

УДК 633.853.494:631.895

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.12>

АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І СТРЕСОСТІЙКІСТЬ СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ

Мельник А.В. – д.с.-г.н., професор кафедри рослинництва,
Сумський національний аграрний університет

Романько Ю.О. – к.с.-г.н., керівник групи розвитку продуктів,
ТОВ «Байер»

Романько А.Ю. – аспірант кафедри садово-паркового та лісового господарства,
Сумський національний аграрний університет

Наведено результати визначення параметрів екологічної пластичності, стабільності, стресостійкості та загальної адаптивної здатності сортів сої в умовах Сумської, Тернопільської та Миколаївської областей у 2017-2019 рр.

Об'єкт дослідження – розрахунок параметрів пластичності, стабільності, стресостійкості та загальної адаптивної здатності рослин сої залежно від сортових особливостей та ґрунтово-кліматичних умов. Предмет досліджень – пластичність, стабільність, стресостійкість і загальна адаптивна здатність сортів сої вітчизняної та іноземної селекції, врожайність і ґрунтово-кліматичні умови.

На підставі проведених досліджень встановлено, що найвищу стресостійкість виявили ранньостиглий сорт сої Атланта і середньоранній сорт Ліссабон (-1,16), а також скоростиглі сорти Самородок (-1,25) і Хуторяночка (-1,26). Стійкі сорти до стресових ситуацій відрізняються відносно низькою нормою реакції на зміну умов вирощування, коефіцієнт регресії у них менше одиниці з подальшим його зниженням, стійкість до несприятливих умов збільшується.

Високою пластичністю, тобто широкою екологічною адаптивністю, вирізнялися сорти з коефіцієнтом регресії від 1,09 до 2,35. Із 23 досліджуваних сортів лише 11 мали досить високу пластичність: Кофу ($b_i = 2,35$), Білявка ($b_i = 1,47$), Асука і Амадеус ($b_i = 1,30$), Кордоба ($b_i = 1,29$), Аляска ($b_i = 1,26$), Кіото ($b_i = 1,25$), Падуа ($b_i = 1,23$), Вінні і Хуторяночка ($b_i = 1,14$), Тундра ($b_i = 1,09$).

Найвищі ефекти ЗАЗ за досліджуваній період зафіксовано в ранньостиглих сортах Мерлін (0,51), Кіото (0,46), Амадеус (0,13), Діадема Поділля (0,13), Аріса (0,07); скоростиглих сортів Асука (0,27), Кофу (0,14), Тундра (0,09), Аляска (0,01); середньоранніх сортів Кордоба (0,20) і Ліссабон (0,08) та середньостиглого сорту Кент (0,36), тобто вони та вирощування у нестабільних умовах в середньому забезпечують підвищену урожайність.

Ключові слова: соя, сорт, урожайність, адаптивний потенціал, стресостійкість, пластичність, стабільність, загальна адаптивна здатність.

Melnyk A.V., Romanko Yu.O., Romanko A.Yu. Adaptive potential and stress resistance of modern soybean varieties

The results of the 2017-2019 studies of the parameters of environmental plasticity, stability, stress resistance and general adaptive capacity of soybean varieties in the Sumy, Ternopil and Mykolaiv regions are presented.

The object of the research is the study of plasticity, stability, stress resistance, and overall adaptive capacity of soybean plants, according to the varietal characteristics and soil and climatic conditions. The subject of the research is plasticity, stability, stress resistance, and general adaptive capacity of soybean varieties of domestic and foreign selection, yield and soil and climatic conditions.

Based on the studies, it was found that the early-ripening variety of Atlanta and the mid-early variety of Lissabon (-1.16), as well as the early maturing Samorodok (-1.25) and Khutoryanochka (-1.26) showed the highest stress resistance. Varieties resistant to stressful situations have a relatively low rate of response to the changes of cultivation conditions, their regression coefficient is less than one and with its further decrease, the resistance to adverse conditions increases.

High plasticity, that is broad environmental adaptability, was typical for the varieties with the regression coefficient from 1.09 to 2.35. Out of 23 studied varieties, only eleven had

the sufficiently high plasticity: Kofu (bi = 2.35), Bilyavka (bi = 1.47), Asuka and Amadeus (bi = 1.30), Cordoba (bi = 1.29), Alaska (bi = 1.26), Kyoto (bi = 1.25), Padua (bi = 1.23), Winnie and the Khutoryanochka (bi = 1.14) and Tundra (bi = 1.09).

The highest ZAZ effects in the studied period were noted in early-ripening varieties of Merlin (0.51), Kyoto (0.46), Amadeus (0.13), Diadema Podillya (0.13), Arisa (0.07); short-season varieties of Asuka (0.27), Kofu (0.14), Tundra (0.09) and Alaska (0.01); the middle-early varieties of Cordoba (0.20) and Lisbon (0.08) and the middle-season variety of Kent (0.36). That is, grown under unstable conditions, on average, they provide increased yields.

Key words: soybean, variety, yield capacity, adaptive potential, stress resistance, plasticity, stability, overall adaptive capacity.

Постановка проблеми. Правильний вибір сорту – одна з вирішальних умов одержання максимального врожаю. Водночас це один із найбільш доступних виробництву агрозаходів зниження негативного впливу лімітуючих факторів зовнішнього середовища на рівень урожайності культури, який здебільшого забезпечує пластичність до конкретних умов вирощування. Необхідно зазначити про важливість підбору сорту, стійкого до стресових факторів за сучасних змін кліматичних умов (підвищення температурного режиму, збільшення періоду посухи, спеки тощо) [1; 2].

Основним способом оцінки пластичності є аналіз урожайності насіння сортів за низкою контрастних років або на основі випробування сортів у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Під терміном «адаптивність» розуміємо здатність генотипів забезпечувати високу і стійку продуктивність рослин за різних умов середовища [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній та зарубіжній літературі для оцінки міри взаємодії «генотип – середовище» використовується багато понять: «стабільність», «пластичність», «гомеостатичність», «стійкість до стресу», «загальна та специфічна адаптивна здатність» тощо. Оцінка сортів за цими показниками дозволяє виділити екологічно стійкі форми, які забезпечують стабільні врожаї в різних місцях вирощування.

Під час описання реакції генотипу (сорт, гібрид) на навколишнє середовище як кількісної міри взаємодії «генотип – середовище» віддається перевага поняттю «стабільність», яка відображає здатність сорту протистояти стресовим факторам [5].

Екологічна пластичність – це здатність сорту ефективно використовувати сприятливі фактори зовнішнього середовища. Стабільність і пластичність агрономічних ознак сортозразків зумовлені здатністю генетичних механізмів рослин зводити до мінімуму наслідки негативного впливу навколишнього середовища, тобто протистояти їм [6].

Використання високотехнологічних, добре адаптованих до екстремальних факторів зовнішнього середовища сортів є базисом досягнення високої урожайності і якості насіння сої. Цінність сорту для виробництва зумовлюється як генетичним потенціалом, так і стабільністю його реалізації. Сорти з відносно високим значенням пластичності можуть протягом певного проміжку часу виявитися менш урожайними, ніж сорти з меншим генетичним потенціалом, але з більш стабільною реалізацією потенціалу продуктивності [7].

Таким чином, об'єктивна оцінка генетичного потенціалу сортів сої та їх реакції на зміну зовнішніх факторів (різних ґрунтово-кліматичних умов) за головними параметрами, зокрема екологічною пластичністю, стабільністю, стійкістю до стресу та загальною адаптивною здатністю, є важливим питанням.

Постановка завдання. Метою досліджень було визначення параметрів екологічної пластичності та стабільності сортів сої різного походження як вітчизняних,

так і західноєвропейських за ознакою «врожайність» за змінних абіотичних чинників довкілля; ідентифікувати їх за рівнем урожайності в різних природно-кліматичних умовах України; допомогти виробникам зерна визначатися з вибором сортів для своїх господарств. Ця проблема стала особливо актуальною останніми роками, коли іноземні фірми масштабно завозять високоврожайні, але часто неадаптовані до мінливих погодних умов України західноєвропейські сорти [8].

Дослідження проводилися протягом 2017-2019 рр. у Сумській (ННВК Сумського НАУ), Тернопільській (Підволочиський район, ТОВ «Агрофірма «Медобори») та Миколаївській області (Вітовський район, СФГ «Пролісок»).

Для проведення досліджень використано 23 сорти сої різних груп стиглості, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [8]: української (скоростиглі Білявка, Мавка, Альянс, Княжна, Самородок, Хуторяночка; ранньостиглі Атланта, Діадема Поділля; середньоранні Оріана, Вежа; середньостиглий Вінні) та зарубіжної селекції (скоростиглі Кофу, Аляска, Тундра; ранньостиглі Кіото, Амадеус, Аріса, Мерлін, Асука; середньоранні Ліссабон, Кордоба, середньостиглі Падуа, Кент).

Об'єкт дослідження – розрахунок параметрів пластичності, стабільності, стресостійкості та загальної адаптивної здатності рослин сої залежно від сортових особливостей та ґрунтово-кліматичних умов.

Предмет досліджень – пластичність, стабільність, стресостійкість і загальна адаптивна здатність сортів сої вітчизняної та іноземної селекції, врожайність і ґрунтово-кліматичні умови.

Попередник – зернові колосові. Спосіб сівби – рядковий (15 см), норма висіву – 0,65 млн/га. Розмір облікової ділянки – 25 м². Елементи структури врожаю визначали за «Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур». Збирання і облік врожаю проводили шляхом обмолочування кожної ділянки. Врожайність визначали до стандартної вологості (10%) та 100% чистоти.

Показники екологічної пластичності та стабільності були розраховані за методикою Еберхарта-Рассела [9]. Загальну адаптивну здатність вираховували за формулою: $ЗАЗі = v_i = 1/mX_i - 1/nmX$, або якщо $u = 1/nmX$, то: $ЗАЗі = 1/mX_i - u$ [10]. Рівень стійкості до стресу визначали як різницю між мінімальною і максимальною врожайністю. Він має від'ємне значення, і чим він менший, тим вища стресостійкість сорту. Чим менший розрив між мінімальною і максимальною врожайністю, тим вища стійкість сорту до стресової ситуації і ширше діапазон його пристосувальних можливостей [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. На підставі проведених досліджень встановлено, що найвищу стресостійкість виявили ранньостиглий сорт Атланта і середньоранній сорт Ліссабон (-1,16), а також скоростиглі сорти Самородок (-1,25) і Хуторяночка (-1,26) (Табл. 1). Стійкі сорти до стресових ситуацій відрізняються відносно низькою нормою реакції на зміну умов вирощування, коефіцієнт регресії у них менше одиниці з подальшим його зниженням, стійкість до несприятливих умов збільшується.

У наших дослідженнях відносно високу стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища показали також сорти Кент, Оріана, Мавка, Альянс та Аляска. Показник стійкості до стресу у них був практично на одному рівні (від -1,32 до -1,36). Найнижчий показник стійкості до стресу показав скоростиглий сорт Кофу (-2,27).

Оцінка сортових ресурсів за рівнем урожайності, показниками пластичності та стабільності є основою більш ефективного використання генетичного потен-

ціалу їх продуктивності. Цінність сорту для виробництва зумовлюється як генетичним потенціалом, так і стабільністю його реалізації. Сорти з відносно високим значенням пластичності можуть виявитися протягом певного проміжку часу менш урожайними, ніж сорти з меншим генетичним потенціалом, але з більш стабільною реалізацією потенціалу продуктивності [12].

За методикою Ебергарда-Рассела коефіцієнт регресії врожайності сорту на індекси середовища прийнято називати коефіцієнтом екологічної пластичності, дисперсію відносно регресії – стабільністю.

Для систематизації отриманих результатів використаємо рангову класифікацію генотипів за співвідношенням параметрів пластичності (b_i) і стабільності Si^2 [13]: 1) $b_i < 1, Si^2 > 0$ – мають кращі результати в несприятливих умовах, нестабільний; 2) $b_i < 1, Si^2 = 0$ – мають кращі результати в несприятливих умовах, стабільний; 3) $b_i = 1, Si^2 = 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, стабільний; 4) $b_i = 1, Si^2 > 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, нестабільний; 5) $b_i > 1, Si^2 = 0$ – мають кращі результати у сприятливих умовах, стабільний; 6) $b_i > 1, Si^2 > 0$ – мають кращі результати у сприятливих умовах.

Таблиця 1

Статистичні параметри адаптивності за урожайністю сортів сої в різних ґрунтово-кліматичних умовах (середнє за 2017-2019 рр.)

Група стиглості	Сорт	Стійкість до стресу	Стабільність, (Si^2)	Пластичність, (b_i)	Загальна адаптивна здатність (ЗАЗ)
Ранньостигла	Кіото	-1,54	0,45	1,25	0,46
	Амадеус	-1,79	0,13	1,30	0,13
	Аріса	-1,43	0,07	0,63	0,07
	Мерлін	-1,69	0,50	0,72	0,51
	Діадема Поділля	-1,46	0,12	0,90	0,13
Скоростигла	Атланта	-1,16	-0,24	0,34	-0,23
	Асука	-1,64	0,27	1,30	0,27
	Кофу	-2,27	0,14	2,35	0,14
	Аляска	-1,36	0,00	1,26	0,01
	Хуторяночка	-1,26	-0,19	1,14	-0,18
	Княжна	-1,40	-0,27	0,88	-0,26
	Самородок	-1,25	-0,20	0,78	-0,20
	Тундра	-1,43	0,08	1,09	0,09
	Білявка	-1,73	-0,28	1,47	-0,28
Мавка	-1,34	-0,20	0,73	-0,20	
Середньо-рання	Альянс	-1,35	-0,15	0,65	-0,15
	Ліссабон	-1,16	0,08	0,11	0,08
	Кордоба	-1,48	0,20	1,29	0,20
	Оріана	-1,33	-0,20	0,54	-0,20
Середньо-стигла	Вежа	-1,49	-0,37	0,99	-0,37
	Кент	-1,32	0,36	0,92	0,36
	Падуа	-1,70	-0,19	1,23	-0,19
	Вінні	-1,44	-0,12	1,14	-0,12

При цьому генотипи з коефіцієнтом $b_i > 1$ відносять до високопластичних (відносно середньої групової), а при $1 > b_i = 0$ – до відносно низькопластичних. Здебільшого b_i має позитивне значення, але може набувати знаку мінус за впливу окремих абіотичних чи біотичних факторів – вилягання посівів, ураження хворобами і шкідниками тощо.

Варіанса стабільності ознаки S_i^2 показує, наскільки надійно сортозразок відповідає пластичності за оцінкою коефіцієнта регресії b_i . Встановлено, що підвищення стабільності урожайності сорту супроводжується зменшенням його пластичності S_i^2 [13]. До екологічно стабільних відносять варіанти, у яких варіанса стабільності наближається до нуля ($S_i^2 = 0$). Більшу стабільність мають сорти з найменшим числовим значенням варіанси; при цьому сорти з низькою стабільністю більш чутливі до умов вирощування.

Високою пластичністю, тобто широкою екологічною адаптивністю, вирізнялися сорти з коефіцієнтом регресії від 1,09 до 2,35. З 23 досліджуваних сортів лише 11 мали досить високу пластичність: Кофу ($b_i = 2,35$), Білявка ($b_i = 1,47$), Асука і Амадеус ($b_i = 1,30$), Кордоба ($b_i = 1,29$), Аляска ($b_i = 1,26$), Кіото ($b_i = 1,25$), Падуа ($b_i = 1,23$), Вінні і Хуторяночка ($b_i = 1,14$), Тундра ($b_i = 1,09$). Високочутливими до погодних умов вирощування виявилися сорти Ліссабон ($b_i = 0,11$), Атланта ($b_i = 0,34$), Оріана ($b_i = 0,54$), Аріса ($b_i = 0,63$), Альянс ($b_i = 0,65$), Мерлін ($b_i = 0,72$), Мавка ($b_i = 0,73$).

Усі інші сорти за пластичністю наближаються до коефіцієнта, близького до одиниці: Вежа ($b_i = 0,99$), Кент ($b_i = 0,92$), Діадема Поділля ($b_i = 0,90$), Княжна ($b_i = 0,88$), Самородок ($b_i = 0,78$), тобто реалізація потенціалу врожайності й умови вирощування максимально наближені до повної відповідності (Рис. 1). У цьому випадку такі сорти можна віднести до сортів інтенсивного типу з позитивною реакцією на покращення умов вирощування.

За С.А. Eberhart та W.A. Russel стабільність урожайності культури характеризується показником відхилення від загальної дисперсії: чим більший від'ємний показник відхилення від загальної дисперсії, тим вищу стабільність урожайності має сорт. Серед досліджуваних сортів сої високою генетичною стабільністю виділялися Вежа ($S_i^2 = -0,37$), Білявка ($S_i^2 = -0,28$), Княжна ($S_i^2 = -0,27$), Атланта ($S_i^2 = -0,24$), Самородок, Мавка і Оріана ($S_i^2 = -0,20$), Хуторяночка і Падуа ($S_i^2 = -0,19$), Альянс ($S_i^2 = -0,15$) та Вінні ($S_i^2 = -0,12$) – відхилення від середньої дисперсії з позначкою «мінус» мали значення істотно менші, ніж 0.

За показником стабільності найкращим також був скоростиглий сорт Аляска, коефіцієнт стабільності якого дорівнював 0. Високою стабільністю урожайності виділялися сорти з показниками S_i^2 , близькими до нуля: Аріса ($S_i^2 = 0,07$), Тундра і Ліссабон ($S_i^2 = 0,08$), тобто з низькою та середньою пластичністю.

Поєднання високої пластичності та стабільності урожайності з усієї вибірки сортів було встановлено лише для двох сортів – Кофу ($b_i = 2,35$ за $S_i^2 = 0,14$) та Білявка ($b_i = 1,47$ за $S_i^2 = -0,28$).

Адаптивність сорту до умов середовища здебільшого визначається такими параметрами як пластичність, стабільність і адаптивна здатність. Один із ефективних методів оцінки адаптивності генотипів розроблений О.І. Кільчевським і Л.В. Хотильовою, за яким можна визначити реакцію сорту на умови вирощування [14]. Відповідно до цього методу реакція сорту на умови вирощування характеризується загальною адаптивною здатністю (далі – ЗАЗ) – середнє значення ознаки в різних умовах середовища. Кращими є сорти з високою загальною адаптивною здатністю, високим виявом ознаки та середньою пластичністю.

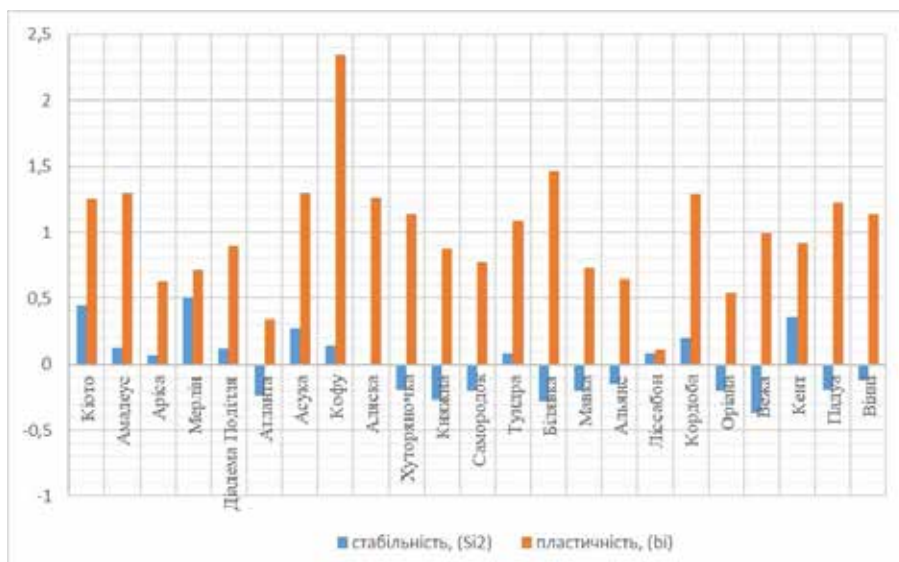


Рис. 1. Характеристика сортів сої за стабільністю та пластичністю врожайності в різних ґрунтово-кліматичних умовах (середнє за 2017-2019 рр.)

Аналіз результатів досліджень показав, що найвищі ефекти ЗАЗ за досліджуванний період зафіксовано в ранньостиглих сортів Мерлін (0,51), Киото (0,46), Амадеус (0,13), Діадема Поділля (0,13), Арка (0,07); скоростиглих сортів Асука (0,27), Кофу (0,14), Тундра (0,09), Аляска (0,01); середньоранніх сортів Кордоба (0,20) і Ліссабон (0,08) та середньостиглого сорту Кент (0,36), тобто вони за вирощування у нестабільних умовах в середньому забезпечують підвищену урожайність.

Аналіз адаптивної здатності сортів сої за рівнем урожайності показав, що загальна адаптивна здатність у зазначених сортів була позитивною, в решти сортів показник ЗАЗ негативний.

Висновки і пропозиції. За результатами досліджень найвищі показники стресостійкості виявилися у сортів сої Атланта і Ліссабон. Високою екологічною адаптивністю вирізнялися сорти Кофу, Білявка, Амадеус, Асука, Кордоба, Аляска, Киото, Падуа, які за результатами проведених розрахунків належать до генотипів інтенсивного типу з підвищеною реакцією на поліпшення умов вирощування. Високою стабільністю урожайності виділялися сорти Вежа, Білявка, Княжна, Атланта. Загальна адаптивна здатність виявилася вищою у найбільш урожайних сортів Мерлін, Киото та Кент.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Клімат України: у минулому і майбутньому? / за ред. М.І. Кульбиди, М.Б. Барабаш : Монографія. К. : Сталь, 2009. С. 85–98.
2. Калініченко В.М. Агроєкологічне обґрунтування та моделювання впливу кліматичних умов на урожайність та якість зерна сої в умовах Центрального Лісостепу України : дис.. канд. с.-г. наук: 03.00.16; Ін-т кормів УААН. Житомир, 2005. 180 с.
3. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: / Огурцов Є.М., Міхєєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Х. : ХНАУ, 2016. 268 с.

4. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М., 2001. Т. 1. 617 с.
5. Литун П.П. Взаимодействие генотип – среда в генетических и селекционных исследованиях и способы его изучения. Проблемы отбора селекционного материала. К. : Наук. думка, 1980. С. 63–92.
6. Гудзь Ю.В., Лавриненко Ю.А. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон : БОРИСФЕН-полиграфсервис, 1997. 168 с.
7. Гурьев Б.П., Литун П.П., Гурьева И.А. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы. Харьков : УНИИРСиГ им. В.Я. Юрьева, 1981. 32 с.
8. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні // Міністерство аграрної політики України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин (Витяг станом на 07.09.2018 року). Видання офіційне. Київ, 2018. 468 с.
9. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6, № 1. P. 34–40.
10. Кильчевський А.В., Хотылева Л.В. Генетические основы селекции растений: в 4 т. Минск : Белорусская наука, 2008. Т. 1: Общая генетика растений. 386 с.
11. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса. *Зерновое хозяйство России.* № 4(64). 2019. С. 42–45.
12. Mataa, Mebelo & Isaac, SICHILIMA. (2019). Phenotypic plasticity in soybean (*Glycine max* (Merrill) genotypes with contrasting growth characteristics subjected to planting density stress at different developmental stages. *African Journal of Agricultural Research.* 14. 643-651.10.5897/AJAR2018.13830.
13. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. *Сельскохозяйственная биология.* 1984. № 4. С. 109–112.
14. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Методические указания по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте. Ч. 2. М., 1985. 55 с.