, що з віком рослинних тканин змінюється жирнокислотний склад та вміст ацильованих ліпідів у зелених листках кукурудзи. При цьому в їх складі зростає частка лінолевої кислоти [2, 10].

У наших експериментах досліджено вміст жирних кислот загальних ліпідів у стебллі та листках кукурудзи на зерно в період дозрівання качанів та

проаналізовано вплив на цей процес азотно-фосфорно-калійних нутрієнтів і стимулятора росту рослин Зеастимуліну.

**Матеріал і методи.** Дослідження проводили на сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах. Попередником служив чорний пар. Площа облікових ділянок складала 25 м<sup>2</sup>. Повторність досліджень - трьохразова. На контрольну та I і II дослідні ділянки висівали насіння кукурудзи середньостиглого сорту Збруч (ФАО 300 - 400) у розрахунку 63 тис. шт/га. Під час передпосівної культивуації на I дослідну ділянку вносили мінеральні добрива у формі нітроамофоски з розрахунку N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. На II дослідній ділянці рослини на стадії появи 7-8 листків обробляли водним розчином регулятора росту рослин (Зеастимуліном) згідно рекомендацій виробника [3, 7].

У фази молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів відбирали зразки рослин для лабораторних досліджень. У відібраному матеріалі визначали вміст жирних кислот загальних ліпідів, для чого проводили екстрагування хлороформ-метанольною сумішшю (2:1 за об'ємом) з послідовним омиленням і метилюванням. Метиллові ефіри жирних кислот розділяли на газорідному хроматографічному апараті „Хром-5“ (Чехія). Для отримання кількісних даних щодо жирних кислот загальних ліпідів користувалися методами внутрішнього нормування та стандарту [5, 8].

У кінці досліджень загальноприйнятими методами визначали кількість качанів на стеблі, довжину одного качана та масу 1000 зерен.

Отриманий цифровий матеріал обробляли методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента [4]. Визначали середні арифметичні величини та їх помилки. Зміни вважалися вірогідними при  $p < 0,05$ . Для розрахунків використано комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

**Результати дослідження.** Встановлено, що в процесі дозрівання качанів кукурудзи (рослини з контрольних ділянок) в стеблі та листках зменшується вміст жирних кислот загальних ліпідів (табл. 1, 2, 3 і 4), причому зменшення вмісту останніх відбувається більшою мірою за рахунок ненасичених жирних кислот, ніж насичених. На це вказує індекс ненасиченості ліпідів (ІНЛ), який у фази молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів становить відповідно 0,35, 0,39, 0,49 і 0,62.

Переважаюче зменшення вмісту ненасичених жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках інтактної кукурудзи у процесі дозрівання качанів спостерігається з боку мононенасичених і поліненасичених жирних кислот (табл. 1, 2, 3 і 4). Зменшення вмісту мононенасичених жирних кислот загальних ліпідів відбувається з боку жирних кислот родин n-7 (у фази молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів відповідно 2,0, 1,9, 1,7 і 1,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) і n-9 (31,5, 28,1, 26,7 і 25,4), а поліненасичених – жирних кислот родин n-3 (71,7, 59,3, 34,6 і 16,1) і n-6 (55,4, 54,5, 52,4 і 49,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). При цьому поступово зменшується відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6 (табл. 1, 2, 3 і 4).

Таблиця 1

**Вміст жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у фазу молочної стиглості качанів, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси (M±m, n=3)**

Жирні кислоти та їх код	Контроль	Дослід	
		N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Зеастимулін
Капринова, 10:0	2,1±0,09	2,9±0,11**	2,7±0,14*
Лауринова, 12:0	4,1±0,17	5,2±0,20*	4,9±0,20*
Міристинова, 14:0	6,3±0,23	7,5±0,23*	7,3±0,26*
Пентадеканова, 15:0	4,0±0,17	5,1±0,21*	4,9±0,20*
Пальмітинова, 16:0	22,7±1,54	26,6±1,33	26,0±1,21
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,0±0,11	2,8±0,14*	2,6±0,14*
Стеаринова, 18:0	17,3±0,81	21,7±0,93*	20,7±0,95
Олеїнова, 18:1	31,5±1,50	40,6±1,76*	39,5±1,79*
Лінолева, 18:2	55,4±2,20	67,8±2,57*	66,5±2,37*
Ліноленова, 18:3	71,7±2,95	87,1±3,41*	85,4±3,52*
Загальний вміст жирних кислот	217,1	267,3	260,5
у тому числі насичені	56,5	69,0	66,5
мононенасичені	33,5	43,4	42,1
поліненасичені	127,1	154,9	151,9
n-3/n-6	1,29	1,28	1,28

Зміни вмісту насичених жирних кислот у стеблі та листках інтактною кукурудзи в процесі дозрівання качанів спостерігаються з боку жирних кислот з парною (у фазі молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів відповідно 52,5, 51,8, 53,0 і 54,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) та непарною (2,0, 1,9, 1,7 і 1,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

Мінеральні нутрієнти, якими є нітроамофос (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>), інтенсифікують нагромадження жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у період дозрівання качанів (табл. 1, 2, 3 і 4). Збільшення концентрації останніх відбувається як за рахунок насичених, так і ненасичених жирних кислот. На це вказує ІНЛ, який у фазі молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів становить відповідно 0,35, 0,40, 0,52 і 0,62 проти 0,35, 0,39, 0,49 і 0,62 у контролі.

Збільшення концентрації насичених жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у досліджувані фази за впливу азотно-фосфорно-калійних нутрієнтів спостерігається з боку жирних кислот з парною (відповідно до 63,9, 67,0, 69,3 і 68,6 проти 52,5, 51,8, 53,0 і 54,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) та непарною (до 5,1, 4,9, 4,6 і 4,2 проти 4,0, 3,9, 3,5 і 3,1 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

Зростання вмісту ненасичених жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у період дозрівання качанів за впливу мінеральних нутрієнтів спостерігається з боку мононенасичених жирних кислот родин n-7 (у фазі молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів відповідно до 2,8, 2,7, 2,3 і 2,0 проти 2,0, 1,9, 1,7 і 1,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) і n-9 (40,6, 35,4, 34,1 і 32,9 проти 31,5, 28,1, 26,7 і 25,4) та поліненасичених жирних кислот родин n-3 (87,1, 74,1, 43,3 і 21,5 проти 71,7, 59,3, 34,6 і 16,1) і n-6 (до 67,8, 66,1, 63,6 і 61,7 проти 55,4, 54,5, 52,4 і 49,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) При цьому у фазі молочно-воскової, воскової та

повної стиглості качанів у стеблі та листках кукурудзи зростає відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6 (табл. 2, 3 і 4).

Таблиця 2

**Рівень жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості качанів, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси (M±m, n=3)**

Жирні кислоти та їх код	Контроль	Дослід	
		N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Зеастимулін
Капринова, 10:0	2,0±0,11	2,6±0,12*	2,5±0,11*
Лауринова, 12:0	4,0±0,17	5,1±0,17*	4,9±0,17*
Міристинова, 14:0	6,1±0,23	7,5±0,26*	7,2±0,26*
Пентадеканова, 15:0	3,9±0,17	4,9±0,17*	4,7±0,20*
Пальмітинова, 16:0	19,4±1,11	26,0±1,10*	25,1±1,15*
Пальмітоолеїнова, 16:1	1,9±0,12	2,7±0,11*	2,5±0,14*
Стеаринова, 18:0	20,3±0,93	25,8±0,95*	25,0±1,07*
Олеїнова, 18:1	28,1±1,56	35,4±1,53*	34,7±1,56*
Лінолева, 18:2	54,5±2,08	66,1±2,34*	64,4±2,40*
Ліноленова, 18:3	59,3±2,77	74,1±2,91*	72,2±2,89*
Загальний рівень жирних кислот	199,5	250,2	243,2
У тому числі насичені	55,7	71,9	69,4
мононенасичені	30,0	38,1	37,2
поліненасичені	113,8	140,2	136,6
n-3/n-6	1,09	1,12	1,12

Таблиця 3

**Концентрація жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у фазу воскової стиглості качанів, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси (M±m, n=3)**

Жирні кислоти та їх код	Контроль	Дослід	
		N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Зеастимулін
Капринова, 10:0	1,8±0,06	2,3±0,09**	2,2±0,11*
Лауринова, 12:0	3,7±0,10	4,6±0,17*	4,4±0,17*
Міристинова, 14:0	5,3±0,23	6,6±0,26*	6,4±0,23*
Пентадеканова, 15:0	3,5±0,17	4,6±0,17*	4,3±0,17*
Пальмітинова, 16:0	17,6±1,22	24,5±0,84**	22,9±0,98*
Пальмітоолеїнова, 16:1	1,7±0,06	2,3±0,12**	2,1±0,11*
Стеаринова, 18:0	24,6±1,04	31,3±1,38*	30,1±1,38*
Олеїнова, 18:1	26,7±1,56	34,1±1,21*	33,2±1,45*
Лінолева, 18:2	52,4±2,08	63,6±2,11*	61,9±2,11*
Ліноленова, 18:3	34,6±1,79	43,3±1,79*	42,1±1,76*
Загальна концентрація жирних кислот	171,9	217,2	209,6
У тому числі насичені	56,5	73,9	70,3
мононенасичені	28,4	36,4	35,3
поліненасичені	87,0	106,9	104,0
n-3/n-6	0,66	0,68	0,68

Стимулятор росту рослин Зеастимулін, який виділений із зерна кукурудзи, також інтенсифікує нагромадження жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у період дозрівання качанів (табл. 1, 2, 3 і 4) як за рахунок насичених, так і ненасичених жирних кислот. На це вказує ІНЛ, який у фази

молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів становить відповідно 0,34, 0,40, 0,50 і 0,61 проти 0,35, 0,39, 0,49 і 0,62.

Таблиця 4

**Кількість жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи у фазу повної стиглості качанів, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси (M±m, n=3)**

Жирні кислоти та їх код	Контроль	Дослід	
		N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Зеастимулін
Капринова, 10:0	1,6±0,06	2,0±0,06**	1,9±0,06*
Лауринова, 12:0	3,2±0,11	4,2±0,12**	3,9±0,17*
Міристинова, 14:0	4,8±0,17	6,1±0,21**	5,8±0,23*
Пентадеканова, 15:0	3,1±0,11	4,2±0,14**	3,9±0,20*
Пальмітинова, 16:0	15,9±0,72	20,4±0,81*	19,5±0,87*
Пальмітоолеїнова, 16:1	1,5±0,06	2,0±0,09**	1,9±0,09*
Стеаринова, 18:0	29,0±1,50	35,9±1,44*	35,0±1,56
Олеїнова, 18:1	25,4±1,53	32,9±1,09*	32,9±1,53*
Лінолева, 18:2	49,5±2,13	61,7±2,40*	59,4±2,40*
Ліноленова, 18:3	16,1±0,78	21,5±0,99*	20,2±1,19*
Загальна кількість жирних кислот	150,1	190,9	184,4
У тому числі насичені	57,6	72,8	70,0
мононенасичені	26,9	34,9	34,8
поліненасичені	65,6	83,2	79,6
n-3/n-6	0,33	0,35	0,34

Підвищення рівня насичених жирних кислот у стеблі та листках кукурудзи у період дозрівання качанів за дії Зеастимуліну спостерігається з боку жирних кислот з парною (у фази молочної, молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів відповідно до 61,6, 64,7, 66,0 і 66,1 проти 52,5, 51,8, 53,0 і 54,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) та непарною (до 4,9, 4,7, 4,3 і 3,9 проти 4,0, 3,9, 3,5 і 3,1 г<sup>-3</sup>/кг) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

Зростання вмісту ненасичених жирних кислот у стеблі та листках кукурудзи у період дозрівання качанів за впливу стимулятора росту проходить з боку мононенасичених жирних кислот родин n-7 (у досліджувані фази відповідно до 2,6, 2,5, 2,1 і 1,9 проти 2,0, 1,9, 1,7 і 1,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі) і n-9 (39,5, 34,7, 33,2 і 32,9 проти 31,5, 28,1, 26,7 і 25,4) та поліненасичених жирних кислот родин n-3 (85,4, 72,2, 42,1 і 20,2 проти 71,7, 59,3, 34,6 і 16,1) і n-6 (до 66,5, 64,4, 61,9 і 59,4 проти 55,4, 54,5, 52,4 і 49,5 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у контролі). При цьому у фази молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів у стеблі та листках кукурудзи зростає відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6 (табл. 2, 3 і 4).

Таблиця 5

**Продуктивні ознаки піддослідної кукурудзи (M±m, n=10)**

Досліджувані показники та одиниці виміру	Контроль	Дослід	
		N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Зеастимулін
Кількість качанів на стеблі, шт	2,6		
Довжина качана, см	25,4±1,5	20,5±2,7*	18,3±2,3*
Маса 1000 зерен, г	220,0±6,8	245,5±8,6*	240,0±7,9*

Закономірно, що збільшення концентрації насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи за дії досліджуваних азотно-фосфорно-калійних нутрієнтів і стимулятора росту супроводжується зростанням кількості та довжини качанів на стеблі, а також маси 1000 зерен кукурудзи (табл. 5).

#### **Висновки.**

1. У стеблі та листках інтактної кукурудзи в період дозрівання качанів зменшується вміст мононенасичених і, особливо, поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів. Причому вміст поліненасичених жирних кислот родини n-3 зменшується інтенсивніше, ніж поліненасичених жирних кислот родини n-6.

2. У стеблі та листках кукурудзи, які зазнали впливу мінеральних нутрієнтів у дозі  $N_{60}P_{45}K_{45}$  і стимулятора росту рослин у рекомендованій виробником кількості, у період дозрівання качанів міститься більше насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів. Одночасно, у фази молочно-воскової, воскової та повної стиглості качанів за впливу наведених вище чинників у них зростає відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6.

3. Збільшення концентрації насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів у стеблі та листках кукурудзи за дії досліджуваних азотно-фосфорно-калійних нутрієнтів і стимулятора росту супроводжується зростанням кількості та довжини качанів на стеблі, а також маси 1000 зерен кукурудзи.

#### **Література**

1. Біологічно активні речовини в рослинництві / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко, І. Б. Леонтюк – ЗАТ Нічлава, 2008. – 352 с.
2. Винниченко А.Н., Штеменко Н.И., Заморуева Л.Ф. и др. Жирные кислоты поверхностных липидов зерна кукурузы обычных и высоколизиновых форм // Химия природных соединений. – 1990. – № 3. – С.262 – 264.
3. Деева В.П. Регуляторы роста растений: механизмы действия и использование в агротехнологиях / В.П.Деева. - Минск: Беларус. наука, 2008. – 133 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
5. Кейтс М. Техника липидологии. – М.: Мир, 1975. – 320 с.
6. Контурська О. О. Фосфоліпідний склад плазмалеми коренів проростків кукурудзи за умов засолення та обробки синтетичними препаратами / О. О. Контурська, Т. О. Палладіна // Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія. – 2007. – вип. 2 (11). – С. 64–68.
7. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность) / С. П. Пономаренко. – Київ : Техніка. – 1999. – 272 с.
8. Рівіс Й.Ф. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирнихкислот у біологічному матеріалі / Й.Ф. Рівіс, Р.С. Федорук. – Львів : Сполом, 2010. – 110 с.

9. Состав ліпідів та ліпідний обмін в зерні різних за стійкістю гібридів кукурудзи при проростанні під впливом гербицида Харнеса / Глубока В. М., Заморуєва Л. Ф., Філонік І. О., Вінниченко О. М. // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2001. – Вип. 9. – Т. 1. – С. 34–41.

10. Leech R. M. Plastid Differentiation, Acyl Lipid, and Fatty Acid Changes in Developing Green Maize Leaves / Leech R. M., Rumsby M. G., Thomson W. W. // Plant Physiol. – 1973. V. 52. – P. 240–245.

### Summary

**Fedak V.V., Ravis J.F., Mamchur O.V.**

#### **DYNAMICS OF THE FATTY ACIDS CONTENT OF TOTAL LIPIDS IN MAIZE STEMS AND LEAVES IN COBS RIPENING PERIOD**

*In the stem and leaves of intact maize plants during cobs ripening period reduced the content of monounsaturated and especially polyunsaturated fatty acids of total lipids. Maize plants, exposed to mineral nutrients and plant growth regulator, in cobs ripening period contained more saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids of total lipids. At the same time, in maize stems and leaves on the phase of milky-wax, wax and full ripeness of cobs on the influence of these factors increases the ratio of polyunsaturated fatty acids n-3 to the fatty acids n-6. This is accompanied by increase of number and length the of maize cobs and the mass of 1000 seeds.*

Рецензент – д.б.н., професор Берко Й.М.