

Научное сообщение

УДК 631.58:551.5

**МНОГОАТРИБУТИВНОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ
ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОРТООБРАЗЦОВ
ЗМЕЕГОЛОВНИКА МОЛДАВСКОГО (*Dracocephalum L.*)**

А. А. Комаров¹, Д. А. Куртнер¹, М. Ю. Лавруков², Н. М. Найда²

¹ ГНУ Агрофизический научно-исследовательский институт Россельхозакадемии
Гражданский проспект, 14, Санкт-Петербург, 195220

² Санкт-Петербургский аграрный университет, Петербургское шоссе, 2, Санкт-Петербург
E-mail: Zelenydar@mail.ru

Поступила в редакцию 02 июля 2012 г., принята к печати 03 декабря 2013 г.

В работе представлены результаты многоатрибутивного анализа, примененного для сравнения вариантов использования разных гуминовых препаратов при оценке сортообразцов рода змееголовник (*Dracocephalum L.*) из коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова. Оценка вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия, используемых при выращивании сортообразцов змееголовника, производилась как по биопродукционным, так и по экономическим характеристикам. С помощью компьютерной программы для многоатрибутивного анализа удалось построить ранжировочные ряды, в которых отражены основные (ранее не сочетаемые) особенности отклика испытуемых сортообразцов на обработку гуматами.

Ключевые слова: «Стимулайф», Гумат натрия, змееголовник (*Dracocephalum L.*), многоатрибутивный анализ, выбор альтернатив.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биоразнообразия и рациональное использование растительных ресурсов – важная задача современности, связанная с продовольственной безопасностью страны и устойчивым жизнеобеспечением её населения. Выявление и всестороннее изучение новых и нетрадиционных культур с уникальными свойствами различного экономического характера позволит решить данную задачу.

В последние годы наибольший интерес вызывают лекарственные и пряно-ароматические растения, обладающие целебными свойствами. К растениям, обладающим многочисленными хозяйственно ценными качествами, можно отнести виды из семейства Яснотковые, в частности, виды рода Змееголовник.

Вместе с тем технологии возделывания разных видов змееголовника недостаточно разработаны. Необходимо учитывать, что при выращивании лекарственных и пряно-ароматических растений нужно соблюдать меры экологической безопасности. Для успешного внедрения в производство данных растений необходимо учитывать функцию управления биопродукционным процессом, которая может быть реализована с по-

мощью экологически безопасных органоминеральных удобрений гуминовой природы, что является весьма актуальной задачей (Комаров и др., 2008).

Применение экологически корректных органоминеральных удобрений (препаратов) гуминовой природы может оказать положительное влияние на рост и развитие лекарственной и пряно-ароматической культуры змееголовника в условиях Ленинградской области, однако влияние данных удобрений на рост и развитие сортообразцов змееголовника пока не изучено.

За последние годы были разработаны метод и компьютерная программа для многоатрибутивного анализа сельскохозяйственных технологий на основе теории принятия решений в нечетких условиях (Куртнер, Швецова, 2007; Куртнер и др., 2009, 2009а).

Целью данной работы является многоатрибутивное сравнение вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились в 2007–2009 гг. на кафедре ботаники и опытном поле ФГБОУ ВПО СПбГАУ, в

лабораториях ГНУ Агрофизический институт РАСХН и ВНИИР им. Н. И. Вавилова. Почвенный покров опытного поля СПбГАУ представлен дерново-подзолистыми средне-суглинистыми почвами, имеющими следующие агрохимические и агрофизические показатели: пахотный слой – 20–22 см; плотность сложения пахотного слоя – 0,8–1,5 г·см⁻³; плотность твёрдой фазы почвы – 2,6 г·см⁻³; содержание гумуса – 3,5%; содержание подвижных форм фосфора – 16,3–19,1 мг·100 г⁻¹ почвы; содержание обменного калия – 16,4–23,9 мг·100 г⁻¹ почвы; рН_{KCl} – 6,4. Почва на опытном поле СПбГАУ среднеокультуренная и в целом удовлетворяет потребностям возделывания змееголовника.

Погодные условия в годы проведения полевых опытов несколько различались. Так, сумма температур выше 5°C (на 1-ю декаду октября) в 2008 г. (2422°C) была меньше по сравнению с 2007 г. (2539°C). Количество

выпавших осадков за вегетационный сезон в 2008 г. (392,5 мм) было выше, чем в 2007 г. (326,4 мм). Следует отметить, что осадки выпадали более неравномерно в течение всего периода вегетации в 2008 г. по сравнению с 2007 г. В 2009 г. сумма температур выше 5°C (на 1-ю декаду октября) составила 2461°C. В 2009 г. осадков выпало больше (424,1 мм), чем в 2007 г., но они выпадали равномерно на протяжении всего периода вегетации. Анализ показал, что в целом погодные условия были удовлетворительными для роста и развития змееголовника. Также следует отметить, что 2008 г. являлся менее благоприятным для роста и развития змееголовника по сравнению с 2007 и 2009 гг.

Объектами исследований являлись сортообразцы рода Змееголовник (*Dracosephalum L.*) из коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова (табл. 1).

Таблица 1. Морфометрические показатели семян сортообразцов змееголовника

Вид и сорт змееголовника	№ образца по каталогу ВНИИР	Происхождение	Год урожая	Масса 1000 семян, г	Размер семян, мм	
					длина	ширина
Змееголовник молдавский, сорт Архат	К-10	Санкт-Петербург	2005	1,91	2,8	1,6
Змееголовник молдавский, сорт Агота-2	К-6	Молдова	2003	2,28	3,0	1,9
Змееголовник молдавский (нет сорта)	К-7	Германия	2003	1,86	2,7	1,7
Змееголовник молдавский, сорт Зея	К-8	Казахстан	2003	1,79	3,0	2,0
Змееголовник многостебельный (нет сорта)	Вр.20	Германия	2004	0,54	2,0	1,0
Змееголовник понижающий (нет сорта)	Вр.32	Швейцария	2003	0,65	2,0	1,0

Далее в работе сортообразцы змееголовника будут обозначаться по номеру каталога ВНИИР совместно с названием культуры и сорта.

При проведении опытов было использовано новое органо-минеральное удобрение «Стимулайф»: ООО «Агрофизпродукт», ТУ 2186-016-79850210-2007, свидетельство о государственной регистрации агрохимиката №

1264-08-206-317-0-0-0-1, 02.09.2018 (Государственный каталог ..., 2007). В качестве эталона сравнения в опытах применялся Гумат натрия: ЗАО «ТПК Техноэкспорт», ТУ 2387-090-42315284-04, № 0134-06-210-035-0-0-0-1, 31.12.2015 (Государственный каталог..., 2007). Далее в работе будут использоваться следующие сокращения: «Стимулайф» – St-L, Гумат натрия – Gum-Na.

МЕТОДИКА МНОГОАТРИБУТИВНОГО АНАЛИЗА

Методика многоатрибутивного анализа базируется на основной идее метода взвешенных минимальных отклонений. В частности установлено, что наилучшим вариантом принятия решений будет тот, который оказывается наиболее близким к идеальной альтернативе.

Идеальная альтернатива – это такой вариант принятия решений, при котором нормализованные атрибуты имеют максимальные значения.

В качестве критериев близости к идеальной альтернативе выступают значения целевой функции. Следовательно, альтернатива, имеющая наименьшее значение целевой функции, будет наилучшей.

Ранжирование значений целевой функции позволяет проранжировать альтернативы. Данный подход реализован с помощью компьютерной программы для многоатрибутивного сравнения альтернатив (Куртнер, Швецова, 2007; Куртнер и др., 2009, 2009а).

Анализ проводился в двух вариантах:

1. Оценка вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского по характеристикам плодообразования и семенной продуктивности сортообразцов.

2. Оценка вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского по экономическим характеристикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского по характеристикам плодообразования и семенной продуктивности сортообразцов осуществлялась по экспериментальным данным (Лавруков, 2012). Обозначения альтернатив, принятые при расчетах, и матрица решений представлены в таблицах 2 и 3.

Применение компьютерной программы для многоатрибутивного анализа позволило определить отклонения от идеальной альтернативы (целевые функции альтернатив). Результаты расчетов целевых функций альтернатив приведены в таблице 4.

Оценка целевых функций альтернатив позволила построить следующий ряд:

$$22 < 3 < 21 < 4 < 19 < 20 < 10 < 24 < 8 < 15 < 16 < 6 < 2 < 7 < 18 < 9 < 23 < 14 < 12 < 12 < 11 < 1 < 5 < 13 < 17$$

Итак, лучшей альтернативой является 17 – соответствующая образцу К-8 + St-L, 10³% (2009).

Оценивая результаты ранжирования альтернатив, следует заметить, что они отображают особенности реализации вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия в погодных условиях каждого года.

Оценка вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского по экономическим характеристикам осуществлялась по экспериментальным данным, усредненным за период опытов (2007–2009 гг.). Обозначения альтернатив, принятые при расчетах, и матрица решений представлены в табл. 5 и 6. Матрица включала 12 альтернатив и 4 атрибута.

Применение компьютерной программы для многоатрибутивного анализа позволило вначале определить целевые функции альтернатив, а затем проранжировать альтернативы. Расчеты целевых функций альтернатив приведены в табл. 7.

Результаты ранжирования альтернатив представлены в форме следующего ряда:

$$4 < 1 < 2 < 9 < 12 < 6 < 3 < 8 < 5 < 11 < 7 < 10$$

Они показывают, что альтернатива 10 является лучшей. На втором месте стоит альтернатива 7, а на третьем – альтернатива 11. Альтернативы 9, 12 и 6 уступают варианту, при котором стимуляторы роста не применяются (альтернатива 3).

Таблица 2. Обозначения альтернатив

Индекс альтернативы	Обозначение	Описание
1	К-6 (2007)	Змееголовник молдавский, сорт Агота-2 (Молдова)
2	К-6 + St-L, 10 ³ % (2007)	
3	К-6 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2007)	
4	К-6 (2009)	
5	К-6 + St-L, 10 ³ % (2009)	
6	К-6 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2009)	
7	К-7 (2007)	Змееголовник молдавский (Германия)
8	К-7 + St-L, 10 ³ % (2007)	
9	К-7 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2007)	
10	К-7 (2009)	
11	К-7 + St-L, 10 ³ % (2009)	
12	К-7 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2009)	
13	К-8 (2007)	Змееголовник молдавский, сорт Зея (Казахстан)
14	К-8 + St-L, 10 ³ % (2007)	
15	К-8 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2007)	
16	К-8 + H ₂ O (2009))	
17	К-8 + St-L, 10 ³ % (2009)	
18	К-8 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2009)	
19	К-10 (2007)	Змееголовник молдавский, сорт Архат (Санкт-Петербург)
20	К-10 + St-L, 10 ³ % (2007)	
21	К-10 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2007)	
22	К-10 (2009)	
23	К-10 + St-L, 10 ³ % (2009)	
24	К-10 + Gum-Na, 10 ⁻³ % (2009)	

Таблица 3. Матрица решений

Индекс альтернативы	Число цветков на растении, т.	Число плодов на растении, шт.	Реальное плодообразование, %	Число семязачатков на растении, шт.	Число семян на растении, шт.
1	2736	1710	62,5	10944	5559
2	1931	1207	62,5	7724	4040
3	810	479	59,1	3240	1698
4	1728	1015	58,7	6912	3291
5	1603	1145	71,4	6412	3221
6	1570	1021	65,0	6280	3253
7	2538	1519	59,9	10152	5065
8	1579	986	62,4	6316	3272
9	1872	1237	66,1	7488	3969
10	1780	1062	59,6	7120	3670
11	1820	1256	69,0	7280	3938
12	2090	1390	66,5	8360	4498
13	3001	1828	60,9	12004	5846
14	2512	1588	63,2	10048	5185
15	1456	929	63,8	5824	3081
16	1938	1179	60,8	7752	3783
17	1902	1312	69,0	7608	3887
18	1878	1241	66,1	7512	3880
19	1551	932	60,1	6204	3145
20	1474	910	61,7	5896	3073
21	863	536	62,1	3452	1819
22	1260	691	54,8	5040	2552
23	1510	1049	69,5	6040	3075
24	1394	887	63,6	5576	2844

Таблица 4. Целевые функции альтернатив.

Индекс альтернативы	Целевые функции альтернатив
1	0,111213
2	0,178677
3	0,311918
4	0,242183
5	0,110085
6	0,182548
7	0,15891
8	0,210486
9	0,142999
10	0,224557
11	0,114312
12	0,118542
13	0,110008
14	0,121425
15	0,20492
16	0,200262
17	0,109692
18	0,14367
19	0,23913
20	0,227007
21	0,27493
22	0,321712
23	0,138814
24	0,213745

Таблица 5. Обозначения альтернатив

Альтернативы	Обозначение	Описание
1	К-6	Змееголовник молдавский, сорт Агота-2 (Молдова)
2	К-7	Змееголовник молдавский (Германия)
3	К-8	Змееголовник молдавский, сорт Зея (Казахстан)
4	К-10	Змееголовник молдавский, сорт Архат (Санкт-Петербург)
5	К-6 + St-L, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Агота-2 (Молдова)
6	К-7 + St-L, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский (Германия)
7	К-8 + St-L, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Зея (Казахстан)
8	К-10 + St-L, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Архат (Санкт-Петербург)
9	К-6 + Gum-Na, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Агота-2 (Молдова)
10	К-7 + Gum-Na, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский (Германия)
11	К-8 + Gum-Na, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Зея (Казахстан)
12	К-10 + Gum-Na, 10 ⁻³ %	Змееголовник молдавский, сорт Архат (Санкт-Петербург)

Таблица 6. Матрица решений

Альтернативы	Выход основной продукции, кг·га ⁻¹	Стоимость валовой продукции, тыс. руб.·га ⁻¹	Чистый доход, тыс. руб.·га ⁻¹	Уровень рентабельности, %
1	238,40	35,76	12,09	51,08
2	260,99	39,15	15,13	62,98
3	308,02	46,20	21,83	89,59
4	176,70	26,51	3,33	14,34
5	362,41	54,36	27,84	104,98
6	305,99	45,90	19,87	76,33
7	403,46	60,52	33,51	124,06
8	325,87	48,88	22,71	86,78
9	269,87	40,48	14,83	57,81
10	432,72	64,91	37,58	137,50
11	385,88	57,88	31,04	115,66
12	301,17	45,18	19,18	73,75

Таблица 7. Целевые функции альтернатив

Индекс альтернативы	Целевые функции альтернатив
1	0,51138
2	0,49415
3	0,316842
4	0,687386
5	0,18851
6	0,343392
7	0,078399
8	0,288278
9	0,442543
10	0,0
11	0,125998
12	0,356802

ВЫВОДЫ

Правильное решение по выбору оптимального варианта внесения органо-минеральных препаратов принять довольно сложно, особенно когда существует множество атрибутов оценки. Многоатрибутивное сравнение вариантов применения «Стимулайфа» и Гумата натрия при выращивании змееголовника молдавского в различных погодных условиях 2007–2009 гг. впервые позволило обнаружить лучшие варианты сочетания обрабатываемого сортообразца и используемого препарата.

Оценка вариантов применения препаратов «Стимулайф» и Гумат натрия при выращивании змееголовника молдавского по характеристикам плодообразования и семенной продуктивности сортообразцов выявила лучший вариант, которым оказался образец змееголовника молдавского сорта Зея из Казахстана, обработанного препаратом «Стимулайф» (К-8) в 2009 г.

Оценка вариантов применения препаратов «Стимулайф» и Гумат натрия при выращивании змееголовника молдавского по экономическим характеристикам выявила лучший вариант, которым является образец змееголовника молдавского из Германии (К-7), обработанный Гуматом натрия в концентрации 10⁻³%. Несколько уступал ему образец змееголовника молдавского сорта Зея из Казахстана, обработанный «Стимулайфом» (К-8). Затем следовал тот же образец, но уже обработанный Гуматом натрия.

Подобный метод анализа позволяет принять объективное решение по выбору лучшего варианта использования гуминовых препаратов «Стимулайф» и Гумат натрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации, 2007.
- Комаров А. А., Найда Н. М., Лавруков М. Ю. 2008. Изучение биологии развития видов *Dracocephalum L.* коллекции ВИР // Ресурсосберегающие технологии для земледелия и животноводства Владимирского Ополя. С. 153–156.
- Куртнер Д. А., Швецова Е. Д. 2007. Многокритериальный анализ агротехнологий на основе теории принятия решений в нечетких условиях // Методическое и экспериментальное обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия. СПб., ПИЯФ РАН. С. 175–184.
- Куртнер Д. А., Швецова Е. Д., Ермаков Р. Н. 2009. Моделирование многокритериальной оценки агротехнологий // Материалы координационного совещания и научной сессии Агрофизического института, СПб. С. 197–205.
- Куртнер Д. А., Швецова Е. Д., Ермаков Р. Н. 2009а. Программа для ЭВМ: Программа многокритериальной оценки агротехнологий. Свидетельство о гос. регистрации № 2009615288.
- Лавруков М. Ю. 2012. Влияние органо-минерального удобрения «Стимулайф» и Гумат натрия на рост и развитие сортообразцов змееголовника (*Dracocephalum L.*) в условиях Ленинградской области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург – Пушкин. 197 с.