data. So, according to our data, it was revealed that 762 and 784 selection samples belong to the intensive type based on the SAS indicators and regression coefficient, with confirmation of changes in their yield for 2018 and 2019.

*According to the results of our research, the presence of the recessive *pl* allele in the genotype, which determines the presence of black staining of the tripe in the dominant state, does not lead to a decrease in biometric indicators of productivity and yield, and simplifies the control of seed purity. However, based on the adaptive ability data, the high reaction of two cultivars to the improvement and deterioration of growing conditions with a corresponding change in the yield level was confirmed.*

Keywords: *vegetable peas, genetic marker, variety, gene, adaptive ability.*

УДК 001.82:631.165:633.85

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-303-319

АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН СОМАКЛОНАЛЬНИХ ЛІНІЙ РИЖІЮ ЯРОГО

А. І. ЛЮБЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

І. О. ЛЮБЧЕНКО, аспірант

Уманський національний університет садівництва

У статті наведено результати оцінки створеного методами клітинної селекції стійкого до хлоридного засолення та осмотичного стресу вихідного матеріалу рижію ярого за продуктивністю та елементами структури врожаю. Створені генотипи характеризувались індивідуальними морфологічними показниками та відрізнялись від вихідних сортів-донорів експлантів. Відмічено залежність формування елементів продуктивності соматоклональних ліній від погодних умов. В середньому за роки досліджень, залежно від генотипу, гілкування рослин становило 5,4–12,8 шт., на рослині формувалось від 81,7 до

161,4 стручків, в одному стручку утворювалось 8,2–14,0 насінин, маса 1000 насінин варіювала від 0,9 до 1,4 г. Насіннєва продуктивність рослин сомаклональних ліній, залежно від генотипу і погодних умов, змінювалась від 0,8 до 2,3 г. Найвищу продуктивність відмічено у ліній С-87-7, С-121-2, П-46-5, П-248-8 і П-646-3, що зумовлено формуванням рослинами стручків у кількості 111–161 шт. з 9–13 насінинами у кожному та масою 1000 насінин 0,9–1,2 г. Виділені генотипи можуть бути використані, як вихідний матеріал, для створення високопродуктивних сортів рижію ярого стійких до негативних чинників навколишнього середовища.

Ключові слова: рижій ярий, сомаклональна лінія, насіннєва продуктивність, морфологічні ознаки

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату здійснюють негативний вплив на аграрне виробництво. Підвищення температури повітря та зменшення кількості опадів спричиняють зниження продуктивності сільськогосподарських культур і скорочення орних земель внаслідок опустелювання та засолення. Це, без проведення відповідних заходів, найближчим часом може призвести до продовольчої кризи [1, 2].

Для ведення рослинництва у несприятливих регіонах слід застосовувати комплекс організаційних, агротехнічних і меліоративних заходів. Важливим напрямком є збільшення в структурі посівних площ питомої ваги посухо-, соле- і жаростійких сільськогосподарських культур та їхніх сортів і гібридів [3]. Однією з таких рослин є рижій ярий. Завдяки стійкості до шкідників та хвороб, короткому періоду вегетації, невибагливості до умов вирощування його можна вирощувати у різних ґрунтово-кліматичних зонах з високими показниками економічної ефективності [4–6]. Впровадження високопродуктивних адаптивних сортів є головною умовою збільшення об'ємів виробництва культури.

Для підвищення ефективності селекційного процесу застосовують біотехнологічні методи. В адаптивній селекції сільськогосподарських рослин

культура *in vitro* дає можливість контролювати умови вирощування біоматеріалу, моделювати силу тиску стресора та дослідити його вплив на біоб'єкт, що важко досягти за роботи з інтактними рослинами [7, 8].

Сомаклональна мінливість, що виникає внаслідок культивування матеріалу *in vitro*, має випадковий неконтрольований характер, тобто поряд з корисними мутаціями виникають шкідливі. Тому обов'язковим етапом клітинної селекції є оцінка отриманих соматоклонів за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах *ex vitro* [9].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Рижий ярий — цінна олійна культура родини капустяних. Насіння рижію містить біля 45 % олії. Високий вміст олеїнової, лінолевої, ліноленової жирних кислот і низький вміст ерукової кислоти, збалансований комплекс біологічно-активних речовин та природних антиоксидантів робить її придатною до вживання. Рижієву олію рекомендовано для профілактики та лікування цукрового діабету, серцево-судинних і нервових захворювань [10, 11].

Проте, основний напрямок використання рижієвої олії — технічний. Вона є цінною сировиною для виробництва мастила, пластмаси, лаків, фарби, оліфи, мила тощо [12]. Завдяки високій калорійності фітомаси (вміст енергії в насінні, олії та соломі, відповідно, становить 26,4, 38,2 та 17,7 Дж/г) рижій може використовуватися як біоенергетична культура [13]. Фізико-хімічні показники рижієвої олії відповідають вимогам встановлених стандартів, що дає можливість отримувати з неї пальне з якістю ідентичною до нафтового дизельного палива марки Євро [14].

Нині для створення вихідного матеріалу сільськогосподарських культур використовують явище соматоклональної мінливості, що зумовлюється декількома причинами: хромосомними перебудовами, точковими мутаціями, транспозицією генетичних елементів, ампліфікацією генів, зміною експресії в мультигенних локусах та перегрупованням цитоплазматичних геномів. Частота генетичних мутацій в культурі ізольованих тканин досить висока (біля 10^{-2} – 10^{-1} у розрахунку на локус однієї рослини-регенеранта) і для багатьох видів рослин

регенерація соматоклональних варіантів з культури *in vitro* є ефективнішою, аніж обробка біоматеріалу хімічними чи фізичними мутагенами в нативних умовах [15–17]. Для практичного використання соматоклонів в селекційному процесі необхідно вивчити спектр і розмах мінливості отриманих господарсько-цінних ознак.

Головним показником, що визначає селекційну цінність створених зразків є урожайність. Урожайність ріжю ярого залежить від генетичних особливостей сорту, екологічних чинників та технології вирощування. За створення оптимальних умов потенційна урожайність культури може становити 3–5 т/га [18]. Насіннева продуктивність рослин ріжю ярого формується за рахунок висоти рослин, інтенсивності гілкування стебла, кількості стручків на рослині та насінин у стручку і маси 1000 насінин. Між елементами структури врожаю існують кореляційні зв'язки, що необхідно враховувати в селекційній роботі. Так, І. Б. Комаровою [19] виявлено тісний кореляційний зв'язок між загальною кількістю стручків на рослині та кількістю гілок ($r = 0,82$, $p < 0,001$). Відмічено позитивну залежність між висотою рослини й урожайністю ($r = 0,30$, $p = 0,006$) і виходом олії ($r = 0,25$, $p = 0,022$). Маса насіння з однієї рослини істотно позитивно корелює із загальною кількістю стручків ($r = 0,50$, $p < 0,001$) і кількістю гілок ($r = 0,49$, $p < 0,001$) й негативно — з висотою штамбу ($r = -0,33$, $p = 0,003$).

У різних ґрунтово-кліматичних зонах сорти специфічно реалізують потенціал урожайності. Використовуючи методи кореляційно-регресійного аналізу за дослідження колекційного матеріалу ріжю ярого, вченими [20] було визначено наступні параметри моделі сорту культури для умов Лісостепової зони Поволжя: врожайність насіння — 2,0–2,5 т/га; насіннева продуктивність рослини — 1,8–2,5 г; число стручків на рослині — 400–500 шт.; висота рослини — 70–80 см; маса 1000 насінин — 1,2–1,8 г. Найвагомий внесок у формування врожаю вносить маса 1000 насінин, кількість стручків на рослині та продуктивність однієї рослини.

В Інституті олійних культур НААН України проводився аналіз мінливості морфологічних ознак колекційних зразків рижію ярого різного географічного походження. У процесі досліджень відмічено варіювання за висотою рослин від 49,8 до 85,3 см, за висотою штамбу — від 3,3 до 34,9 см, за кількістю гілок на рослині — від 3,8 до 18,8 шт., за кількістю стручків на рослині — від 33,4 до 278,3 шт. Встановлено, що висота рослин є найстабільнішою ознакою у межах окремого сорту, та загалом у популяції. На прояв таких ознак, як висота штамбу, кількість гілок і стручків суттєво впливають умови вирощування [21].

Отже, існуючі сорти та створені селекційні зразки рижію ярого суттєво різняться за морфологічними ознаками, показниками елементів структури врожаю та продуктивністю. Ефективне використання вихідного матеріалу для створення нових сортів вимагає його всебічного і ретельного дослідження.

Метою роботи був аналіз продуктивності та елементів структури врожаю створеного методами клітинної селекції на базі соматоклональної мінливості вихідного матеріалу рижію ярого стійкого до хлоридного засолення та осмотичного стресу.

Методика проведення досліджень. Оцінку *ex vitro* соматоклональних ліній рижію ярого отриманих з експлантів сортів Степовий 1, Перемога, Клондайк та Євро 12 проводили впродовж 2017–2019 років. Створений за клітинної селекції стійкий до дії стресових чинників (хлорид натрію, маніт) рослинний матеріал після мікроклонального розмноження, укорінення та адаптації вирощували на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва.

Ґрунт дослідного поля відноситься до чорноземів опідзолених мало гумусних важко суглинкових. За вмістом рухомих форм фосфору і калію ґрунт належить до середньо забезпечених. Період проведення досліджень характеризувався дефіцитом вологи та підвищеними температурами. Сума опадів впродовж 2016–2017, 2017–2018 і 2018–2019 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.

Найпосушливішими були червень 2017 року (–40,6 мм від норми), липень 2017 року (–46,0 мм від норми), травень 2018 року (–36,7 мм від норми). Середня температура повітря за роки проведення досліджень була вищою порівняно з середніми багаторічними показниками і відповідно складала 9,0, 9,7 та 9,6 °С.

Насіннєве покоління соматиклонів R₂–R₄ висівали з міжряддям 30 см за норми висіву 2 млн насінин / га. Проведення обліків виконували відповідно до методики виконання польових досліджень [22] і методики проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест) [23]. За проведення морфологічних досліджень оцінювали рослини за кількістю стручків на рослині, кількістю насінин у стручку та масою 1000 насінин.

Результати дослідження. У процесі досліджень аналізували насіннєве потомство (R₂–R₄) соматиклональних ліній рижію ярого з високою комплексною стійкістю до засолення та осмотичного стресу. Отримані селекційні зразки відрізнялись від вихідних сортів і характеризувались індивідуальними морфологічними ознаками (табл. 1). За ступенем гілкування стебла соматиклони мали індивідуальні показники — залежно від року досліджень та генотипу на одній рослині формувалось від 4,9 до 14,1 гілок. Більшість селекційних номерів за цією ознакою істотно перевищували вихідні сорти. Згідно Методики проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність, стабільність [23] досліджувані матеріали за інтенсивністю галуження стебла можна поділити на окремі групи: слабкий ступінь галуження (до шести гілок) — С-384-4, П-202-6; помірний ступінь галуження (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 галуження (понад дев'ять 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.

Відмічено значний розмах мінливості досліджуваних генотипів за показником кількості стручків на рослині залежно від генетичних особливостей та погодних умов у роки проведення досліджень.

Табл. 1. Морфологічні особливості рослин соматоклональних ліній рижію ярого, 2017–2019 рр.

Зразок	Гілкування рослин, шт.	Кількість стручків на рослині, шт.	Кількість насінин у стручку, шт.	Маса 1000 насінин, г
С-87-4	8,0	92,0	12,7	1,2
С-87-7	9,9	137,1	13,2	0,9
С-121-2	10,9	161,4	12,7	1,0
С-121-11	7,7	136,7	10,0	1,3
С-234-8	9,1	135,3	10,4	1,4
С-326-9	9,0	103,8	12,1	1,2
С-384-4	5,5	81,7	11,2	1,3
С-402-6	8,5	136,8	11,4	1,2
С-419-6	7,4	97,8	10,6	1,3
С-586-7	8,5	85,3	8,2	1,3
П-46-2	12,6	124,3	9,0	1,3
П-46-5	11,8	139,4	10,4	1,2
П-202-6	5,4	125,5	8,3	1,2
П-202-7	6,0	112,5	13,6	1,0
П-248-8	12,8	127,9	9,6	1,1
П-485-4	10,1	129,4	12,8	1,3
П-618-6	7,8	92,5	12,7	0,9
П-646-3	10,1	138,8	13,6	1,0
П-658-8	10,6	111,5	14,0	1,2
Є-405-5	7,9	115,0	12,3	1,1
Є-405-8	9,4	119,8	13,9	0,9
К-478-2	6,2	92,5	12,9	1,2
К-480-2	8,5	131,9	9,9	1,0
К-480-4	9,5	144,0	13,2	1,0

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 стручків, а в 2019 році — від 24,7 до 184,7 стручків. У середньому за роки досліджень серед соматоклональних ліній, що досліджувались, 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. На рослинах генотипів 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 утворювалось найбільша кількість стручків — від 113,1 до 166,7 шт.

Одним із показників, що визначає рівень урожайності насіння рижію ярого є кількість насінин у стручку. В середньому за генотипами в одному стручку у 2017 році утворювалось 12,2 насінин, в 2018 році — 10,9, а в 2019 році — 11,6 насінин. За роки досліджень максимальна кількість насінин у стручку становила 14,6 шт., мінімальна — 8,0 шт.

Найменшу кількість насінин у стручку (в середньому за роки досліджень 8,2–8,3 шт.) формували селекційні номери С-419-6 та С-326-9. За дослідний період середня кількість насінин у стручку становила 11,6 шт. Перевищували середньо груповий показник за цією характеристикою соматоклональні рослинні лінії С-87-7, С-121-2, С-586-7, П-46-5, П-202-6, П-202-7, П-248-8, П-485-4, П-618-6, П-646-3, Є-405-5, Є-405-8 та К-480-2.

Маса 1000 насінин створених зразків рижію ярого в середньому становила 1,1 г. У 2017 році цей показник варіював від 0,8 до 1,4 г, у 2019 році — від 1,0 до 1,4 г. Завдяки значній кількості опадів, що випали в другій половині літа і сприяли інтенсивному наливу насіння більшості номерів у 2018 році, маса 1000 насінин у середньому становила 1,2 г.

За роки досліджень найбільшу масу 1000 насінин зафіксовано у лінії С-87-4 — 1,4 г, найменшу — у номерів П-202-6 і П-618-6 (0,9 г). Соматоклональні форми рижію ярого С-121-2, С-234-8, С-326-9, С-384-4, П-46-5 формували насіння з масою 1000 насінин 1,3 г, номери С-87-7, С-121-11, С-402-6, С-419-6, П-248-8, П-646-3, Є-405-8 — 1,2 г, зразки П-46-2, П-485-4, К-478-2 — 1,1 г, решта номерів мала масу 1000 насінин менше 1 г.

Згідно Методики проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність, стабільність [23] усі досліджувані соматоклональні лінії рижію ярого, окрім С-87-4, формували насіння середньої величини (маса 1000 насінин 0,8–1,3 г). Селекційний номер С-87-4 відноситься до групи великоплідних генотипів.

Залежно від особливостей формування елементів структури генеративної сфери соматоклональні лінії рижію ярого відрізнялись насінневою продуктивністю (табл. 2).

**Табл. 2. Насіннєва продуктивність рослин соматоклональних ліній рижію
ярого, г**

Зразок	2017 рік	2018 рік	2019 рік	Середнє
C-87-4	1,3	1,2	1,3	1,3
C-87-7	2,0	1,8	2,3	2,0
C-121-2	2,1	2,0	2,3	2,1
C-121-11	2,1	1,5	1,8	1,8
C-234-8	1,9	1,0	1,5	1,5
C-326-9	1,1	0,8	1,2	1,0
C-384-4	0,9	0,8	1,0	0,9
C-402-6	1,6	1,5	1,9	1,7
C-419-6	1,1	0,8	1,0	1,0
C-586-7	1,2	1,0	1,2	1,1
П-46-2	1,4	1,0	1,2	1,2
П-46-5	2,2	2,0	2,3	2,2
П-202-6	1,4	1,5	1,3	1,4
П-202-7	1,6	1,3	1,5	1,5
П-248-8	2,2	2,0	2,2	2,1
П-485-4	1,8	1,6	1,8	1,7
П-618-6	1,2	1,0	1,3	1,2
П-646-3	2,0	2,0	2,2	2,1
П-658-8	1,1	1,0	1,0	1,0
Є-405-5	1,4	1,3	1,5	1,4
Є-405-8	1,6	1,4	1,7	1,6
К-478-2	1,1	1,0	1,2	1,1
К-480-2	1,6	1,0	1,6	1,4
К-480-4	1,6	1,3	1,6	1,5
<i>НІР₀₅</i>	0,2	0,1	0,2	—

Насіннєва продуктивність рослин у 2017 і 2019 роках була на однаковому рівні — 1,5 г. Менш сприятливі погодні умови весни 2018 року спричинили зниження продуктивності у середньому за генотипами на 13,3 %. Зниження зумовлене формуванням меншої кількості стручків.

Найстабільнішими за цим показником були соматоклональні лінії C-87-4, C-586-7, C-384-4, C-121-2, П-248-8 і П-485-4. У роки досліджень насіннєва продуктивність соматоклональних форм залежно від генотипу варіювалась від 0,8 до 2,3 г. Найменшу масу насіння (менше 1,3 г) формували рослини номерів С-

87-4, С-326-9, С-384-4, С-419-6, С-586-7, П-46-2, П-618-6, П-658-8 та К-478-2, найвищу (2,0–2,2 г) — лінії С-87-7, С-121-2, П-46-5, П-248-8 і П-646-3. Високий рівень насінневої продуктивності цих номерів зумовлений формуванням рослинами стручків у кількості 111,5–161,4 шт. з кількістю насінин у стручку 9,6–13,6 шт. та масою 1000 насінин 0,9–1,2 г. Виділенні соматоклональні лінії здатні забезпечувати урожайність насіння на рівні 3,0–3,5 т/га.

Висновки. Отримані в ході клітинної селекції стійкі до засолення та осмотичного стресу соматоклональні лінії рижію ярого мали індивідуальні морфологічні характеристики, що зумовило їхню різну насінневу продуктивність. У середньому за роки досліджень залежно від генотипу гілкування рослин становило 5,4–12,8 шт. На рослині формувалось від 81,7 до 161,4 стручків, а в одному стручку утворювалось 8,2–14,0 насінин. Маса 1000 насінин варіювала від 0,9 до 1,4 г. Виділено селекційні зразки з високою індивідуальною насінневою продуктивністю, що можуть використовуватись як вихідний матеріал для створення високопродуктивних сортів рижію ярого стійких до негативних чинників навколишнього середовища.

Література

1. Дем'янюк О. С. Продовольча безпека України в контексті змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4. С. 14–21.
2. Новіков Є. Ю. Забезпечення глобальної продовольчої безпеки в умовах прискорення кліматичних змін. *Культура народів Причорномор'я*. 2012. № 220. С. 70–73.
3. 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.
4. Комарова І. Б., Рожкован В. В. Рижій — альтернативна олійна культура та перспективи його використання. *Пропозиція*. 2003. № 1. С. 46–47.

5. Семенова Е. Ф., Буянкин В. И., Тарасов А. С. Масличный рыжик: биология, технология, эффективность. Волгоград: Издательство ВолГУ, 2007. 82 с.
6. Москва І. С. Стан та перспективи вирощування рижію ярого на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. № 1. С. 99–109.
7. Сергеева Л. Е. Изменение культуры клеток под действием стресса. Киев: Логос, 2001. 99 с.
8. Бабикова А. В., Горпенченко Т. Ю., Журавлев Ю. Н. Растение как объект биотехнологии. *Комаровские чтения*. 2007. Вып. LV. С. 184–211.
9. Evans D. A. Somaklonal variation — genetic basis and breeding application. *Trend in Genetics*. 1989. Vol. 5. № 2. P. 46–50.
10. Лях В. О., Комарова І. Б. Вміст та жирнокислотний склад олії рижію ярого. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 137–142.
11. Кулакова С. Н., Гаппаров М. М., Викторова Е. В. О растительных маслах нового поколения в нашем питании. *Масложировая промышленность*. 2005. № 1. С. 4–8.
12. Шевченко І. А., Поляков О. І., Ведмедева К. В., Комарова І. Б. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури). Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 40 с.
13. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. № 2. С. 90–96.
14. Яковлєва А. В., Бойченко С. В., Гудзь А. В., Зубенко С. О. Фізико-хімічні властивості біодизельних палив на основі етилових естерів рижієвої олії. *Каталіз та нафтохімія*. 2020. № 29. С. 24–31.
15. Чеченева Т. Н. Изменчивость злаков в культуре *in vitro* и в процессе регенерации растений. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2006. Т. 38. № 2. С. 163–175.

16. Ашапкин В. В., Кутуева Л. И., Ванюшин Б. Ф. Эпигенетическая изменчивость у растений: наследуемость, адаптивность, эволюционное значение. *Физиология растений*. 2016. Т. 63. № 2. С. 191–204.
17. Gavazzi G., Tonelli C., Todesco G. Somaclonal variation versus chemically induced mutagenesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 1987. Vol. 74. № 6. P. 733–738.
18. Наумкин В. П. Проявление количественных признаков рыжика ярового при разных сроках сева. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. № 14. С. 183–187.
19. Комарова І. Б., Лях В. О. Мінливість біометричних показників рижію ярого. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. № 14. С. 120–129
20. Смирнов А. А., Прахова Т. Я., Шепелёва Е. А. Основные принципы и результаты селекции рыжика масличного. *Нива Поволжья*. 2012. № 1 (22). С. 51–55.
21. Комарова І. Б. Кореляційні зв'язки між господарсько-цінними та морфологічними ознаками рижію ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 37–41.
22. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
23. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест). Олійні. За ред. С. О. Ткачик. Київ: Ніланд-ЛТД, 2014. 178 с.

References

1. Demianiuk, O. S. (2015). Ukraine's food security in the context of climate change. *Agroecological journal*, no. 4, pp. 14–21 (in Ukrainian).
2. Novikov, Ye. Yu. (2012). Ensuring global food security in the context of accelerating climate change. *Culture of the peoples of the Black Sea region*, no. 220, pp. 70–73 (in Ukrainian).

3. Vozhehova, R. A. (2019). Directions of adaptation of the crop industry to regional climate change. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education», Kyiv–Mykolaiv–Kherson, pp. 6–8 (in Ukrainian).
4. Komarova, I. B., Rozhkov, V. V. (2003). Camelina is an alternative oil crop and prospects for its use. Offer, no. 1, pp. 46–47 (in Ukrainian).
5. Semenova, E. F., Buiankyn V. I., Tarasov A. S. (2007). Camelina sativa: biology, technology, efficiency. Volhohrad: Izdatelstvo VolHU, 8 p. (in Russian).
6. Moskva, I. S. (2016). Status and prospects of camelina sativa cultivation in the south of the Steppe of Ukraine. Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region, no.1, pp. 99–109 (in Ukrainian).
7. Serheeva, L. E. (2001). Stress cell culture change. Kiev: Logos, 99 p. (in Russian).
8. Babikova, A. V., Gorpenchenko, T. Yu., Zhuravlev, Yu. N. (2007). A plant as an object of biotechnology. Komarov readings, no. LV, pp. 184–211 (in Russian).
9. Evans, D. A. (1989). Somaklonal variation — genetic basis and breeding application. Trend in Genetics, Vol. 5, no.2, pp. 46–50 (in English).
10. Liakh, V. O., Komarova, I. B. (2010). The content and fatty acid composition of camelina oil. Bulletin of the Institute of grain management, no. 38, pp. 137–142 (in Ukrainian).
11. Kulakova, S. N., Happarov, M. M., Vyktorova, E. V. (2005). About the new generation vegetable oils in our diet. Oil and fat industry, no. 1, pp. 4–8 (in Russian).
12. Shevchenko, I. A., Polyakov, O. I., Vedmedyeva, K. V., Komarova, I. B. (2017). Camelina, safflower, sesame. Oil raw material production strategy in Ukraine (uncommon crops). Zaporizhzhya: STATUS, 40 p (in Ukrainian).

13. Kalenska, S. M., Yunyk, A. V. (2011). The role of oilseeds in solving the energy security of Ukraine. Collection of scientific works of the Institute of bioenergy crops and sugar beets, no. 2, pp. 90–96 (in Ukrainian).
14. Iakovlieva, A. V., Boichenko, S. V., Hudz, A. V., Zubenko, S. O. (2020). Physico-chemical properties of biodiesel fuels based on ethyl esters of camelina oil. Catalysis and petrochemistry, no. 29, pp. 24–31 (in Ukrainian).
15. Checheneva, T. N. (2006). Variability of cereals in vitro and in the process of plant regeneration. Physiology and biochemistry of cultivated plants, T. 38, no. 2, pp. 163–175 (in Russian).
16. Ashapkin, V. V., Kutueva, L. I., Vanyushin, B. F. (2016). Epigenetic variability in plants: heritability, adaptability, evolutionary significance. Plant physiology, T. 63, no. 2, pp. 191–204 (in Russian).
17. Gavazzi, G., Tonelli, C., Todesco, G. (1987). Somaclonal variation versus chemically induced mutagenesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Theoretical and Applied Genetics, Vol. 74, no. 6, pp. 733–738 (in English).
18. Naumkyn, V. P. (2009). Manifestation of quantitative signs of camelina sativa at different lines of sowing. Scientific and technical bulletin of the Institute of oilseeds UAAS, № 14, pp. 183–187 (in Russian).
19. Komarova, I. B., Liakh, V. O. (2009). Variability of biometric indicators of camelina sativa. Scientific and technical bulletin of the Institute of oilseeds UAAS, no. 14, pp. 120–129 (in Ukrainian).
20. Smirnov, A. A., Prahova, T. Ya., Shepelyova, E. A. (2012). Basic principles and results of selection of camelina sativa. Niva Povolzh'ya, no. 1 (22), pp. 51–55 (in Russian).
21. Komarova, I. B. (2013). Correlation between economically valuable and morphological features of camelina sativa. Bulletin of the Poltava state agrarian academy, no. 1, pp. 37–41 (in Ukrainian).
22. Ieshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., Kostohryz, P. V. (2005). Fundamentals of scientific research in agronomy. Kyiv: Diia, 288 p. (in Ukrainian).

23. Methods of examination of plant varieties for difference, homogeneity and stability. Oilseeds. (2014). Edited by S. O. Tkachyk. Kyiv: Niland-LTD, 178 p. (in Ukrainian).

Аннотация

Любченко А. И., Любченко И. О.

Анализ продуктивности растений соматоклональных линий рыжика ярового

В статье приведены результаты оценки исходного материала рыжика ярового, созданного методами клеточной селекции, устойчивого к хлоридному засолению и осмотическому стрессу по продуктивности и элементам структуры урожая. Созданные генотипы характеризовались индивидуальными морфологическими показателями и отличались от исходных сортов-доноров эксплантов.

Отмечено зависимость формирования элементов продуктивности соматоклональных линий от погодных условий. В среднем за годы исследований, в зависимости от генотипа, ветвления растений составило 5,4–12,8 шт., на растениях формировалось от 81,7 до 161,4 стручков, в одном стручке — 8,2–14,0 семян, масса 1000 семян — 0,9 до 1,4 г.

Семенная продуктивность растений соматоклональных линий, в зависимости от генотипа и погодных условий, изменялась от 0,8 до 2,3 г. Самую высокую продуктивность отмечено в линий С-87-7, С-121-2, П-46-5, П-248-8 и П-646-3, что обусловлено формированием растениями стручков в количестве 111–161 шт. с 9–13 семенами в каждом и массой 1000 семян 0,9–1,2 г. Выделенные генотипы могут быть использованы в качестве ценного исходного материала для создания высокопродуктивных сортов рыжика ярового.

Ключевые слова: *рыжик яровой, соматоклональная линия, семенная продуктивность, морфологические признаки*

Annotation

Liubchenko A. I., Liubchenko I. O.

Analysis of plant productivity of somaclonal lines of camelina sativa

Camelina sativa, due to resistance to pests and diseases, short growing season and unpretentiousness, can be grown in different soil and climatic zones with high economic efficiency. The introduction of high-yielding adaptive varieties is the main condition for increasing the production of *camelina sativa*.

Biotechnological methods are used to increase the efficiency of the selection process. In adaptive selection of agricultural plants, *in vitro* culture makes it possible to control the growing conditions of the biomaterial, to model the force of the stressor and to study its impact on the bioobject.

Somaclonal variability arising from the cultivation of material *in vitro* has a random uncontrolled nature, ie along with beneficial mutations occur and harmful. Therefore, the obligatory stage of cell selection is the evaluation of the obtained somaclones by a set of economically valuable traits in *ex vitro* conditions.

The aim of our study was to analyze the productivity and structure elements of the crop created by cell selection methods based on the somaclonal variability of the source material of *camelina sativa* resistant to chloride salinity and osmotic stress.

The created samples were characterized by individual morphological indicators and differed from the original varieties of explant donors. The dependence of the formation of productivity elements of somaclonal lines on weather conditions is noted. On average, over the years of research, depending on the genotype, the branching of plants was 5,4–12,8 pieces. From 81,7 to 161,4 pods were formed on the plant, 8,2–14,0 seeds with a mass of 1000 seeds in the range of 0,9–1,4 g were formed in one pod. Seed productivity of plants of somaclonal lines, depending on a genotype and weather conditions of the year, varied from 0,8 to 2,3 g. The highest productivity is noted in lines C-87-7, C-121-2, П-46-5, П-248-8 and П-646-3. The high level of seed productivity of these numbers is due to the formation of pods by plants in the amount

of 111,5–161,4 pieces, with 9,6–13,6 seeds in each, and the weight of 1000 seeds was 0,9–1,2 g. The isolated genotypes can be used as a source material to create high-yielding varieties of camelina sativa resistant to negative environmental factors.

Key words: *camelina sativa, somaclonal line, seed productivity, morphological features*

УДК 635.8

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ТРОПИЧЕСКОГО ГРИБА
CALOCYBE INDICA PURKAY. & A. CHANDRA В УКРАИНСКОЕ
ГРИБОПРОИЗВОДСТВО**

И. И. БАНДУРА, кандидат сельскохозяйственных наук

**Таврийский государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного**

*Розширення сортименту екзотичних грибів, які культивуються в промислових умовах за інтенсивними технологіями, дозволяє збільшити ресурси вітчизняних продуктів, що мають унікальні функціональні властивості. У статті розглянуто особливості технології вирощування тропічного гриба *C. indica* P&C та наведено аналіз факторів, що впливають на його ефективність. Вперше описано елементи технології для формування якісних плодових тіл молочного гриба в умовах українського грибовиробництва.*

Ключові слова: *Calocybe indica, молочный гриб, штучне вирощування, фактори промислового культивування, габітус, біологічна ефективність, технологічний цикл.*