

УДК [631.527:635.657]:526.32

А.Є. Тітова, здобувач*

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва
(Харків, Україна)

КОМПЛЕКСНИЙ ВИБІР КРАЩОГО КОЛЕКЦІЙНОГО ЗРАЗКА НУТУ МЕТОДОМ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ЗА ФУНКЦІЄЮ БАЖАНОСТІ ХАРРІНГТОНА

Проведено комплексний вибір кращого колекційного зразка нуту методом багатокритеріальної оптимізації та за функцією бажаності Харрінгтона в семи видів нуту – *Cicer arietinum* L., *C. Reticulatum* Labizinsky., *C. Judaicum* Boiss., *C. Bijugum* K.N. Rech., *C. Pinnatifidum* Jaub., *C. chorassinicum* (Vge) M. Pop., *C. yamashitae* Kitam шляхом порівняльної оцінки альтернативних варіантів за комплексом показників стійкості до хвороб і шкідників, кількості бобів на рослині, кількості зерен у бобі, кількості зерен з рослин, маси зерен з рослини, маси 1000 зерен, висоти рослини, висоти кріплення нижнього боба, вмісту білка та олії.

Визначено множину оціночних критеріїв. Використано аналіз подібних критеріїв при застосуванні методу багатокритеріальної оптимізації (геометрична перевірка критеріїв). Проаналізовано важливість доборів за низкою показників продуктивності й адаптованості до умов середовища для проведення успішної селекційної роботи з метою покращання господарсько цінних ознак нуту.

Ключові слова: комплексний вибір, метод багатокритеріальної оптимізації, функція бажаності Харрінгтона, висота рослини, висота кріплення нижнього бобу, кількість бобів, кількість зерна з рослини, маса зерна з рослини, кількість зерна у бобі, маса 1000 зернин.

Постановка проблеми. Гарантією збільшення обсягів вирощування нуту є успішна селекційна робота зі створення нових високопродуктивних його сортів з покращеним біохімічним складом і високою стійкістю до шкідливих організмів та адаптивністю до умов вирощування.

Порівняльна оцінка альтернативних варіантів дає змогу вибрати кращий колекційний зразок серед різних видів нуту за комплексом таких показників, як стійкість до хвороб і шкідників, кількість бобів на рослині, кількість зерен у бобі, кількість зерен з рослин, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен, висота рослини, висота кріплення нижнього бобу, вміст білка та олії, що визначають множину оціночних критеріїв. Нами використано аналіз подібних критеріїв при застосуванні методу багатокритеріальної оптимізації (геометрична перевірка критеріїв) [1–4].

* **Науковий керівник** – В.К. Пузік, доктор с.-г. наук, професор, чл.-кор. НААН України, заслужений діяч науки і техніки України

Викладення основного матеріалу. Вибір кращих колекційних зразків різних видів нуту було здійснено за відповідними показниками на основі двосторонньої альтернативно-критеріальної класифікації. Показники представлено через значення критеріїв, які характеризують структурні і біохімічні властивості колекційних зразків [5–8].

Установлено ранг колекційних зразків різних видів нуту, який характеризує їхні показники структури врожаю, біохімічні показники та показники стійкості до хвороб і шкідників. Перший ранг мають колекційні зразки різних видів нуту Пегас (UD0501164) $\varphi(x_1) = 4,088$ і *Cicer rotundum* (UD0500422) $\varphi(x_1) = 3,908$. Зразок Пегас (UD0501164) має у середньому 128,4 шт. бобів на рослину; 1,4 шт. зерен у бобі; 162,3 шт. зерен з рослини; маса зерна з рослини становить 66,0 г; маса 1000 зерен – 300,4 г; висота рослини – 49 см; висота кріплення нижнього бобу – 20,7 см. У зерні міститься 23,5 % білка та 5,3 % олії. До недоліків цього зразка слід віднести його невисоку, порівняно зі зразком *Cicer rotundum* (UD0500422), стійкість до фузаріозу.

Зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) має у середньому 139,5 шт. бобів на рослину; 1,3 шт. зерен у бобі; 132,9 шт. зерен з рослини; маса зерна з рослини становить 78,1 г; маса 1000 зерен – 293,4 г; висота рослини 48,3 см; висота кріплення нижнього бобу – 21,2 см. Цей зразок містить 22,1 % білка, 5,3 % олії у зерні і має вищу стійкість до фузаріозу, ніж зразок Пегас (UD0501164) (7 проти 5). Крім того, зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) переважає зразок Пегас (UD0501164) за масою зерна з рослини (78,1 проти 66,0 г) та кількістю бобів на рослині (139,5 проти 128,4 шт.). За всіма іншими показниками зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) поступається зразку Пегас (UD0501164), що підтверджує показник цільової функції, який у зразка Пегас (UD0501164) дорівнює $\varphi(x_1) = 4,088$, тоді як у зразка *Cicer rotundum* (UD0500422) він становить $\varphi(x_1) = 3,908$.

Другий ранг мають шість зразків колекції. За значенням показника цільової функції вони розміщені у такому порядку: UDO 500196 $\varphi(x_1) = 5,375$, Триумф (UD0501163) $\varphi(x_1) = 5,222$, Добробут (UD0501194) $\varphi(x_1) = 5,150$, UDO 50207 $\varphi(x_1) = 4,939$, Луганець (UD0500102) $\varphi(x_1) = 4,608$ і Краснокутський 123 (UD0500101) $\varphi(x_1) = 4,608$. Усі ці зразки належать до виду *Cicer arietinum* L. За деякими показниками вони значно відрізняються один від одного. Наприклад, за кількістю бобів на рослині зразок Луганець (UD0500102) переважає всі інші зразки другого рангу на 30,6–44,5 %, за кількістю зерна з рослини – на 9,2–33,0 %, але поступається цим зразкам за масою 1000 зерен на 11,6–39,9 %, за вмістом олії у зерні – на 17,8–37,8 %, а також за стійкістю до нутового мінера, аскохітозу і фузаріозу.

Третє місце за рангом цільової функції займають зразки виду *Cicer arietinum* L. NEC 1506 (UD0501485) $\varphi(x_1) = 5,705$, UDO 500001

$\varphi(x_1) = 5,813$, NEC 1847 (UD0501486) $\varphi(x_1) = 5,922$, Гібрид 25 (UD0500015)
 $\varphi(x_1) = 6,082$, Flip97 – 220с $\varphi(x_1) = 6,332$, INIA 45 (UD0501479)
 $\varphi(x_1) = 6,353$. За деякими показниками вони відрізняються один від одного. Наприклад, зразок NEC 1506 (UD0501485), що має коефіцієнт цільової функції $Y(x_1) = 5,705$, поступається зразкам UDO500001, NEC 1847 (UD0501486), INIA 45 (UD0501479) за кількістю білка у зерні. За кількістю олії у зерні він поступається зразку INIA 45 (UD0501479) (6,1 проти 6,7 %), але має одну з найбільших серед зразків третього рангу масу 1000 зерен. Серед зразків іноземного походження найвищий ранг у зразків ICCW 8 (UD0501165), ICCW 9 (UD0501669) виду *C. Reticulatum Labizinsky*, ICCW 71 (UD0502026), ICCW 42 (UD0502028) виду *Cicer bijugum K.N. Rech.*

Зразки ICCW 42 (UD0502028), UDO 500022 і X2001th 173-18 серед усіх зразків колекції мають найбільшу кількість білка у зерні – 24,5; 26,8 і 25,7 % відповідно. Представники виду *Cicer arietinum L.* CP 66-1 (UD0500980) і Sierra (UD0501751) мають у зерні олії 7,6 і 6,8 % відповідно. Крім того, зразок CP 66-1 (UD0500980) має досить високу стійкість до хвороб і шкідників (7 балів), крім стійкості до фузаріозу, показник якої дорівнює 5 балів. Найвищу стійкість до фузаріозу спостерігали у зразків виду *C. bijugum K.N. Rech.*

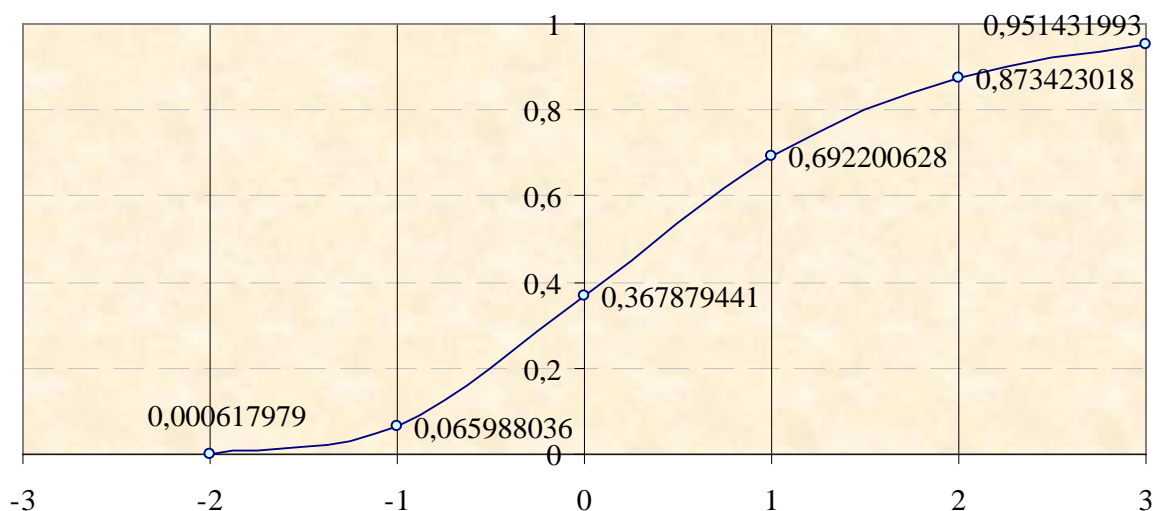
Об'єктивно оцінити кожен зразок за певною ознакою або за їх комплексом (як у наших дослідженнях) і визначити бажаність використання зразка в подальшому дозволяє узагальнена функція бажаності Харрінгтона. Ця функція базується на ідеї перетворення натуральних значень окремих показників (відгуків) у безмірну шкалу бажаності або переваги. Показники продуктивності рослини нуту, вміст деяких компонентів хімічного складу і стійкість до хвороб і шкідників є видовою ознакою зразків. Використати той чи інший зразок за певною ознакою в селекційному процесі можливо, але при цьому виникає ряд труднощів, пов'язаних із внесенням у генотип тієї або іншої рослини небажаних ознак. Шкала бажаності належить до психофізичних шкал. Її призначення – установити відповідність між фізичними і психологічними параметрами. Шкала має зручні властивості для аналізу: неперервність, монотонність, гладкість. В області, близькій до 0 та 1, її відчутність стає нижчою, ніж у середній зоні, що також відзначено у ході досліджень [9–10].

Під фізичними параметрами розуміють окремі значення показників, які характеризують об'єкт. У нашому дослідженні такими окремими значеннями були: кількість бобів на рослині, кількість зерен у бобі, кількість зерен з рослини, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен, висота рослини, кріплення нижнього бобу, вміст білка і жиру, коефіцієнти стійкості до акацієвої вогнівки, нутового мінера, аскохітозу, фузаріозу.

З метою вибору необхідного колекційного зразка для участі у

селекційному процесі культур використовували узагальнену функцію бажаності Харрінгтона [9]. Для побудови шкали бажаності користувалися готовими розрахунками таблиці відповідності між параметрами переваги та їх числовими характеристиками.

Під психологічними параметрами часто розуміють суб'єктивні оцінки експериментатором (переваги) того чи іншого значення. Функцію бажаності складено для кодової шкали (рис. 1).



Кількість, шт.	бобів на рослині	29,1	38,4	47,8	57,5	66,5	80,9	85,2	94,6	103,9	122,6
	зерен у бобі	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8
	зерен з рослини	36,7	47,8	58,8	70,3	80,9	97,9	103,0	114,1	125,1	147,2
Маса, г	зерна з рослини	6,3	12,8	19,3	26,0	32,3	42,3	45,2	51,7	58,2	71,2
	1000 зерен	74,4	110,3	146,1	183,4	217,8	273,0	289,5	325,3	361,2	432,8
Висота, см	рослини	22,1	25,3	28,6	32,0	35,1	40,1	41,6	44,9	48,1	54,7
	кріплення нижнього бобу	7,4	9,0	10,5	12,1	13,5	15,8	16,5	18,0	19,6	22,6
Вміст, %	білка	18,3	19,1	19,9	20,7	21,5	22,7	23,1	23,9	24,7	26,3
	жиру	3,9	4,2	4,6	5,0	5,3	5,9	6,1	6,4	6,8	7,5
Коефіцієнт стійкості до	мінера	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,1	7,5	7,9	8,6
	акацієвої вогнівки	3,4	4,1	4,8	5,4	6,0	6,7	6,9	7,3	7,7	8,5
	аскохітозу	3,9	4,7	5,2	5,7	6,2	7,0	7,2	7,7	8,2	9,2
	фузаріозу	3,7	4,6	5,1	5,6	6,1	6,8	7,1	7,6	8,1	9,1

Рис. 1. Функція бажаності Харрінгтона для зразка Луганець (UD0500102) виду *C. arietinum*

Значення на кодованій шкалі, що відповідає ідеальному граничному значенню відгуку, прийнято вибирати від 3 до 6: $d(3) = 0,951$, а $d(6) = 0,998$. Чим більше значень кодової шкали використовують, тим більша відчутність у зоні області «добре».

Друга точка також відома, це межа інших областей. Її вибирають інтуїтивно, виходячи з досвіду експериментатора. Їм відповідають значення 1,5; 0,77; -0,48 на кодованій шкалі: $d(1,5) = 0,8$; допустимих значень. Їй відповідає на кодованій шкалі 0: $d(0) = 0,37$. Межі $d(0,77) = 0,63$; $d(-0,48) = 0,2$. Вектор границі кодування має величину -0,47; 0; 0,77; 1,5; 3–6 [11]. Використовуючи ці значення, за допомогою лінійної інтерполяції відображаємо натуральні відгуки на кодованій шкалі і за нею визначаємо функції бажаності. Для цього складено матрицю кодування. Усі окремі відгуки закодовано відповідно до шкали кодування – підготовка до інтерполяції (таблиці).

Граничні значення натуральних відгуків зразка Луганець (UD0500102) виду *C. arietinum*, відображені на кодованій шкалі (матриця Border)

Відгук		$y = -1,5$	$y = -1,0$	$y = -0,48$	$y = 0$	$y = 0,77$	$y = 1,0$	$y = 1,5$	$y = 2,0$	$y = 3,0$
Кількість, шт.	бобів на рослині	38,4	47,8	57,5	66,5	80,9	85,2	94,6	103,9	122,6
	зерен у бобі	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8
	зерен рослини ³	47,8	58,8	70,3	80,9	97,9	103,0	114,1	125,1	147,2
Маса, г	зерен рослини ³	12,8	19,3	26,0	32,3	42,3	45,2	51,7	58,2	71,2
	1000 зерен	110,3	146,1	183,4	217,8	273,0	289,5	325,3	361,2	432,8
Висота, см	рослини	25,3	28,6	32,0	35,1	40,1	41,6	44,9	48,1	54,7
	кріплення нижнього бобу	9,0	10,5	12,1	13,5	15,8	16,5	18,0	19,6	22,6
Вміст, %	білка	19,1	19,9	20,7	21,5	22,7	23,1	23,9	24,7	26,3
	жиру	4,2	4,6	5,0	5,3	5,9	6,1	6,4	6,8	7,5
Коефіцієнт стійкості до	нутового мінера	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,1	7,5	7,9	8,6
	акацієвої вогнівки	4,1	4,8	5,4	6,0	6,7	6,9	7,3	7,7	8,5
	аскохітозу	4,7	5,2	5,7	6,2	7,0	7,2	7,7	8,2	9,2
	фузаріозу	4,6	5,1	5,6	6,1	6,8	7,1	7,6	8,1	9,1

Приклад розрахунків, наведений нами, для зразка Луганець (UD0500102) виду *C. Arietinum* (один відгук – вміст білка):

$$\text{Reply}_{1,1} = 0,77 + \frac{1-0,77}{23,1-22,7} (23,0-22,7) = 0,96.$$

На основі проведених розрахунків за комплексом ознак оцінку – рівень «добрий» – серед колекційних зразків нуту, що вивчалися, отримав зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) виду *C. arietinum*. Оцінку – рівень «задовільний» – отримали зразки Пегас (UD0501164), Добробут (UD0501194), Краснокутський 123 (UD0500101), UD0502017, NEC 1847 (UD0501486) і UD0500001 виду *C. arietinum*. Інші зразки представлених видів нуту отримали оцінки – рівні «поганий» та «дуже поганий».

Таким чином, за комплексом ознак продуктивності, вмісту деяких компонентів хімічного складу і стійкості до хвороб та шкідників кращим серед досліджуваних зразків нуту є зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) виду *C. arietinum*.

Висновки. Установлено ранг колекційних зразків різних видів нуту, який характеризує показники їх структури врожаю, біохімічні показники та показники стійкості до хвороб і шкідників. Перший ранг мають зразки Пегас (UD0501164) $\varphi(x_1) = 4,088$ і *Cicer rotundum* (UD0500422) $\varphi(x_1) = 3,908$.

Другий ранг мають шість зразків колекції. За значенням показника цільової функції вони розміщені у такому порядку: UD0500196 $\varphi(x_1) = 5,375$, Тріумф (UD0501163) $\varphi(x_1) = 5,222$, Добробут (UD0501194) $\varphi(x_1) = 5,150$, UD050207 $\varphi(x_1) = 4,939$, Луганець (UD0500102) $\varphi(x_1) = 4,608$ і Краснокутський 123 (UD0500101) $\varphi(x_1) = 4,562$.

Третє місце за рангом займають зразки NEC 1506 (UD0501485) $\varphi(x_1) = 5,705$, UD0500001 $\varphi(x_1) = 5,813$, NEC 1847 (UD0501486) $\varphi(x_1) = 5,922$, Гібрид 25 (UD0500015) $\varphi(x_1) = 6,082$, Flip97–220с $\varphi(x_1) = 6,332$, INIA45 $\varphi(x_1) = 6,353$.

Серед зразків дикорослих видів найвищий ранг у зразків ICCW 8 (UD0501165), ICCW9 виду *Cicer reticulatum Labizinsky*, ICCW 71 (UD0502026), ICCW 42 (UD0502028) виду *Cicer bijugum K.N. Rech* і зразків UD0500022 та X2001th 173-18 виду *Cicer arietinum L.* Значення їх цільової функції становить $\varphi(x_1) = 7,982$, $\varphi(x_1) = 7,815$, $\varphi(x_1) = 7,868$, $\varphi(x_1) = 8,062$, $\varphi(x_1) = 6,917$, $\varphi(x_1) = 8,228$ відповідно.

На основі проведених розрахунків за комплексом ознак оцінку – рівень «добрий» – серед представлених колекційних зразків нуту отримав зразок *Cicer rotundum* (UD0500422) виду *C. arietinum*. Оцінку – рівень «задовільний» – зразки Пегас (UD0501164), Добробут (UD0501194), Краснокутський 123 (UD0500101), UD0502017, NEC 1847 (UD0501486) і UD0500001 виду *C. arietinum*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплицкий М.Г. Многокритериальный выбор комплексов технических средств для животноводства // Техника в сел. хоз-ве. 1989. № 6. 25 с.
2. Колтунов В.А., Вакуленко Л.М. Збереженість кабачків залежно від сорту і розміру // Овочівництво і баштанництво. 2006. Вип. 45. С. 232–236.
3. Пузік Л.М. Вибір кращого сорту гарбузових плодів методом багатокритеріальної оптимізації // Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків. 2009. № 11(1). С. 65–72.
4. Пузік Л.М., Дідух Н.О. Вибір кращого сорту кукурудзи цукрової методом багатокритеріальної оптимізації // Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво». 2003. № 9. С. 17–26.
5. Горкавий В.К. Статистика. Київ: Вища школа, 1994. 304 с.
6. Єгоршин О.О., Лісовий М.В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків, 2005. 192с.
7. Системні дослідження та моделювання в землеробстві / за ред. А.О. Шевинка. Київ: Нива, 1998. 409с.
8. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві і технології зберігання плодовоовочевої продукції. Київ: НМКВО, 1992. 333с.
9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1976. С. 9–63.
10. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. Москва: Высш. шк., 1985. 327 с.
11. Наукові дослідження у товарознавстві сільськогоспо-дарських продуктів: монографія / за заг. ред. д-ра с.-г. наук, проф. В.А. Колтунова. Харків: Вид-во Іванченка І.С., 2016. 236 с.

Стаття надійшла до редакції 23.04.19 р.

А.Е. Титова, соискатель
Харьковский национальный аграрный
университет им. В.В. Докучаева
Харьков, Украина

Комплексный выбор лучшего коллекционного образца нута методом многокритериальной оптимизации и по функции желательности Харрингтона
Проведен комплексный выбор лучшего коллекционного образца нута методом многокритериальной оптимизации и по функции желательности Харрингтона в семи видах нута – *Cicer arietinum L.*, *C. Reticulatum Labizinsky.*,

C. Judaicum Boiss., *C. bijugum K.N. Rech.*, *C. Pinnatifidum Jaub.*, *C. chorassinicum (Bge) M. Pop.*, *C. Yamashitae Kitam* путем сравнительной оценки (альтернативных вариантов) по комплексу показателей устойчивости к болезням и вредителям, количеству бобов на растении, количеству зерен в бобе, количеству зерен из растений, массе зерен с растения, массе 1000 зерен, высоте растения, высоте крепления нижнего боба, содержанию белка и масла. Определено множество оценочных критериев. Использован анализ подобных критериев при применении метода многокритериальной оптимизации (геометрическая проверка критериев). Проанализирована важность отборов по ряду показателей производительности и адаптированности к условиям среды для проведения успешной селекционной работы с целью улучшения хозяйственно ценных признаков нута.

Ключевые слова: комплексный выбор, метод многокритериальной оптимизации, функция желательности Харрингтона, высота растения, высота крепления нижнего боба, количество бобов, количество зерна с растения, масса зерна с растения, количество зерна в бобе, масса 1000 зерен.

A.E. Titova, applicant

Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchayev
Kharkiv, Ukraine

Complex selection of the best collection of chick-peaby method of multi-criterian optimization and Harrington's reliable function

The complex choice of the best collection standard of chickpea is conducted by the method of multicriterion optimization and after the function of desirability of Harrington in 7th types of chickpea – *Cicer arietinum L.*, *C. Reticulatum Labizinsky.*, *C. Judaicum Boiss.*, *C. bijugum K.N. Rech.*, *C. Pinnatifidum Jaub.*, *C. chorassinicum (Bge) of M. Pop.*, *C. yamashitae Kitam* by a comparative estimation (alternative variants) after the complex of indexes firmness to illnesses and wreckers, amount of bobs on a plant, amount of grains in a bob, amount of grains from plants, mass of grains from a plant, mass 1000 grains, amount of grain from a plant, mass of grain from a plant, amount of grain in a bean, content proteins and oils.

The great number of evaluation criteria is certain. The analysis of similar criteria is used for application of method of multicriterion optimization (geometrical verification of criteria). Importance of selections is analysed after the row of indexes of the productivity and adapted to the terms of environment for realization of successful plant-breeding work on the improvement of signs of chickpea. The rank of collecting samples of different species of goats, which characterizes their indices of the structure of the crop, biochemical indices and indicators of resistance to diseases and pests, is established.

Key words: complex choice, the method of multicriterion optimization, the function of desirability of Harrington, height of a plant, height of attachment of a lower bean, number of beans, amount of grain from a plant, mass of grain from a plant, amount of grain in a bean, mass of 1000 grains.