

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ СОМАКЛОНАЛЬНИХ ЛІНІЙ РИЖІЮ ЯРОГО

Любченко А. І.,

Любченко І. О.

ВСТУП

Сучасні кліматичні зміни та нові тенденції у розвитку агропромислового комплексу вимагають впровадження у виробництво нових сільськогосподарських культур, їхніх сортів та гібридів. Вони мають бути високопластичними до мінливих умов навколишнього середовища, стійкими до негативної дії зовнішніх чинників, забезпечувати споживачів та промисловість високоякісною сировиною [1–3].

Рижій ярий – перспективна олійна культура, яка завдяки біологічним особливостям здатна забезпечувати високі і сталі врожаї в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Рижій невибагливий до умов вирощування, має короткий період вегетації, майже не уражується хворобами та не пошкоджується шкідниками [4, 5].

Низькі виробничі затрати та високі закупівельні ціни на сировину забезпечують вирощування рижію з високими економічними показниками. За даними Лихочвора А. М. [6] рівень рентабельності виробництва рижію коливається від 110 % у контрольному варіанті до 196 % за впровадження інтенсивної технології.

Насіння рижію містить 40–45 % олії з високим вмістом олеїнової (близько 16 %), лінолевої (близько 20 %), ліноленової (близько 35 %) жирних кислот та низьким вмістом ерукової кислоти (1,6–2,2 %) [7–8].

Олія рижію широко використовується в технічних цілях – для виготовлення лаків, фарб, оліфи, мастила, пластмаси, гуми, в металургійній та текстильній

промисловості [9].

Рижієва олія, завдяки специфічному жирокислотному складу та збалансованому комплексу біологічно-активних речовин і природних антиоксидантів, має лікувальні та дієтичні властивості – нормалізує артеріальний тиск, знижує рівень холестерину в крові, відновлює стійкість і еластичність кровоносних судин, запобігає порушенню жирового обміну та виникненню запальних процесів. Її рекомендовано для профілактики та лікування цукрового діабету, серцево-судинних захворювань, психічних та фізичних виснажень [10, 11].

Нині зріс інтерес до рижію ярого як до енергетичної культури. Вміст енергії в насінні, олії та соломі, відповідно, становив 26,4, 38,2 та 17,7 Дж/г. Тому, навіть за невисокої врожайності (1,9 т/га), сумарний вихід енергії складає понад 110 ГДж/га [12].

Висока технологічність рижієвої олії робить її цінною сировиною для виробництва біодизелю та авіаційного палива. Перевагою біопалива є його екологічна чистота і відновлюваність сировини [13].

Енергетична та технологічна цінність біодизеля залежить від жирокислотного складу. Найбільш відповідає вимогам для виробництва альтернативного виду палива рижієва олія з **підвищеним вмістом ерукової кислоти і сумарною місткістю мононенасичених кислот в межах 53–69 %, а поліненасичених – до 23 %** [14].

Незважаючи на цінність, рижій в Україні є малопоширеною культурою. Для швидке розширення ареалу вирощування культури та збільшення об'ємів виробництва продукції актуальним напрямком є впровадження високопродуктивних сортів адаптованих до умов навколишнього середовища.

Останім часом для прискорення селекційного процесу важливе значення має використання біотехнологічних методів. Культура *in vitro* дає можливість повністю контролювати умови вирощування біоматеріалу, проводити добір на клітинному рівні, отримувати генотипи з різною плоідністю тощо. Цього важко досягти за роботи з рослинами в нативних умовах [15].

За культивування біоматеріалу *in vitro* виникає соматоклональна мінливість, що має випадковий характер, часто з корисними мутаціями виникають шкідливі зміни. Тому оцінка отриманих соматоклонних форм за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах *ex vitro* є обов'язковим етапом клітинної селекції [16].

Серед низки характеристик, що визначають селекційну цінність сорту головною є урожайність. Урожайність культури — це комплексний показник, який залежить від генетичних особливостей, екологічних чинників та технології вирощування.

Продуктивність посіву ріжю ярого формується за рахунок густоти стеблестою, висоти рослин, інтенсивності гілкування, кількості стручків на рослині та насінин у стручку і маси 1000 насінин. Проте, у різних ґрунтово-кліматичних умовах різні сорти індивідуально реалізують потенціал урожайності. Також, між елементами структури врожаю існують кореляційні зв'язки, що необхідно враховувати в селекційній роботі [17–19].

Метою роботи був аналіз елементів структури врожаю та урожайності стійких до сольового та осмотичного стресу соматоклональних ліній ріжю ярого.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінку продуктивності селекційного матеріалу проводили впродовж 2017–2020 років на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва. В дослідженнях використовували створені методами клітинної селекції стійкі до хлориду натрію та маніту соматоклональні лінії ріжю ярого отримані з експлантів сортів Степовий 1, Перемога, Клондайк та Євро 12.

Період проведення досліджень характеризувався дефіцитом вологи та підвищеними температурами. Сума опадів впродовж 2016–2017, 2017–2018, 2018–2019 та 2019–2020 сільськогосподарських років, відповідно склала 524,8, 680,6 і 420,8 мм, що було на 108,8, 47,6 і 212,2 мм менше порівняно з середніми багаторічними показниками. Середня температура повітря за роки проведення

досліджень була вищою порівняно з багаторічними показниками і відповідно складала 9,0, 9,7 9,6 та 10,8 °С.

Показником, що дає можливість об'єктивно оцінити умови вологозабезпеченості рослин, є гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – співвідношення суми опадів до суми температур за період часу з температурою вище 10 °С. ГТК характеризує не тільки надходження води, а й її непродуктивне випаровування [20].

Гідротермічний коефіцієнт за період вегетації культури (квітень – липень) у 2017 році становив 1,13, у 2018 та 2019 роках – 0,91, а у 2020 році – у 1,20. Окрім того, відмічено суттєві відмінності за цим показником у фази розвитку культури.

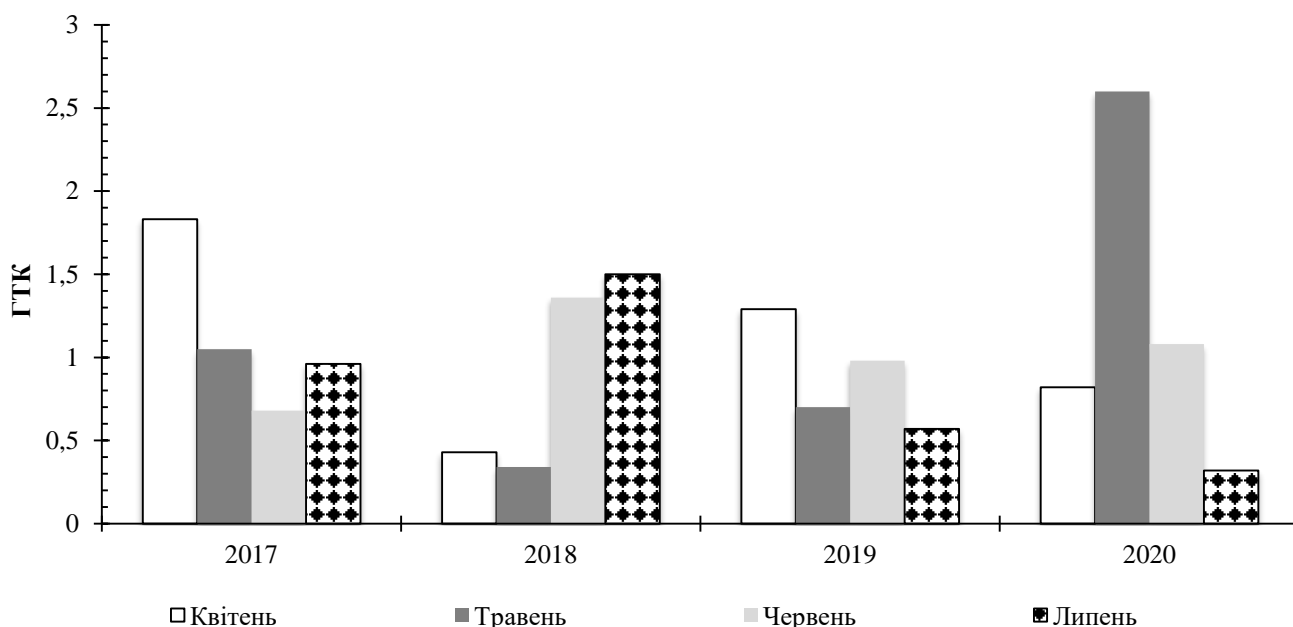


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт в період вирощування культури

У 2017 році початкові етапи росту рижію ярого супроводжувались надмірним зволоженням (ГТК за квітень – 1,83). Низький дефіцит води відмічено у червні місяці (ГТК становив 0,68). У квітні та травні 2018 року спостерігали сильну посуху – гідротермічний коефіцієнт становив відповідно 0,43 і 0,34. Це сприяло скороченню проходження початкових фаз розвитку рижію. Найбільший дефіцит води у 2019 році зафіксовано у липні (ГТК – 0,57), проте це не вплинуло на продуктивність культури, адже рослини перебували на

останніх етапах онтогенезу. У 2020 році початок та кінець вегетації культури проходили за значного дефіциту вологи (ГТК за квітень становив 0,82, а за липень – 0,32), проте у травні відмічено надмірне зволоження – ГТК становив 2,60.

Насіннєве покоління сомаклонів R₂–R₅ висівали з міжряддям 30 см за норми висіву 2 млн насінин / га. Сівбу, боротьбу з бур'янами та збирання врожаю проводили вручну.

Проведення обліків виконували відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест). Олійні [21] та Методики проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні [22].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Відібрані рослинні лінії рижію ярого вирізнялись індивідуальними біологічними та морфологічними характеристиками.

Кінцева густина рослин на одиниці площі – один з основних показників, що визначає врожайність посіву сільськогосподарських культур. Щільність стеблестою на період збирання залежить від польової схожості насіння та виживання (збереження) рослин впродовж вегетаційного періоду.

Польова схожість визначається посівними показниками насіння (лабораторна схожість, енергія проростання, сила росту проростків) та умовами проростання (головним чином температурним та водним режимами).

У середньому за генотипами найвищий показник польової схожості насіння рижію ярого відмічено у 2018 році – він варіював від 81,6 до 92,4 %. У 2017, 2019 та 2020 роках польова схожість насіння досліджуваних зразків у середньому за генотипами відповідно становила 86,0 і 85,7 та 88,4 %. Вищу схожість насіння в 2018 році пов'язано з підвищеним температурним режимом і достатнім забезпеченням вологою за рахунок опадів осінньо-зимового періоду.

За роки досліджень польова схожість насіння селекційних матеріалів рижію ярого становила від 80,9 до 90,6 %. Найвищу польову схожість відмічено у сорту Перемога та номерів С-87-4, С-87-7, С-121-2, С-402-6, П-202-6, К-478-2, К-480-4.

Впродовж вегетації сільськогосподарські культури піддаються дії низки негативних зовнішніх чинників. Часто диференціювати їхній вплив на рослинний організм неможливо, тому для оцінки адаптивності селекційного матеріалу використовують такий показник, як біологічна стійкість або збереженість – відношення рослин, що досягли повної стиглості, до кількості повноцінних сходів. Біологічна стійкість визначається пластичністю генотипу, його комплексною стійкістю до біотичних та абіотичних чинників, швидкими темпами початкового росту рослин на ранніх етапах розвитку [22].

У середньому за роки досліджень збереженість рослин досліджуваних селекційних номерів рижю ярого становила 89,2 % (табл. 1).

Таблиця 1

Біологічна стійкість соматоклональних ліній рижю ярого (2017–2020 рр.), %

Зразок	max	min	\bar{x}	R _Δ	Q
Степовий 1	93,4	86,4	90,5	7,0	1,08
Перемога	94,1	88,1	91,3	6,0	1,07
Євро 12	89,1	82,7	86,5	6,4	1,08
Клондайк	86,3	79,6	83,5	6,7	1,08
С-87-4	96,4	93,3	94,8	3,1	1,03
С-87-7	96,4	95,7	95,9	0,7	1,01
С-121-2	95,1	92,6	94,1	2,5	1,03
С-121-11	97,2	94,8	95,5	2,4	1,03
С-234-8	93,5	90,6	92,3	2,9	1,03
С-326-9	85,5	82,2	83,8	3,3	1,04
С-384-4	79,1	74,6	77,0	4,5	1,06
С-402-6	87,8	84,2	86,3	3,6	1,04
С-419-6	95,4	88,1	91,8	7,3	1,08
С-586-7	85,7	83,2	84,4	2,5	1,03
П-46-2	92,8	91,1	92,1	1,7	1,02
П-46-5	97,4	95,3	96,1	2,1	1,02
П-202-6	87,8	84,0	86,0	3,8	1,05
П-202-7	87,1	84,8	86,2	2,3	1,03
П-248-8	87,6	83,2	85,2	4,4	1,05
П-485-4	92,9	92,6	92,8	0,3	1,00
П-618-6	92,0	85,8	89,6	6,2	1,07
П-646-3	97,9	91,4	95,5	6,5	1,07
П-658-8	82,2	81,0	81,6	1,2	1,01
Є-405-5	95,0	89,3	93,0	5,7	1,06
Є-405-8	87,1	84,3	85,3	2,8	1,03
К-478-2	86,1	84,7	85,3	1,4	1,02
К-480-2	91,9	85,7	88,5	6,2	1,07
К-480-4	92,7	87,3	90,4	5,4	1,06

Густота стеблестою сомаклональних ліній рижію ярого (2017–2020 рр.), млн/га

Зразок	max	min	\bar{x}	R _Δ	Q
Степовий 1	1,65	1,55	1,59	0,10	1,06
Перемога	1,66	1,57	1,61	0,09	1,06
Євро 12	1,46	1,38	1,43	0,08	1,06
Клондайк	1,39	1,30	1,35	0,09	1,07
С-87-4	1,70	1,67	1,68	0,03	1,02
С-87-7	1,72	1,69	1,71	0,03	1,02
С-121-2	1,69	1,62	1,66	0,07	1,04
С-121-11	1,68	1,63	1,66	0,05	1,03
С-234-8	1,68	1,65	1,66	0,03	1,02
С-326-9	1,51	1,41	1,45	0,10	1,07
С-384-4	1,31	1,23	1,27	0,08	1,07
С-402-6	1,56	1,47	1,52	0,09	1,06
С-419-6	1,54	1,47	1,51	0,07	1,05
С-586-7	1,48	1,44	1,46	0,04	1,03
П-46-2	1,59	1,57	1,60	0,02	1,01
П-46-5	1,73	1,69	1,72	0,04	1,02
П-202-6	1,62	1,51	1,56	0,11	1,07
П-202-7	1,42	1,39	1,40	0,03	1,02
П-248-8	1,55	1,44	1,49	0,11	1,08
П-485-4	1,66	1,62	1,64	0,04	1,02
П-618-6	1,55	1,45	1,51	0,10	1,07
П-646-3	1,69	1,60	1,65	0,09	1,06
П-658-8	1,44	1,39	1,41	0,05	1,04
Є-405-5	1,63	1,60	1,62	0,03	1,02
Є-405-8	1,40	1,36	1,39	0,04	1,03
К-478-2	1,53	1,50	1,51	0,03	1,02
К-480-2	1,54	1,48	1,50	0,06	1,04
К-480-4	1,62	1,56	1,60	0,06	1,04

У 2017 році цей показник в середньому за генотипами був на рівні 90,2 %, у 2018 році – 88,1 %, в 2019 році – 89,4 %, а в 2020 році — 89,7 %.

Збереженість рослин сорту Степовий 1 за роки досліджень коливалась від 86,4 до 93,4 %, Перемога – від 88,1 до 94,2 %, Євро 12 – від 82,7 до 89,1 %, Клондайк – від 79,6 до 86,3 %. Найвищу (94–96 %) збереженість рослин відмічено у сомаклональних ліній рижію ярого С-87-4, С-87-7, С-121-2, С-121-11, П-646-3, П-46-5. Найнижчою комплексною стійкістю до негативних чинників навколишнього природного середовища характеризувались селекційні номери С-326-9, С-384-4, С-586-7, П-248-8, П-658-8.

З урахуванням польової схожості насіння та виживання рослин впродовж вегетації у 2017 і 2018 роках на період збирання культури створені зразки рижію ярого забезпечували щільність рослин 1,55 млн/га, в 2019 році – 1,53 млн/га, а в 2020 році – 1,56 млн/га (табл. 2).

Висота рослин і діаметр стебла – показники, що визначають продуктивність рослин, придатність до механізованого вирощування та збирання. Зразки з добре розвинутим стеблом мають високу стійкість до вилягання.

За роки досліджень у середньому за генотипами висота рослин створених зразків становила 61 см (табл. 3). Серед вихідних матеріалів найвищу висоту рослин мали сорти Степовий 1 і Перемога – (61 і 60 см відповідно) найнижчу Євро 12 (49 см).

У 2017 році в середньому за генотипом висота рослин становила 63 см. Максимальне значення відмічено у номерів С-402-6, С-419-6, П-248-8 – 72 см, мінімальне – 42 см у зразка К-480-2. У 2018 році залежно від сортових особливостей висота рослин варіювала від 45 до 70 см, за середньо- групового значення 59 см. У 2019 році в середньому за генотипами висота рослин становила 62 см. Найвищі сортозразки П-646-3 і П-658-8 мали висоту 72 см, найнижчі К-480-2 – 40 см. У 2020 році середня висота рослин досліджуваних селекційних номерів становила 68 см.

Отримані дані дали можливість ранжувати створені соматоклональні лінії за висотою рослин на три групи. Згідно Методики проведення експертизи сортів на відмінність, однорідність, стабільність [21] до низькорослих (менше 60 см) віднесено зразки С-586-7, П-202-6, П-202-7, П-618-6, Є-405-5, К-478-2, К-480-2, К-480-4, середньорослих (60–70 см) – С-87-4, С-121-2, С-121-11, С-234-8, С-326-9, С-384-4, С-402-6, С-419-6, П-46-2, П-46-5, П-248-8, П-485-4, П-646-3, П-658-8, Є-405-8; високорослих (понад 70 см) – С-87-7.

Висота рослин сомаклональних ліній рижію ярого (2017–2020 рр.), см

Зразок	max	min	\bar{x}	R _Δ	Q
Степовий 1	62	60	61	2	1,03
Перемога	65	54	60	11	1,20
Євро 12	52	46	49	6	1,13
Клондайк	60	45	53	15	1,33
С-87-4	65	62	64	3	1,05
С-87-7	71	70	70	1	1,01
С-121-2	71	64	68	7	1,11
С-121-11	71	67	69	4	1,06
С-234-8	67	53	61	14	1,26
С-326-9	67	62	65	5	1,08
С-384-4	70	68	69	2	1,03
С-402-6	72	67	70	5	1,07
С-419-6	72	68	70	4	1,06
С-586-7	56	54	55	2	1,04
П-46-2	70	64	67	6	1,09
П-46-5	64	60	62	4	1,07
П-202-6	57	54	55	3	1,06
П-202-7	57	53	55	4	1,08
П-248-8	72	68	70	4	1,06
П-485-4	66	56	62	10	1,18
П-618-6	62	54	57	8	1,15
П-646-3	72	64	69	8	1,13
П-658-8	72	65	68	7	1,11
Є-405-5	58	54	56	4	1,07
Є-405-8	62	60	61	2	1,03
К-478-2	50	45	47	5	1,11
К-480-2	42	40	41	2	1,05
К-480-4	60	54	57	6	1,11

У 2018 році рослини рижію ярого всіх селекційних зразків формували стебло найменшого діаметру – у середньому за генотипом 2,5 мм. У 2017, 2019 та 2020 роках цей показник відповідно становив 3,1, 2,9 та 3,0 мм. Загалом за період проведення досліджень, залежно від погодних умов і генетичних особливостей, фіксували показники діаметра стебла від 1,4 до 4,1 мм.

Серед сортів донорів експлантів найгрубше стебло формували рослини сорту Перемога (3,1 мм), найтонше – сорту Клондайк (2,0 мм). Сорти Степовий 1 і Євро 12 за діаметром стебла істотно не відрізнялись (2,8 і 2,7 мм відповідно). За

цим показником відмічено суттєві відмінності у створених соматоклональних рослинних ліній рижію ярого. Зразки С-326-9, П-46-2, П-46-5, П-248-8, П-658-8, К-480-2 вирізнялись найбільшим діаметром стебла – від 3,3 до 3,7 мм.

Важливою сортовою ознакою рижію ярого є гілкування рослин. Інтенсивність гілкування хрестоцвітих культур залежить від генетичних особливостей, строку сівби, норми висіву, погодних умов і забезпечення рослин елементами живлення. У наших дослідженнях норма висіву культури була низькою, тому вихідні сорти і відібрані соматоклональні рослинні лінії характеризувались досить високим рівнем гілкування стебла (табл. 4).

У середньому за роки досліджень коефіцієнт гілкування рослин рижію ярого становив 8,6. Зокрема, найінтенсивніше гілкування відмічено в 2017 році – залежно від генотипу на одній рослині формувалось від 6 до 14 гілок. У 2018 і 2019 роках цей показник був відповідно на 21,1 та 7,4 % нижчим. У 2018 році коефіцієнт гілкування залежно від генотипу варіювало від 4,3 до 12,1 (у середньому 7,5), а в 2019 – від 5,3 до 12,8 (у середньому 8,8).

Серед вихідних сортів найбільшу кількість гілок формували рослини сорту Перемога – в середньому 8 шт. Істотно не відрізнялись за гілкуванням стебла рослини сортів Степовий 1 і Євро 12 – коефіцієнт гілкування відповідно становив 7,3 та 7,1. Найменш гіллястим було стебло в сорту Клондайк.

Таблиця 4

Гілкування рослин соматоклональних ліній рижію ярого (2017–2020 рр.), шт.

Зразок	max	min	\bar{x}	R _Δ	Q
Степовий 1	8,0	6,6	7,3	1,4	1,21
Перемога	9,1	7,2	8,2	1,9	1,26
Євро 12	9,0	5,2	7,1	3,8	1,73
Клондайк	5,8	4,3	5,2	1,5	1,35
С-87-4	8,4	7,7	8,0	0,7	1,09
С-87-7	13,0	7,6	9,9	5,4	1,71
С-121-2	11,8	9,4	10,9	2,4	1,26
С-121-11	9,6	5,2	7,7	4,4	1,85
С-234-8	11,2	6,7	9,1	4,5	1,67
С-326-9	10,1	7,9	9,0	2,2	1,28

Продовження таблиці 4

С-384-4	6,1	4,9	5,5	1,2	1,24
С-402-6	9,4	7,0	8,5	2,4	1,34
С-419-6	8,7	6,8	7,4	1,9	1,28
С-586-7	9,6	7,2	8,5	2,4	1,33
П-46-2	14,1	11,2	12,6	2,9	1,26
П-46-5	12,3	11,1	11,8	1,2	1,11
П-202-6	6,2	4,7	5,4	1,5	1,32
П-202-7	6,2	5,8	6,0	0,4	1,07
П-248-8	13,4	12,1	12,8	1,3	1,11
П-485-4	12,2	8,0	10,1	4,2	1,53
П-618-6	8,1	7,4	7,8	0,7	1,09
П-646-3	10,8	8,9	10,1	1,9	1,21
П-658-8	11,4	9,1	10,6	2,3	1,25
Є-405-5	8,6	6,7	7,9	1,9	1,28
Є-405-8	10,1	8,2	9,4	1,9	1,23
К-478-2	6,5	5,8	6,2	0,7	1,12
К-480-2	9,1	8,0	8,5	1,1	1,14
К-480-4	10,8	8,4	9,5	2,4	1,29

Одержані соматональні форми рижію ярого за інтенсивністю гілкування стебла мали індивідуальні показники – залежно від року досліджень і генотипу в середньому на рослині формувалось від 4 до 14 гілок. Більшість селекційних номерів (окрім С-384-4, П-202-6, П-202-7 і П-618-6) за цією ознакою істотно перевищували вихідні сорти.

Згідно Методики проведення експертизи сортів на відмінність, однорідність, стабільність [21] створені соматональні лінії рижію ярого за інтенсивністю галушення стебла можна поділити на три групи: слабкий ступінь гілкування (до 6 гілок) – С-384-4, П-202-6; помірний ступінь гілкування (6–9 гілок) – С-87-4, С-121-11, С-326-9, С-402-6, С-419-6, С-586-7, П-202-7, П-618-6, Є-405-5, К-478-2, К-480-2; сильний ступінь гілкування (понад 9 гілок) – С-87-7, С-121-2, С-234-8, П-46-2, П-46-5, П-248-8, П-485-4, П-646-3, П-658-8, К-405-8, К-480-4.

За кількістю стручків на рослині відмічено значний розмах мінливості досліджуваних зразків та істотний вплив на нього генетичних особливостей та погодних умов у роки досліджень (табл. 5). Залежно від генотипу на одній рослині у 2017 році утворювалось від 52,9 до 164,2 стручків, у 2018 році – від

24,1 до 152,3, в 2019 році – від 24,7 до 184,7, в 2020 році – від 28,0 до 183,2 стручків

Таблиця 5

Кількість стручків на рослині соматоклональних ліній рижію ярого (2017–2020 рр.), шт.

Зразок	max	min	\bar{x}	R_{Δ}	Q
Степовий 1	114,5	79,4	95,7	35,1	1,44
Перемога	164,2	104,8	138,0	59,4	1,57
Євро 12	107,6	48,6	78,5	59,0	2,21
Клондайк	52,9	24,1	33,9	28,8	2,20
С-87-4	105,2	80,4	89,1	24,8	1,31
С-87-7	162,3	120,9	137,1	41,4	1,34
С-121-2	166,7	131,6	150,2	35,1	1,27
С-121-11	152,9	113,1	131,9	39,8	1,35
С-234-8	135,2	81,6	116,8	53,6	1,66
С-326-9	129,9	76,9	100,3	53,0	1,69
С-384-4	92,6	71,4	79,1	21,2	1,30
С-402-6	154,2	111,2	132,7	43,0	1,39
С-419-6	103,4	76,9	94,0	26,5	1,34
С-586-7	88,9	78,1	82,4	10,8	1,14
П-46-2	148,4	98,8	118,8	49,6	1,50
П-46-5	147,4	124,1	133,2	23,3	1,19
П-202-6	132,4	108,3	120,6	24,1	1,22
П-202-7	115,7	98,5	108,2	17,2	1,17
П-248-8	132,9	109,9	123,2	23,0	1,21
П-485-4	127,8	121,2	124,7	6,6	1,05
П-618-6	101,7	76,9	89,2	24,8	1,32
П-646-3	141,0	124,4	131,2	16,6	1,13
П-658-8	111,2	100,0	107,4	11,2	1,11
Є-405-5	116,8	101,6	110,7	15,2	1,15
Є-405-8	124,6	99,7	115,3	24,9	1,25
К-478-2	99,2	83,9	89,4	15,3	1,18
К-480-2	146,3	87,7	126,5	58,6	1,67
К-480-4	151,4	118,2	138,4	33,2	1,28

Найбільшу кількість стручків серед вихідних форм формували рослини сорту Перемога (144,0 шт.), найменшу – Клондайк (35,9 шт.), а для сортів Степовий і Євро 12 цей показник відповідно становив 99,1 і 82,5 шт.

Серед створених соматоклональних ліній рижію ярого найменшу кількість стручків (81,2–97,8 шт.) формували селекційні номери С-87-4, С-384-4, С-419-6,

С-586-7, П-618-6, К-478-2, а на рослинах зразків С-87-7, С-121-2, С-121-11, С-234-8, С-402-6, П-46-5, П-646-3, К-480-2, К-480-4 утворювалась найбільша їхня кількість – від 113,1 до 166,7 шт.

Рівень урожайності насіння рижію ярого в значній мірі залежить від кількості насінин у стручку. За результатами досліджень виявлено відмінності за цим показником між створеними соматоклональними лініями та вихідними сортами донорами експлантів (табл. 6).

Таблиця 6

Кількість насінин у стручку соматоклональних ліній рижію ярого (2017–2020 рр.), шт.

Зразок	max	min	\bar{x}	R_{Δ}	Q
Степовий 1	12,9	12,6	12,7	0,3	1,02
Перемога	13,8	12,4	13,2	1,4	1,11
Євро 12	13,6	12,0	12,7	1,6	1,13
Клондайк	10,8	8,9	10,0	1,9	1,21
С-87-4	11,2	9,8	10,4	1,4	1,14
С-87-7	12,8	10,8	12,1	2,0	1,19
С-121-2	12,1	10,1	11,2	2,0	1,20
С-121-11	13,3	10,2	11,4	3,1	1,30
С-234-8	11,8	9,8	10,6	2,0	1,20
С-326-9	8,4	8,0	8,2	0,4	1,05
С-384-4	9,7	8,4	9,0	1,3	1,15
С-402-6	11,2	8,7	10,4	2,5	1,29
С-419-6	8,7	8,0	8,3	0,7	1,09
С-586-7	14,6	12,8	13,6	1,8	1,14
П-46-2	10,0	9,2	9,6	0,8	1,09
П-46-5	13,1	12,4	12,8	0,7	1,06
П-202-6	13,6	12,0	12,7	1,6	1,13
П-202-7	14,0	13,2	13,6	0,8	1,06
П-248-8	14,2	13,8	14,0	0,4	1,03
П-485-4	12,8	12,0	12,3	0,8	1,07
П-618-6	14,6	13,0	13,9	1,6	1,12
П-646-3	13,6	12,0	12,9	1,6	1,13
П-658-8	10,8	9,0	9,9	1,8	1,20
Є-405-5	13,7	12,8	13,2	0,9	1,07
Є-405-8	12,4	10,8	11,8	1,6	1,15
К-478-2	11,7	9,8	10,8	1,9	1,19
К-480-2	12,3	11,0	11,6	1,3	1,12
К-480-4	11,0	10,0	10,6	1,0	1,10

У середньому за генотипами в одному стручку максимальна кількість насінин була на рівні 14,6 шт., мінімальна – 8,0 шт.

Серед вихідних матеріалів у роки досліджень найбільшу кількість насінин в стручку (13,2 шт.) формували рослини сорту Перемога, найменшу – Клондайк (9,9 шт.).

Створені соматоклональні форми рижію ярого мали індивідуальні показники за кількістю насінин у стручку та відрізнялись від сортів донорів експлантів. Найменшу кількість насінин у стручку (8,3 шт.) формували селекційні номери С-419-6 та С-326-9. Середня кількість насінин була на рівні 11,6 шт. Перевищували середньогруповий показник рослини зразків С-586-7, П-202-7, П-248-8, П-618-6 і Є-405-5.

Важливим елементом в структурі врожаю хрестоцвітих олійних культур є маса 1000 насінин. Окрім цього, великовагове виповнене насіння характеризується високими технологічними показниками за придатністю до переробки. Маса 1000 насінин є основною сортовирізняльною ознакою рижію ярого.

У 2017 і 2019 роках маса 1000 насінин досліджуваних генотипів у середньому становила 1,10 г (табл. 7). У 2017 році цей показник варіював від 0,83 до 1,41 г, у 2019 році – від 1,03 до 1,42 г. Завдяки достатній кількості опадів за другу половину літа відбувся інтенсивний налив зерна, у 2018 році маса 1000 насінин у середньому за генотипом становила 1,19 г, що на 8,3 % було більше, порівняно з 2017 і 2019 роками.

Серед сортів донорів експлантів найкрупніше насіння формували рослини сорту Клондайк і Степовий 1 – маса 1000 насінин відповідно становила 1,32 і 1,21 г. Найменшим цей показник був у сорту Перемога (0,94 г).

Найбільшу масу 1000 насінин зафіксовано у лінії С-87-4 (1,40 г), найменшу у номерів П-202-6 і П-618-6 (0,93 г). Соматоклональні форми рижію ярого С-121-2, С-234-8, С-326-9, С-384-4, П-46-5 неістотно поступались кращому генотипу.

Маса 1000 насінин соматоклональних ліній рижюю ярого (2017–2020 рр.), г

Зразок	max	min	\bar{x}	R _Δ	Q
Степовий 1	1,24	1,14	1,21	0,10	1,09
Перемога	1,00	0,91	0,94	0,09	1,10
Євро 12	1,21	0,80	1,04	0,41	1,51
Клондайк	1,52	1,02	1,32	0,50	1,49
С-87-4	1,53	1,24	1,40	0,29	1,23
С-87-7	1,31	1,11	1,24	0,20	1,18
С-121-2	1,33	1,24	1,30	0,09	1,07
С-121-11	1,30	1,10	1,20	0,20	1,18
С-234-8	1,39	1,19	1,29	0,20	1,17
С-326-9	1,43	1,13	1,30	0,30	1,27
С-384-4	1,34	1,23	1,30	0,11	1,09
С-402-6	1,30	1,10	1,23	0,20	1,18
С-419-6	1,31	1,21	1,24	0,10	1,08
С-586-7	1,02	1,00	1,01	0,02	1,02
П-46-2	1,14	1,03	1,10	0,11	1,11
П-46-5	1,34	1,22	1,30	0,12	1,10
П-202-6	1,00	0,80	0,93	0,20	1,25
П-202-7	1,02	1,01	1,02	0,01	1,01
П-248-8	1,31	1,20	1,24	0,11	1,09
П-485-4	1,20	1,10	1,14	0,10	1,09
П-618-6	1,00	0,90	0,93	0,10	1,11
П-646-3	1,30	1,21	1,24	0,09	1,07
П-658-8	1,04	0,92	1,00	0,12	1,13
Є-405-5	1,04	0,93	1,00	0,11	1,12
Є-405-8	1,34	1,12	1,20	0,22	1,20
К-478-2	1,20	1,10	1,14	0,10	1,09
К-480-2	1,04	0,92	1,00	0,12	1,13
К-480-4	1,10	1,00	1,04	0,10	1,10

Усі створені соматоклональні лінії рижюю ярого, окрім С-87-4, формували насіння середньої величини (маса 1000 насінин 0,80–1,34 г). Селекційний номер С-87-4 відноситься до групи великоплідних форм.

Головним показником цінності селекційного матеріалу сільськогосподарських культур є врожайність. Вихідні сорти та, відібрані під час клітинної селекції, соматоклональні рослинні лінії характеризувались індивідуальними морфологічними характеристиками та показниками

адаптивності до навколишнього середовища, що в результаті визначило продуктивність посівів.

Серед сортів донорів експлантів найнижчу врожайність зафіксовано в сорту Клондайк (0,56 т/га). Рослини сортів Перемога і Степовий 1 формували потужнішу надземну масу з добре розвинутим генеративним апаратом, що зумовило високу індивідуальну продуктивність. В середньому за роки досліджень урожайність насіння цих сортів відповідно становила 2,46 і 2,03 т/га (табл. 8).

Таблиця 8

Урожайність соматоклональних ліній рижюю ярого (2017–2020 рр.), т/га

Зразок	max	min	\bar{x}	R_{Δ}	Q
Степовий 1	2,30	1,67	2,03	0,63	1,38
Перемога	2,96	1,84	2,46	1,12	1,61
Євро 12	1,54	0,87	1,28	0,67	1,77
Клондайк	0,75	0,39	0,56	0,36	1,92
С-87-4	1,93	1,80	1,89	0,13	1,07
С-87-7	3,48	2,79	3,11	0,69	1,25
С-121-2	3,35	3,04	3,17	0,31	1,10
С-121-11	3,13	2,25	2,67	0,88	1,39
С-234-8	2,86	1,57	2,22	1,29	1,82
С-326-9	1,52	1,09	1,34	0,43	1,39
С-384-4	1,18	0,89	1,04	0,29	1,33
С-402-6	2,51	2,11	2,28	0,40	1,19
С-419-6	1,32	1,09	1,30	0,23	1,21
С-586-7	1,56	1,33	1,48	0,23	1,17
П-46-2	2,03	1,48	1,74	0,55	1,37
П-46-5	3,50	3,11	3,33	0,39	1,13
П-202-6	2,19	1,80	1,98	0,39	1,22
П-202-7	2,04	1,66	1,86	0,38	1,23
П-248-8	2,88	2,79	2,84	0,09	1,03
П-485-4	2,66	2,39	2,56	0,27	1,11
П-618-6	1,79	1,30	1,57	0,49	1,38
П-646-3	3,31	2,88	3,09	0,43	1,15
П-658-8	1,35	1,27	1,31	0,08	1,06
Є-405-5	2,20	1,87	2,06	0,33	1,18
Є-405-8	2,14	1,76	1,96	0,38	1,22
К-478-2	1,63	1,35	1,49	0,28	1,21
К-480-2	2,24	1,33	1,90	0,91	1,68
К-480-4	2,35	1,83	2,17	0,52	1,28

Урожайність насіння соматоклональних ліній залежно від генотипу варіювала від 0,89 до 3,50 т/га. Найнижчу врожайність відмічено у номера С-384-4, а найвищу – П-46-5.

Отже, у процесі досліджень створено соматоклональні лінії рижію ярого, що істотно перевищували за врожайністю, масою 1000 насінин, кількістю насінин у стручку вихідні сорти.

ВИСНОВКИ

Найвищі показники збереження рослин впродовж вегетації (біля 95 %) відмічено у самоклональних ліній рижію ярого С-87-4, С-87-7, С-121-2, С-121-11, П-46-5 та П-646-3.

Отриманні матеріали характеризувались індивідуальними морфологічними показниками. Залежно від генотипу та погодних умов висота рослин варіювали від 40 до 72 см, інтенсивність гілкування стебла – від 4,7 до 14,1 гілок, кількість стручків на рослині – від 71,4 до 166,7 шт., кількість насінин у стручку – від 8,0 до 14,6 шт., маса 1000 насінин – від 0,80 до 1,43 г, що зумовило різну продуктивність рослин створених селекційних матеріалів.

Урожайність насіння соматоклональних ліній залежала від генотипу і варіювала від 0,89 до 3,50 т/га. Завдяки високій біологічній стійкості та індивідуальній продуктивності, виділено найпродуктивніші зразки С-87-7, С-121-2, П-46-5 і П-646-3, урожайність насіння відповідно становила 3,11, 3,17, 3,33 та 3,09 т/га.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати аналізу урожайності та елементів структури врожаю, створених біотехнологічними методами, стійких до хлоридного засолення та осмотичного стресу вихідного матеріалу рижію ярого. Дослідження проводили впродовж 2017–2020 років на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва.

Соматоклональні лінії характеризувались індивідуальними морфологічними та біологічними параметрами та відрізнялись від вихідних сортів. За роки проведення

досліджень збереженість рослин досліджуваних селекційних номерів варіювала від 74,6 до 97,9 %, гілкування рослин становило 4,7–14,1 шт., на рослині формувалось від 71,4 до 166,7 стручків, в одному стручку утворювалось 8,2–14,0 насінин, маса 1000 насінин варіювала від 0,80 до 1,43 г.

Найвищу урожайність (на рівні 3,1–3,3 т/га) формували лінії С-87-7, С-121-2, П-46-5, П-248-8 і П-646-3. Виділені генотипи буде використано для створення високопродуктивних сортів культури стійких до негативних чинників навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вожегова Р. А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*. Київ–Миколаїв–Херсон, 2019. С. 6–8.
2. Охота Н. В., Біліченко О. С. Зміна кліматичних умов в Україні та її вплив на сільськогосподарське виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції *Вплив змін клімату на онтогенез рослин*. Миколаїв, 2018. С. 226–228.
3. Захарук О. В. Сорт як основа розвитку рослинництва. *Агроінком*. 2009. №5–8. С. 17–22.
4. Комарова І. Б., Рожкован В. В. Рижій – альтернативна олійна культура та перспективи його використання. *Пропозиція*. 2003. № 1. С. 46–47.
5. Zanetti F., Alberghin B., Jeromela A., Grahovac N., Rajković D., Kiprovski B., Monti A. Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41, Article2 . <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00663-y>.
6. Лихочвор А. М. Вплив елементів інтенсифікації на врожайність і якість насіння та економічну ефективність вирощування рижію. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 1–3. С. 12–15.

7. Duran K. Determination of fatty acid composition on different false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotypes under Ankara ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*. 2013. № 18 (1). P. 66–72.
8. Лихочвор А. М. Вміст олії і склад жирних кислот в ярих олійних культурах. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 40–46.
9. Шевченко І. А., Поляков О. І., Ведмедєва К. В., Комарова І. Б. Рижій, сафлор, кунжут. *Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури)*. Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 40 с.
10. Кулакова С. Н., Гаппаров М. М., Викторова Е. В. О растительных маслах нового поколения в нашем питании. *Масложировая промышленность*. 2005. № 1. С. 4–8.
11. Faten M., Ibrahim and El Habbasha, S. F. Chemical composition, medicinal impacts and cultivation of camelina (*Camelina sativa*). *International Journal of PharmTech Research*. 2015. Vol. 8 (10). P. 114-122.
12. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Збірник наукових праць ІБКіЦБ*. 2011. № 2. С. 90–96.
13. Мельничук М. Д., Демидась Г. І., Квітко Г. П., Гетман Н. Я. Рижій посівний як альтернатива ріпаку ярому для виробництва біодизеля. Наукові доповіді НУБіП України. 2012. Т. 31. № 2, http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_2/12dgi.pdf.
14. Гаврилова В. А., Колькова Н. Г., Нагорнов С. А., Ромацова С. В. Рыжик — перспективная масличная культура для производства биодизельного топлива. *Агро XXI*. 2013. № 1–3. С. 43–44.
15. Бабилова А. В., Горпенченко Т. Ю., Журавлев Ю. Н. Растение как объект биотехнологии. *Комаровские чтения*. 2007. Вып. LV. С. 184–211.
16. Evans D. A. Somaklonal variation – genetic basis and breeding application. *Trend in Genetics*. 1989. Vol. 5. № 2. P. 46–50.

17. Наумкин В. П. Проявление количественных признаков рыжика ярового при разных сроках сева. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. 2009. № 14. С. 183–187.
18. Комарова І. Б., Лях В. О. Мінливість біометричних показників рижію ярого. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. 2009. № 14. С. 120–129.
19. Смирнов А. А., Прахова Т. Я., Шепелёва Е. А. Основные принципы и результаты селекции рыжика масличного. *Нива Поволжья*. 2012. № 1 (22). С. 51–55.
20. Агрокліматичний довідник по території України. За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р. С., 2011. 107 с.
21. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест). Олійні. За ред. С. О. Ткачик. Київ: Ніланд-ЛТД, 2014. 178 с.
22. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні. За ред. С. О. Ткачик. Вінниця: Корзун Д. Ю., 2016. 73 с.
23. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур: Підручник. Миронівка: Миронівська друкарня, 2016. 376 с.

Information about authors:

Liubchenko A., Candidate of Agricultural Sciences,
Liubchenko I., Candidate of Agricultural Sciences,
Uman National University of Horticulture,
Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology,
Instytutska Street, 1, UA 20301, Uman, Ukraine