
ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ КАК ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЙ ФОН ПРИ ИЗУЧЕНИИ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОВОЩНЫХ СЕЛЬДЕРЕЙНЫХ КУЛЬТУР

А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства
д. Веря, стр. 500, Раменский р-н, Московская обл., Россия, 140153

В результате рассматриваемых исследований показано, что *Lactuca sativa* и *Lepidium sativum* можно охарактеризовать как анализирующие фоны. Это говорит о том, что на этих средах в полной мере проявляется эффект аллелопатии исследуемых культур. *Brassica chinensis* var. *Japonica*, *Raphanus sativus* и особенно *Brassica juncea* отличались менее значительной и более выровненной дифференцирующей способностью (по отношению ко всем изученным культурам-донорам) оценки аллелопатической активности и поэтому относятся к стабилизирующему фону. Полученная информация может быть использована при подборе информативных тестеров для оценки аллелопатической активности сельдерейных культур. Рассмотренные в работе взаимоотношения доноров и тестеров представляют интерес как модельный объект для изучения явления аллелопатии с привлечением математико-статистических методов.

Ключевые слова: дифференцирующая способность, аллелопатия, плоды, семена, тестер, донор, вытяжка, сельдерей, петрушка, пастернак, укроп.

Введение. Аллелопатия является одним из важнейших природных биотических факторов, влияющих на рост и развитие растений. Аллелопатия представляет собой воздействие одних растений на другие посредством химических веществ, выделяемых растениями во внешнюю среду [2; 3; 6]. Аллелопатический эффект подвержен существенной изменчивости в зависимости от многих факторов. В предыдущих исследованиях нами было выявлено, что аллелопатическая активность четырех видов сельдерейных культур изменяется в значительных пределах в зависимости от тестера, органов, из которых готовили экстракт, его концентрации, года проведения исследований (условий, в которых формировались донорные растения и тестеры). Получены характеристики донорных объектов по степени изменчивости, адаптивности и стабильности их аллелопатической активности [1; 7].

Целью настоящей работы являлось изучение степени проявления аллелопатической активности экстракта из плодов сельдерейных культур в зависимости от видовой специфики донорных культур, оценка специфики использования культур-акцепторов в качестве дифференциаторов и выявление возможности подбора индивидуальных и универсальных тестеров.

Материалы и методы. Работа выполнена во ВНИИ овощеводства в 2008—2010 гг. В качестве объектов-доноров для проведения исследований использовали плоды сельдерея корневого (*Apium graveolens*) сорта Купидон, петрушки корневой (*Petroselinum crispum*) сорта Любаша, пастернака (*Pastinaca sativa*) сорта Кулинар и укропа (*Anethum graveolens*) сорта Кентавр.

Для приготовления водной вытяжки необходимой концентрации соответствующие навески плодов (2,5; 5,0; 10,0 г) сельдерейных культур растирали в ступке

с кварцевым песком. К подготовленной навеске добавляли 100 мл дистиллированной воды, доведенной до кипения. Экспозиция экстракции составляла 1 час. Фильтрацию раствора проводили через бумажный фильтр.

В качестве объектов-тестеров использованы семена овощных культур: редиса (*Raphanus sativus*), салата (*Lactuca sativa*), японской капусты (*Brassica chinesis var. Japonica*), кресс-салата (*Lepidium sativum*), горчицы (*Brassica juncea*). Семена тест-культур раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, приливали экстракт и проращивали в термостате при постоянной температуре 23 °С. В качестве контроля использована вода. Повторность опыта трехкратная. Всхожесть определяли по ГОСТ 12038-84. Статистическая обработка данных выполнена по Б.А. Доспехову [4]. Для расчета параметров, характеризующих продуктивность и дифференцирующую способность среды, использовали методику, разработанную А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой [5].

Результаты и обсуждение. Под влиянием 2,5% экстракта из плодов *Apium graveolens* тест-объекты *Brassica chinesis var. Japonica* и *Brassica juncea* снижали всхожесть незначительно — на 1,0 и 4,0% соответственно в среднем за три года исследований. Наиболее активно на вытяжку из плодов *Apium graveolens* реагировал *Lepidium sativum*: за годы исследований прорастания не отмечено. На 15,0% снизилось прорастание *Lactuca sativa*. Для *Raphanus sativus* за годы исследований отмечено стабильное снижение всхожести — на уровне 79,0%, что на 9,0% ниже контроля (табл. 1).

Таблица 1

Влияние экстрактов из плодов сельдерейных культур (2,5%) на прорастание семян тест-объектов, % (2008—2010 гг.)

Экстракты	Тест-объект				
	<i>Raphanus sativus</i>	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Brassica chinesis var. Japonica</i>	<i>Lepidium sativum</i>	<i>Brassica juncea</i>
Контроль	98,0	99,0	98,0	94,0	88,0
<i>Anethum graveolens</i>	80,0	99,0	93,0	7,0	84,0
<i>Apium graveolens</i>	79,0	84,0	97,0	0	84,0
<i>Petroselinum crispum crispum</i>	89,0	87,0	95,0	45,0	84,0
<i>Pastinaca sativa</i>	91,0	93,0	86,0	56,0	84,0
НСР ₀₅	1,7—2,1	0,9—1,9	1,0—2,2	1,0—2,7	1,0—2,1

Невысокую аллелопатическую активность проявляли экстракты из плодов *Anethum graveolens*. Однако следует отметить, что *Lepidium sativum* в 2008 г. не имел проростков, подавление было полное, а в 2009, 2010 г. отмечено небольшое прорастание — на уровне 10,0—12,0%, что ниже контроля на 86,0—88,0%. Экстракт из плодов *Anethum graveolens* снижал всхожесть культур-акцепторов *Raphanus sativus* и *Brassica chinesis var. Japonica* в среднем по сравнению с контролем на 8,0—5,0%. Следует отметить нестабильность эффекта, поскольку семена указанных культур-тестеров достаточно активно прорастали в 2008 г., а в 2009—2010 гг. процент проросших семян снижался.

Экстракт из плодов *Petroselinum crispum* умеренно и относительно стабильно снижал всхожесть семян *Raphanus sativus*, *Lactuca sativa* (на 9,0—12,0%). Причем эффект на этих тест-культурах в разные годы был разнонаправлен. У *Lepidium sativum* под влиянием экстракта из плодов *Petroselinum crispum* стабильно в течение 2008 г. отмечено отсутствие прорастания семян. В 2009—2010 гг. угнетение было не такое значительное, и прорастание было снижено на 28,0—33,0%. Прорастание семян *Raphanus sativus* в среднем за годы исследований снизилось на 9,0%.

За годы исследований экстракт из плодов *Pastinaca sativa* показал стабильное угнетение тест-объектов. Значительное угнетение отмечено на семенах *Brassica chinensis var. Japonica*, где процент прорастания составил 86,0%, что ниже контроля на 12,0%. *Lepidium sativum*, как и в других вариантах, сильно угнетался в течение трех лет исследований.

Максимальную аллелопатическую активность при концентрации вытяжки 5,0% проявляли экстракты из плодов *Anethum graveolens*. *Lepidium sativum* в этом варианте стабильно в течение трех лет совсем не имели проросших семян. Экстракт снижал всхожесть культур-акцепторов, особенно *Lactuca sativa* (в среднем за три года исследований на 90,0%), а также *Raphanus sativus* (на 30,0%), слабее было действие на *Brassica chinensis var. Japonica* и *Brassica juncea*: в среднем процент прорастания составлял 92,0 и 72,0% соответственно, что на 6,0% ниже контрольного варианта (табл. 2).

Под влиянием экстракта из плодов *Apium graveolens* *Lepidium sativum* в течение трех лет испытаний не имел проростков. Наиболее активно на вытяжку из плодов *Apium graveolens* реагировал *Lactuca sativa*, при этом процент прорастания составил в среднем 21,0%, что на 78,0% ниже контроля. Использование в качестве тестера *Raphanus sativus* и *Brassica chinensis var. Japonica* выявило небольшое снижение всхожести семян в течение опыта (на 19,0—6,0% соответственно).

Экстракт из плодов *Petroselinum crispum* умеренно и относительно стабильно снижал всхожесть семян *Lactuca sativa*, *Brassica juncea*, *Brassica chinensis var. Japonica* (на 10,0—39,0%), причем эффект на этих тест-культурах в разные годы был достаточно стабилен. У *Lepidium sativum* под влиянием экстракта из плодов *Petroselinum crispum* в течение 2008 г. отмечено отсутствие прорастания семян, однако в 2009 и 2010 г. было минимальное прорастание. Процент прорастания семян *Raphanus sativus* находился ниже уровня контроля (на 16,0%).

Таблица 2

**Влияние экстрактов из плодов сельдерейных культур (5,0%)
на прорастание тест-объектов, % (2008—2010 гг.)**

Экстракты	Тест-объект				
	<i>Raphanus sativus</i>	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Brassica chinensis var. Japonica</i>	<i>Lepidium sativum</i>	<i>Brassica juncea</i>
Контроль	98,0	99,0	98,0	94,0	88,0
<i>Anethum graveolens</i>	68,0	9,0	92,0	0	72,0
<i>Apium graveolens</i>	79,0	21,0	91,0	0	68,0
<i>Petroselinum crispum</i>	82,0	60,0	87,0	9,0	78,0
<i>Pastinaca sativa</i>	83,0	89,0	75,0	52,0	67,0
НСП ₀₅	1,1—2,0	1,0—2,5	0,9—2,2	1,0—2,6	1,1—2,2

Стабильным аллелопатическим влиянием на всхожесть семян всех тестеров обладал экстракт из плодов *Pastinaca sativa*. Снижение всхожести семян *Lactuca sativa* и *Brassica juncea* в течение трех лет не превышало 10,0—21,0%. Несколько сильнее экстракт из плодов *Pastinaca sativa* влиял на всхожесть семян *Lepidium sativum*, снижая ее в среднем на 23,0%.

Выявлено, что максимальную аллелопатическую активность при концентрации 10% проявляли плоды *Anethum graveolens*. *Lepidium sativum* и *Lactuca sativa* в этом варианте стабильно в течение трех лет совсем не имели проросших семян (табл. 3). Экстракт из плодов *Anethum graveolens* снижал всхожесть культур-акцепторов *Raphanus sativus*, *Brassica chinesis var. Japonica* и *Brassica juncea* в среднем по сравнению с контролем на 65,7—80,1%. Следует, однако, отметить нестабильность эффекта, поскольку семена всех трех культур-тестеров достаточно активно прорастали в 2008 г. (отмечен даже стимулирующий эффект на семенах *Brassica juncea*) и резко снижали процент проросших семян в 2009—2010 гг.

Под влиянием экстракта из плодов *Apium graveolens* *Brassica chinesis var. Japonica* и *Brassica juncea* снижали всхожесть семян в 2008 г. на 27,0—34,9%, в 2009 г. — на 39,0—58,0% и 2010 г. — на 27,0—34,9%. Наиболее активно на вытяжку из плодов *Apium graveolens* реагировали *Lactuca sativa* и *Lepidium sativum*. Использование в качестве тестера *Raphanus sativus* выявило резкое снижение всхожести семян в 2009 и 2010 г. (на 81,0—88,0%) и отсутствие влияния на прорастание семян тестовой культуры в 2008 г.

Экстракт из плодов петрушки умеренно и относительно стабильно снижал всхожесть семян *Lactuca sativa*, *Brassica juncea*, *Brassica chinesis var. Japonica* (на 8,0—68,0%), причем эффект на этих тест-культурах в разные годы был разнонаправлен. У *Lepidium sativum* под влиянием экстракта из плодов *Petroselinum crispum* стабильно в течение 3 лет отмечено отсутствие прорастания семян. Прорастание семян *Raphanus sativus* в 2008 г. находилось на уровне контроля, а в 2009 и 2010 г. резко (на 83,0—86,0%) снизилось.

Таблица 3

Влияние экстрактов (10,0%) из плодов сельдерейных культур на прорастание семян тест-объектов, % (2008—2010 гг.)

Донорная культура	Тест-объект				
	<i>Raphanus sativus</i>	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Brassica chinesis var. Japonica</i>	<i>Lepidium sativum</i>	<i>Brassica juncea</i>
Контроль	98,0	99,0	98,0	93,7	87,7
<i>Anethum graveolens</i>	32,3	0	11,9	0	28,4
<i>Apium graveolens</i>	41,7	3,3	49,6	0	51,3
<i>Petroselinum crispum</i>	41,7	48,1	51,3	0	66,9
<i>Pastinaca sativa</i>	39,2	40,9	14,4	13,6	49,4
НСР ₀₅	0,9—2,0	1,0—2,0	1,0—2,3	0,7—2,1	1,0—2,5

Стабильным аллелопатическим влиянием на всхожесть семян всех тестеров (за исключением *Raphanus sativus*, показавшим низкую стабильность по годам) обладал экстракт из плодов *Pastinaca sativa*. Снижение всхожести тест-объектов *Lactuca sativa* и *Brassica juncea* в течение трех лет не превышало 56,3%. Несколько

эффективнее экстракт из плодов *Pastinaca sativa* влиял на всхожесть семян *Lepidium sativum* и *Brassica chinensis var. Japonica*, снижая ее в среднем на 80,1—83,6%.

Дисперсионный анализ позволил выявить высокую достоверность различий между эффектами экологического фактора (А), генотипов доноров (С), средовых факторов или тестеров (В) и их взаимодействия (за исключением взаимодействия АхВ).

Максимальная продуктивность генотипов при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 2,5% (среднее значение аллелопатической активности по варианту) была отмечена на средах *Brassica chinensis var. Japonica* и *Lactuca sativa* и составила соответственно 94,0 и 92,0 единиц по [5]. На средах *Brassica juncea* и *Raphanus sativus* продуктивность исследуемых генотипов была ниже — 85,0 и 87,0 ед. соответственно (табл. 4).

Lepidium sativum обладал низшей продуктивностью — 40,0 ед., что, безусловно, говорит о чувствительности данного тест-объекта даже к низким концентрациям аллелопатических веществ.

Наибольшей дифференцирующей способностью обладают *Lepidium sativum* — 1471,5. Слабее дифференцирующая способность проявлялась у других тест-объектов, они располагались по мере ее убывания так: *Raphanus sativus* (63,5), *Lactuca sativa* (47,0), *Brassica chinensis var. Japonica* (23,0) и *Brassica juncea* (3,3).

Для сред отмечено изменение значений показателя продуктивности (d_k) от -40,0 (*Lepidium sativum*) до 14,0 (*Brassica chinensis var. Japonica*).

Показатель относительной дифференцирующей способности сред ($S_{ек}$) изменялся от 2,1% (*Brassica juncea*) до 96,0% (*Lepidium sativum*).

Максимальная продуктивность генотипов при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 5,0% (среднее значение аллелопатической активности по варианту) была отмечена на средах *Brassica chinensis var. Japonica* и *Raphanus sativus* и составила 89,0 и 82,0 ед. соответственно. На среде *Brassica juncea* продуктивность исследуемых генотипов была ниже и составляла 75,0 ед. (табл. 5). Самая низкая продуктивность отмечена на средах *Lepidium sativum* и *Lactuca sativa* — 31,0 и 56,0 ед. соответственно.

Таблица 4

Оценка параметров среды при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 2,5% (2008—2010 гг.)

Вариант	Параметры среды*					Фон
	$U + d_k$	d_k	$\sigma_{дсс}^2$	$\sigma_{дсс}$	$S_{ек}$	
<i>Raphanus sativus</i>	87,0	7,0	63,5	8,0	9,2	стабилизирующий
<i>Lactuca sativa</i>	92,0	12,0	47,0	6,9	7,5	анализирующий
<i>Brassica chinensis var. Japonica</i>	94,0	14,0	23,0	4,8	5,1	стабилизирующий
<i>Lepidium sativum</i>	40,0	-40,0	1471,5	38,4	96,0	анализирующий
<i>Brassica juncea</i>	85,0	5,0	3,3	1,8	2,1	стабилизирующий

*Примечание: U — аллелопатическая активность (ед.), d_k — продуктивность среды (ед.), $\sigma_{дсс}^2$ — стабильность дифференцирующей способности среды про опыту, $S_{ек}$ — относительная дифференцирующая способность среды (%) (по [5]).

Наибольшей дифференцирующей способностью обладают *Lepidium sativum* — 1699,0 и *Lactuca sativa* — 1597,0. У остальных культур-тестеров дифференцирующая способность проявлялась слабее и варьировала от 74,0 до 115,5. Для показателя d_k отмечено изменение значений от –36,0 (*Lepidium sativum*) до 22,0 (*Brassica chinensis* var. *Japonica*).

Таблица 5

Оценка параметров среды при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 5,0% (2008–2010 гг.)

Вариант	Параметры среды*					
	$U + d_k$	d_k	$\sigma_{дсс}^2$	$\sigma_{дсс}$	$S_{ек}$	Фон
<i>Raphanus sativus</i>	82,0	15,0	115,5	10,7	13,0	стабилизирующий
<i>Lactuca sativa</i>	56,0	–11,0	1 597,0	40,0	71,4	анализирующий
<i>Brassica chinensis</i> var. <i>Japonica</i>	89,0	22,0	74,0	8,6	9,7	стабилизирующий
<i>Lepidium sativum</i>	31,0	–36,0	1 699,0	41,2	133,0	анализирующий
<i>Brassica juncea</i>	75,0	8,0	75,0	8,7	11,6	стабилизирующий

*Примечание: обозначения те же, что в табл. 4.

Показатель относительной дифференцирующей способности сред ($S_{ек}$) изменялся от 9,7% у *Brassica chinensis* var. *Japonica* до 11,6–13,0% в других вариантах. Максимальное значение этого показателя отмечено у *Lepidium sativum* ($S_{ек} = 133,0\%$) и *Lactuca sativa* ($S_{ек} = 71,4\%$).

Максимальная продуктивность генотипов при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 10,0% (среднее значение аллелопатической активности по варианту) была отмечена на средах *Brassica juncea* и *Raphanus sativus* и составила 57,0 и 51,0 ед. соответственно. На средах *Lepidium sativum*, *Lactuca sativa* продуктивность исследуемых генотипов была ниже — 22,0 и 38,0 соответственно (табл. 6).

Таблица 6

Оценка параметров среды при концентрации экстрактов из плодов сельдерейных культур 10,0% (2008–2010 гг.)

Вариант	Параметры среды*					
	$U + d_k$	d_k	$\sigma_{дсс}^2$	$\sigma_{дсс}$	$S_{ек}$	Фон
<i>Raphanus sativus</i>	51,0	8,0	719,0	27,0	53,0	стабилизирующий
<i>Lactuca sativa</i>	38,0	–5,0	1 624,8	40,3	106,1	анализирующий
<i>Brassica chinensis</i> var. <i>Japonica</i>	46,0	3,0	1 252,3	35,4	77,0	стабилизирующий
<i>Lepidium sativum</i>	22,0	–21,0	1 675,0	41,0	186,4	анализирующий
<i>Brassica juncea</i>	57,0	14,0	500,5	22,4	39,2	стабилизирующий

*Примечание: обозначения те же, что в табл. 4.

Наибольшей дифференцирующей способностью обладают *Lepidium sativum* (1675,0) и *Lactuca sativa* (1624,8). Слабее дифференцирующая способность проявлялась у *Brassica juncea* (500,5).

Для показателя d_k отмечено изменение значений от $-21,0$ (*Lepidium sativum*) до $14,0$ (*Brassica juncea*). Показатель относительной дифференцирующей способности сред (S_{ek}) изменялся от $39,2\%$ у *Brassica juncea* до $186,4\%$ у *Lepidium sativum*. Максимальное значение показателя S_{ek} отмечено у *Lactuca sativa* ($106,1\%$) и *Lepidium sativum* ($186,4\%$).

Математическо-статистический анализ показал, что дифференцирующая способность тестеров как среды для испытания аллелопатического фактора в значительной степени зависит от концентрации экстрактов. Повышение концентрации сопровождается возрастанием дифференцирующей способности тестеров. Стабильно высоким показателем дифференцирующей способности среды отличается *Lepidium sativum*. Используемые в качестве тестеров *Brassica chinensis var. Japonica*, *Raphanus sativus* и *Brassica juncea* проявляют свойства фонов, которые обеспечивают стабильное выявление аллелопатического эффекта у всех изученных сельдерейных культур.

Заключение. В результате проведенных исследований показано, что *Lactuca sativa* и *Lepidium sativum* можно охарактеризовать как анализирующие фоны. Это говорит о том, что на этих средах в полной мере проявляется эффект аллелопатии исследуемых культур. *Brassica chinensis var. Japonica*, *Raphanus sativus* и особенно *Brassica juncea* отличались менее значительной и более выровненной дифференцирующей способностью оценки аллелопатической активности (по отношению ко всем изученным культурам-донорам) и поэтому относятся к стабилизирующему фону. Полученная информация может быть использована при подборе информативных тестеров для оценки аллелопатической активности сельдерейных культур. Рассмотренные в работе взаимоотношения доноров и тестеров представляют интерес как модельный объект для изучения явления аллелопатии с привлечением математико-статистических методов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Бухарова А.Р. Влияние экстрактов из семян Сельдерейных на лабораторную всхожесть овощных культур // Вестник РГАЗУ. — 2010. — № 9 (14). — С. 28—31.
- [2] Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Биологические методы исследования ростовых веществ у растений / Ростовые вещества и их роль в процессах роста и развития растений. — Л.: АН СССР, 1959. — С. 106—116.
- [3] Гродзинский А.М. Экспериментальная аллелопатия. — Киев: Наукова думка, 1986.
- [4] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985.
- [5] Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. — 1985. — Т. 21. — № 9. — С. 1491—1497.
- [6] Санадзе Г.А., Овчаров К.Е. О химической природе растительных выделений / Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитозенозе. — М.: Наука, 1966. — С. 16—26.
- [7] Baleev D.N., Buharov A.F. Allelopathic activity of seeds family of celery // Plant breeding and seed production. — 2009. — Vol. 15. — № 4. — P. 29—33.

TEST-OBJECTS AS DIFFERENTIATING BACKGROUND AT STUDY ALLELOPATHY ACTIVITIES OF THE VEGETABLE CELERY CULTURES

A.F. Buharov, D.N. Baleev

All-russian Scientifically and Exploratory Institute of Vegetables
Veroy, 500, Ramensky area, Moscow Region, Russia, 140153

As a result, studies have shown that *Lactuca sativa* and *Lepidium sativum* can be described as analyzing the backgrounds. This suggests that for those environments in full, the effect of allelopathy of crops. *Brassica chinensis* var. *Japonica*, *Raphanus sativus* and *Brassica juncea* are particularly distinguished by less substantial and more aligned differentiating ability (with respect to all studied donor cultures) evaluation of allelopathic activity and, therefore, are stabilizing the background. The information obtained can be used in the selection of informative testers to evaluate the allelopathic activity of the celery crop. Considered in the work relationship of donors and testers are of interest as a model for studying the phenomenon of allelopathy, involving mathematical and statistical methods.

Key words: differentiating ability, allelopathy, fruits, seeds, tester, donor, extraction, celery, parsley, parsnip, dill.