

УДК 620.9:621.384.52

UDC 620.9:621.384.52

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ОЗООНОВОЗДУШНОЙ ОБРАБОТКИ НА
СТЕРИЛИЗАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ
СУБСТРАТОВ**

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF OZONE
AND AIR PROCESSING PARAMETERS ON
STERILIZATION OF VEGETABLE
SUBSTRATES**

Шевченко Андрей Андреевич
доцент, mnpkkgau@mail.ru

Shevchenko Andrey Andreevich
associate professor, mnpkkgau@mail.ru

Сапрунова Елена Анатольевна
доцент, Saprunova2007@mail.ru

Saprunova Elena Anatolyevna
associate professor, Saprunova2007@mail.ru

Мумро Артем Александрович
студент, mnpkkgau@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Mumro Artem Aleksandrovich
student, mnpkkgau@mail.ru
Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

В статье рассматриваются вопросы озонОВОЗДУШНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАТОГЕННУЮ МИКРОФЛОРУ КОРМОПРОДУКТОВ ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ. Также представлены результаты статистического анализа, позволяющие определить оптимальные параметры воздействия озонОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОРМОПРОДУКТОВ

In the article we consider the questions of ozone and air impact on pathogenic microflorastern of products when their production. Results of the statistical analysis allowing to determine optimum parameters of influence of ozone and air mixture at sterilization stern of products are also presented

Ключевые слова: ОЗООНОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ, СТЕРИЛИЗАЦИЯ КОРМОПРОДУКТОВ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Keywords: OZONE AND AIR MIXTURE, STERILIZATION OF FEEDING PRODUCTS, STATISTICAL ANALYSIS

Для разработки технологии обработки озонОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ для стерилизации растительных субстратов необходимо определить оптимальные режимы обработки, при которых достигается необходимое снижение количества патогенной микрофлоры и спор плесневых грибов на поверхности растительных субстратов [2].

Определение эффективных параметров производилось на базе экспериментальных исследований. Экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке.

Так регрессионный анализ факторов и определение значимости коэффициентов уравнений были проведены при помощи программы STATISTICA 6.0. Корреляционный анализ произведен методом Пирсона. Аппроксимация была проведена методом полинома.

На базе регрессионного анализа построена модель, которая в общем виде будет представлена в виде полинома второй степени:

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2, \quad (1)$$

где $b_0 \dots b_5$ – коэффициенты модели.

Проведенный регрессионный анализ представим в таблице 1.

Таблица 1 – Регрессионный анализ влияния параметров озоновоздушной смеси на количество бактерий на поверхности субстрата y_1

коэффициент корреляции модели $R= 0,97$; коэффициент детерминации модели $R^2= 0,94$; критерий Фишера $F(5,10)=29,66$; уровень значимости модели $p<0,00001$; стандартная ошибка оценки: 3613,3						
	Коэффициент регрессии при переменной	Стандартная ошибка оценки коэффициентов регрессии	Сдвиг и нестандартизированный коэффициент	Стандартная ошибка оценки сдвига и нестандартизированного коэффициента эмпирической формулы	Критерий Стьюдента $t(51)$	p – уровень значимости
Сдвиг			74473,75	8384,0887	8,88275	0,000005
x_1	-1,52613	0,485061	-517,5917	164,5105	-3,14625	0,010399
x_2	-2,65553	0,485061	-675,475	123,3828	-5,47463	0,000271
x_1^2	0,56474	0,451334	1,2569	1,0045	1,25127	0,239315
x_2^2	1,48019	0,451334	1,8531	0,5650	3,27958	0,008295
x_1x_2	0,67525	0,263590	1,544	0,6027	2,56172	0,028290

Уравнение регрессии, описывающее влияния параметров озоновоздушной смеси на количество патогенной микрофлоры на поверхности субстрата, получено на основании регрессионного анализа представленного в таблице 1:

$$y_1 = 74473,75 - 1,52613x_1 - 2,65553x_2 + 0,67525x_1x_2 + 0,56474x_1^2 + 1,48019x_2^2, \quad (2)$$

Уравнение регрессии позволяет оценить степень влияния независимых переменных и их сочетаний на зависимую переменную.

Каждый из коэффициентов регрессии в уравнении (1) отражает уровень изменения количества патогенной микрофлоры при изменении одного из параметров обработки озоновоздушной смесью на единицу. Коэффициент детерминации составил 0,94, что говорит о хорошем качестве построенной модели. Он показывает, что 94 % изменения количества патогенной микрофлоры объясняется взаимодействием рассмотренных параметров обработки (x_1 ; x_2), а доля вариации y_1 , определяемая выражением $1 - R^2$, что составляет 6 %, оказывается необъяснённой. В тоже время F -тест (критерий Фишера) показал, что концентрация озоновоздушной смеси и время обработки объясняют ($p < 0,00001$) значимую долю вариации y_1 и R^2 является большим, чем в случае отсутствия взаимосвязи между параметрами обработки и количеством патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов. При этом переменная y_1 уже не является случайной величиной и зависит, по крайней мере, от одной из независимых переменных. Критерий Стьюдента (t - тест) для каждого коэффициента основан на оценке коэффициента регрессии и его стандартной ошибки. Если по результатам t -теста для коэффициентов регрессии их влияние не значимо, дополнительную переменную, которая не прошла t -тест можно просто отбросить и строить уравнение регрессии без неё. Стандартные ошибки оценки сдвига, коэффициентов регрессии и не стандартизированных коэффициентов эмпирической формулы указывают выборочную оценку отклонения каждого члена уравнения.

Согласно регрессионному анализу (таблица 1) наибольшее влияние на количество патогенной микрофлоры на поверхности субстрата оказывает концентрация озоновоздушной смеси x_2 с высоким уровнем значимости $p = 0,000271$. Время обработки x_1 , с уровнем значимости $p = 0,010399$, оказывает значительно меньшее влияние чем x_2 .

В результате использования в регрессионном анализе сочетания независимых переменных (x_1 ; x_2) установлено, что некорректно

использовать понятие «доза обработки», так как влияние произведения концентрации озонородушной смеси и времени обработки незначительно ниже ($p=0,02829$), чем влияние факторов по отдельности. Полученные результаты также свидетельствуют о правильности планирования эксперимента [3].

На основании полученных данных построена зависимость влияния времени обработки на количество патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов при различных значениях концентрации озонородушной смеси (рисунок 1).

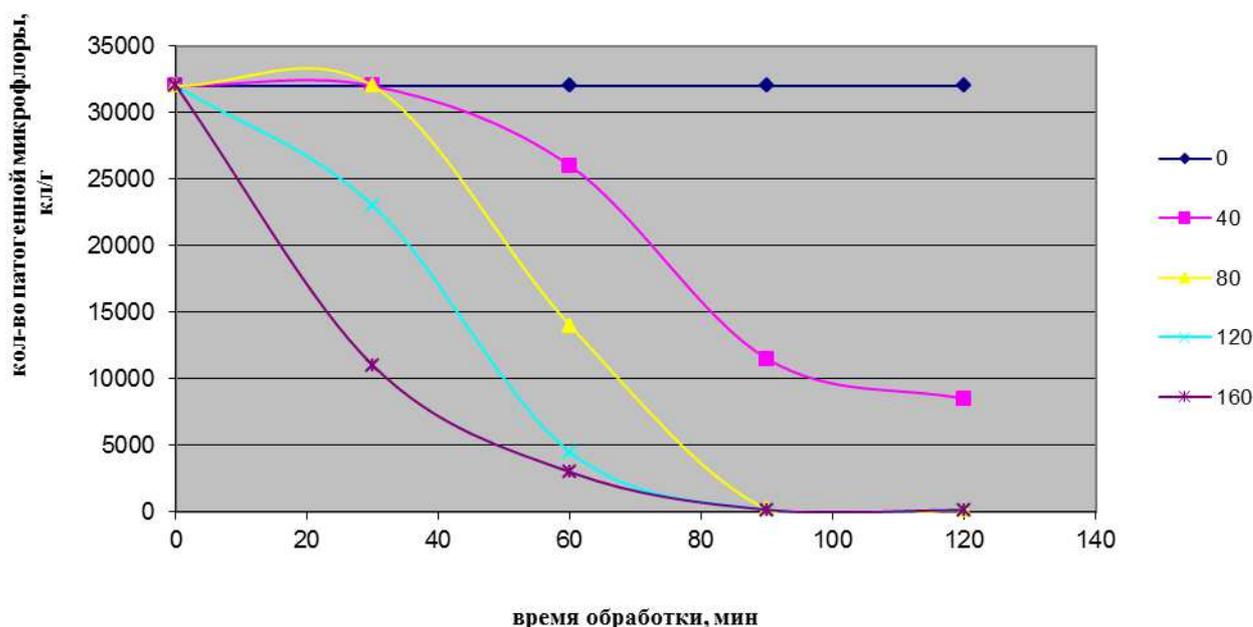


Рисунок 1 - Диаграмма влияния времени обработки на количество патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов при различных значениях концентрации озонородушной смеси

Из графика видно, что необходимое снижение патогенной микрофлоры наблюдается при концентрациях 80, 120 и 160 мг/м³ и времени воздействия 90 минут.

С позиции дальнейшего применения наибольшую ценность представляет эмпирическая математическая модель, представленная

полином второй степени в выражении (3). Данная математическая модель позволяет оценить влияние концентрации озонородной смеси и времени обработки в абсолютных единицах на количество патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов.

$$y_1 = 74473,75 - 517,5917x_1 - 675,475x_2 + 1,544x_1x_2 + 1,2569x_1^2 + 1,8531x_2^2, \tag{3}$$

Анализ экспериментально полученных наблюдаемых значений переменной y_1 и предсказанных регрессионной моделью представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Данные анализа адекватности полученной модели переменной y_1

N=16	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	разница	Standard Predicted	Standard Residual	Ст. ошибка пред. значений	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook Distance
1	32000,00	37876,05	-5876,05	2,41544	-1,62487	2835,987	8,287500	-15262,5	1,825745
2	32000,00	27594,85	4405,15	1,51133	1,21813	2093,095	4,087500	6624,3	0,187344
3	23000,00	19576,15	3423,85	0,80617	0,94678	2093,095	4,087500	5148,6	0,113174
4	11000,00	13819,95	-2819,95	0,29998	-0,77978	2835,987	8,287500	-7324,5	0,420487
5	26000,00	21604,85	4395,15	0,98457	1,21537	2093,095	4,087500	6609,2	0,186494
6	14000,00	13176,45	823,55	0,24339	0,22773	1676,818	2,287500	1049,1	0,003016
7	4500,00	7010,55	-2510,55	-0,29883	-0,69423	1676,818	2,287500	-3198,2	0,028025
8	3000,00	3107,15	-107,15	-0,64209	-0,02963	2093,095	4,087500	-161,1	0,000111
9	11500,00	11263,65	236,35	0,07518	0,06536	2093,095	4,087500	355,4	0,000539
10	200,00	4688,05	-4488,05	-0,50307	-1,24106	1676,818	2,287500	-5717,3	0,089563
11	180,00	374,95	-194,95	-0,88236	-0,05391	1676,818	2,287500	-248,3	0,000169
12	170,00	-1675,65	1845,65	-1,06269	0,51037	2093,095	4,087500	2775,4	0,032886
13	8500,00	6852,45	1647,55	-0,31274	0,45559	2835,987	8,287500	4279,4	0,143531
14	180,00	2129,65	-1949,65	-0,72805	-0,53913	2093,095	4,087500	-2931,8	0,036697
15	160,00	-330,65	490,65	-0,94441	0,13568	2093,095	4,087500	737,8	0,002324
16	150,00	-528,45	678,45	-0,96180	0,18761	2835,987	8,287500	1762,2	0,024339
Minimum	150,00	-1675,65	-5876,05	-1,06269	-1,62487	1676,818	2,287500	-15262,5	0,000111
Maximum	32000,00	37876,05	4405,15	2,41544	1,21813	2835,987	8,287500	6624,3	1,825745
Mean	10408,75	10408,75	0,00	0,00000	0,00000	2174,749	4,687500	-343,9	0,193403
Median	6500,00	6931,50	363,50	-0,30579	0,10052	2093,095	4,087500	546,6	0,034792

Для данного количества вариантов сочетаний параметров озоноздушной обработки произведем сравнение экспериментально полученных данных с установленными моделью уравнения 2.

На основании данных представленных в таблице 2 построена графическая зависимость параметров озонирования на количество патогенной микрофлоры на поверхности растительного субстрата, которая представлена на рисунке 2.

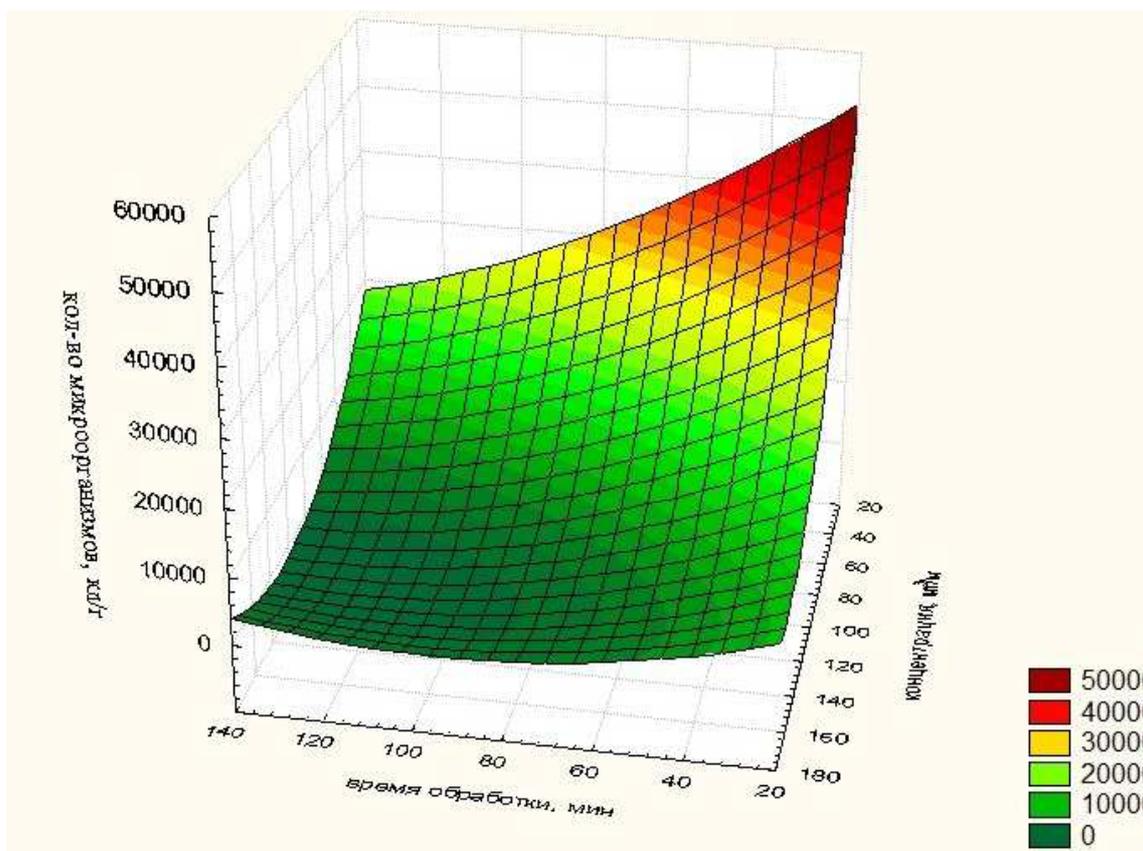


Рисунок 2 – Диаграмма влияния времени воздействия (x_1) и концентрации озоноздушной смеси (x_2) на количество патогенной микрофлоры на поверхности растительного субстрата (y_1)

Необходимо исследовать функцию двух переменных уравнения (3) на экстремум. Для этого определим частные производные исходного уравнения поверхности второй степени:

$$\begin{cases} \frac{\partial y_i}{\partial x_1} = b_1 + 2b_4x_1 + b_3x_2 \\ \frac{\partial y_i}{\partial x_2} = b_2 + b_3x_1 + 2b_5x_2 \end{cases} \quad (4)$$

Полученные частные производные приравниваем к нулю:

$$\begin{cases} 0 = b_1 + 2b_4x_1 + b_3x_2 \\ 0 = b_2 + b_3x_1 + 2b_5x_2 \end{cases}, \quad (5)$$

Общее решение системы (5) относительно x_1 и x_2 имеет вид:

$$\begin{cases} x_1 = \frac{b_2b_3 - 2b_1b_5}{4b_4b_5 - b_3^2} \\ x_2 = \frac{b_1b_3 - 2b_2b_4}{4b_4b_5 - b_3^2} \end{cases}, \quad (6)$$

Для определения концентрации озоновоздушной смеси и времени обработки, при которых достигается минимальное снижение количества патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов подставим в выражения (4) и (5) необходимые данные.

$$\begin{cases} \frac{\partial y_1}{\partial x_1} = -517,5917 + 1,544x_2 + 2,5138x_1 \\ \frac{\partial y_1}{\partial x_2} = -675,475 + 1,544x_1 + 3,7062x_2 \end{cases}, \quad (7)$$

$$\begin{cases} 0 = -517,5917 + 1,544x_2 + 2,5138x_1 \\ 0 = -675,475 + 1,544x_1 + 3,7062x_2 \end{cases}, \quad (8)$$

Координаты точки экстремума, характеризующей оптимальные концентрацию озоновоздушной смеси и время обработки для достижения минимального количества патогенной микрофлоры на поверхности растительных субстратов будут иметь вид:

$$\begin{cases} x_1(y_1) = 125,8 \\ x_2(y_1) = 160,8 \end{cases} \quad (9)$$

Полученную стационарную точку $y_{1m}(x_1; x_2)$ проверяем на

принадлежность к экстремуму исследуемой функции (7). Для этого определяем вторые частные производные и вычисляем значение определителя (11).

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} = 2b_4 = 2,52; \quad \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_2^2} = 2b_5 = 3,7; \quad \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1 \partial x_2} = b_3 = 1,54; \quad (10)$$

$$\Delta(y_{1m}) = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_2^2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2b_4 & b_3 \\ b_3 & 2b_5 \end{vmatrix} = 4b_4b_5 - b_3^2 = 6,952, \quad (11)$$

Значение определителя (11) $\Delta > 0$, это подтверждает наличие экстремума функции (3) в точке $y_{1m}(x_1; x_2)$. Так как $\frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} > 0$, то экстремум функции (3) является локальным минимумом.

Аналогичным образом проведем анализ влияния озоновоздушной смеси на количество спор плесневых грибов на поверхности растительного субстрата.

Результаты регрессионного анализа влияния озоновоздушной смеси на количество спор плесневых грибов на поверхности субстрата представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Регрессионный анализ влияния озоновоздушной смеси на количество спор плесневых грибов на поверхности субстрата

общий коэффициент корреляции $R=0,97$; общий коэффициент детерминации $R^2=0,90$; критерий Фишера $F(5,10)=29,203$; уровень значимости модели $p<0,00001$; стандартная ошибка оценки: 390,65

	Коэффициент регрессии при переменной	Стандартная ошибка оценки коэффициентов регрессии	Сдвиг и нестандартизированный коэффициент	Стандартная ошибка сдвига и нестандартизированного коэффициента эмпирической формулы	Критерий Стьюдента $t(51)$	p – уровень значимости
Сдвиг			9158,750	905,6742	10,11263	0,000001
x_1	-1,96630	0,488627	-71,5125	17,7709	-4,02413	0,002422
x_2	-3,65592	0,488627	-99,7219	13,3282	-7,48203	0,000021
x_1^2	0,69540	0,454652	0,1660	0,1085	1,52952	0,157131
x_2^2	2,18513	0,454652	0,2934	0,0610	4,80615	0,000717
x_1x_2	1,25034	0,265528	0,3066	0,0651	4,70887	0,000830

На базе регрессионного анализа построена модель, описывающая влияния озонвоздушной смеси на количество спор плесневых грибов на поверхности субстратов. Математическая модель представлена в виде уравнения регрессии:

$$y_2 = 9158,75 - 1,9663x_1 - 3,65592x_2 + 1,25034x_1x_2 + 0,6954x_1^2 + 2,18513x_2^2, \quad (12)$$

Коэффициент детерминации составил 0,9, что говорит о хорошем качестве построенной модели. F -тест показал, что независимые переменные объясняют ($p<0,00001$) значимую долю вариации y_2 и R^2 является большим, чем в случае отсутствия взаимосвязи между параметрами обработки и количеством спор плесневых грибов на поверхности субстратов. При этом переменная y_2 уже не является

случайной величиной и зависит, по крайней мере, от одной из независимых переменных.

В результате регрессионного анализа (таблица 3) наибольшее влияние на количество спор плесневых грибов на поверхности субстратов, как и в предыдущем опыте, оказывает концентрация озоновооздушной смеси x_2 с высоким уровнем значимости $p=0,000021$. Время обработки x_1 , с уровнем значимости $p=0,002422$, оказывает значительно меньшее влияние чем x_1 .

Влияние сочетания озоновооздушной смеси и времени обработки имеет незначительно низкий уровень значимости ($p=0,000830$). Несмотря на низкое влияние x_1x_2 , пренебрегать этим членом в уравнении регрессии (12) нецелесообразно, так как это снизит общее качество построение модели по показателям корреляции и детерминации [3].

По полученным экспериментальным данным была построена диаграмма влияния времени обработки на количество спор плесневых грибов на поверхности растительных субстратов при различных значениях концентрации озоновооздушной смеси изображенная на рисунке 3.

Из графика видно, что 3 уровня концентрации позволяют добиться необходимого положительного эффекта в течении времени обработки, когда полностью уничтожаются споры плесневых грибов на поверхности субстрата. Так при концентрации 80 мг/м^3 необходимо время воздействия не менее 120 мин, при концентрации 120 мг/м^3 необходимо время воздействия не менее 60 мин и при концентрации 160 мг/м^3 необходимо время воздействия не менее 35 мин [1].

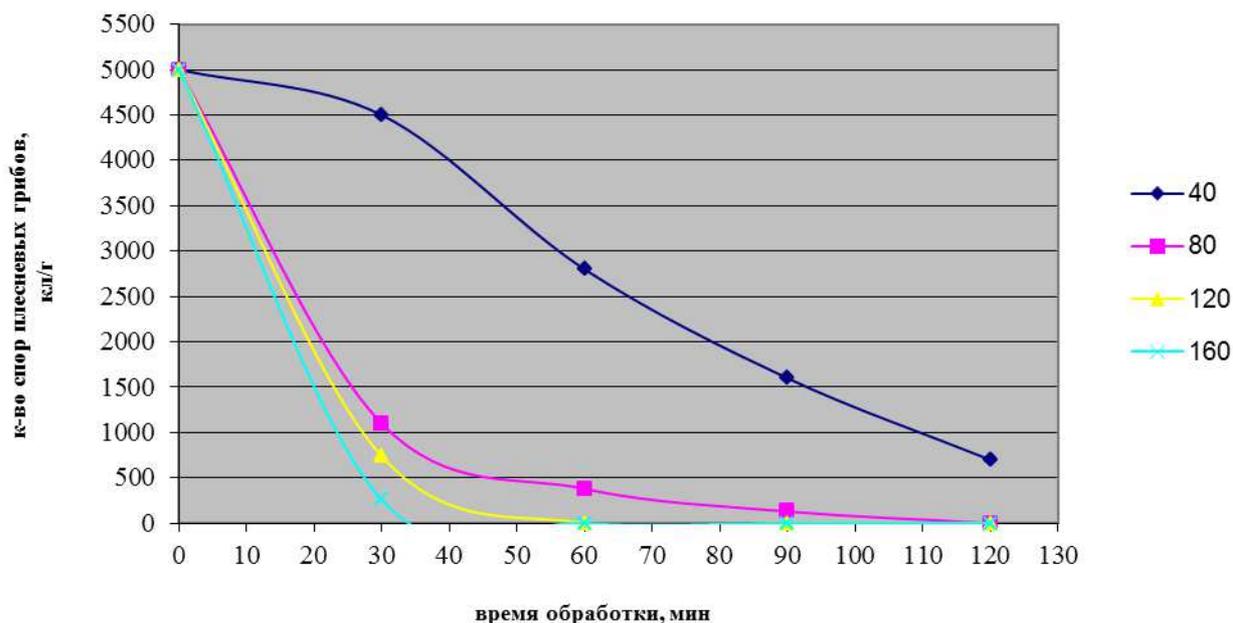


Рисунок 3 - Диаграмма влияния времени обработки на количество спор плесневых грибов на поверхности растительных субстратов при различных значениях концентрации озонородушной смеси

Так же необходимо отметить, что наиболее эффективными режимами для борьбы с плесневыми грибами являются режимы, при которых концентрации составляют - 120 и 160 мг/м³, при времени воздействия не более 60 минут.

Получена также эмпирическая математическая модель, представленная полином второй степени в выражении (13). Данная математическая модель позволяет оценить влияние концентрации озонородушной смеси и времени обработки в абсолютных единицах на количество спор плесневых грибов на поверхности растительных субстратов.

$$y_2 = 9158,75 - 71,5125x_1 - 99,7219x_2 + 0,3066x_1x_2 + 0,1660x_1^2 + 0,2934x_2^2, \tag{13}$$

Анализ экспериментально полученных наблюдаемых значений переменной y_2 и предсказанных регрессионной моделью представлен в таблице 4 и графически изображен на рисунке 4.

Таблица 4 - Данные анализа адекватности полученной модели переменной y_2

N=16	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	разница	Standard Predicted	Standard Residual	Ст. ошибка пред. значений	Mahanobis Distance	Deleted Residual	Cook Distance
1	4500,00	4011,150	488,85	2,664901	1,25139	306,3517	8,2875	1269,74	1,082900
2	2800,00	2681,800	118,20	1,574212	0,30258	226,1024	4,0875	177,74	0,011559
3	1600,00	1651,200	-51,20	0,728637	-0,13107	226,1024	4,0875	-76,99	0,002169
4	700,00	919,350	-219,35	0,128178	-0,56151	306,3517	8,2875	-569,74	0,218028
5	1100,00	1798,300	-698,30	0,849328	-1,78756	226,1024	4,0875	-1050,08	0,403431
6	380,00	836,850	-456,85	0,060489	-1,16948	181,1348	2,2875	-581,97	0,079530
7	130,00	174,150	-44,15	-0,483235	-0,11302	181,1348	2,2875	-56,24	0,000743
8	0,00	-189,800	189,80	-0,781845	0,48586	226,1024	4,0875	285,41	0,029804
9	740,00	524,200	215,80	-0,196030	0,55242	226,1024	4,0875	324,51	0,038529
10	0,00	-69,350	69,35	-0,683019	0,17753	181,1348	2,2875	88,34	0,001833
11	0,00	-364,150	364,15	-0,924893	0,93218	181,1348	2,2875	463,89	0,050529
12	0,00	-360,200	360,20	-0,921652	0,92206	226,1024	4,0875	541,65	0,107343
13	260,00	188,850	71,15	-0,471174	0,18213	306,3517	8,2875	184,81	0,022940
14	0,00	-36,800	36,80	-0,656313	0,09420	226,1024	4,0875	55,34	0,001120
15	0,00	36,300	-36,30	-0,596337	-0,09292	226,1024	4,0875	-54,59	0,001090
16	0,00	408,150	-408,15	-0,291246	-1,04481	306,3517	8,2875	-1060,13	0,754878
Minimum	0,00	-364,150	-698,30	-0,924893	-1,78756	181,1348	2,2875	-1060,13	0,000743
Maximum	4500,00	4011,150	488,85	2,664901	1,25139	306,3517	8,2875	1269,74	1,082900
Mean	763,125	763,125	0,00	0,000000	0,00000	234,9228	4,6875	-3,64	0,175402
Median	195,00	298,500	53,075	-0,381210	0,13586	226,1024	4,0875	71,84	0,034167

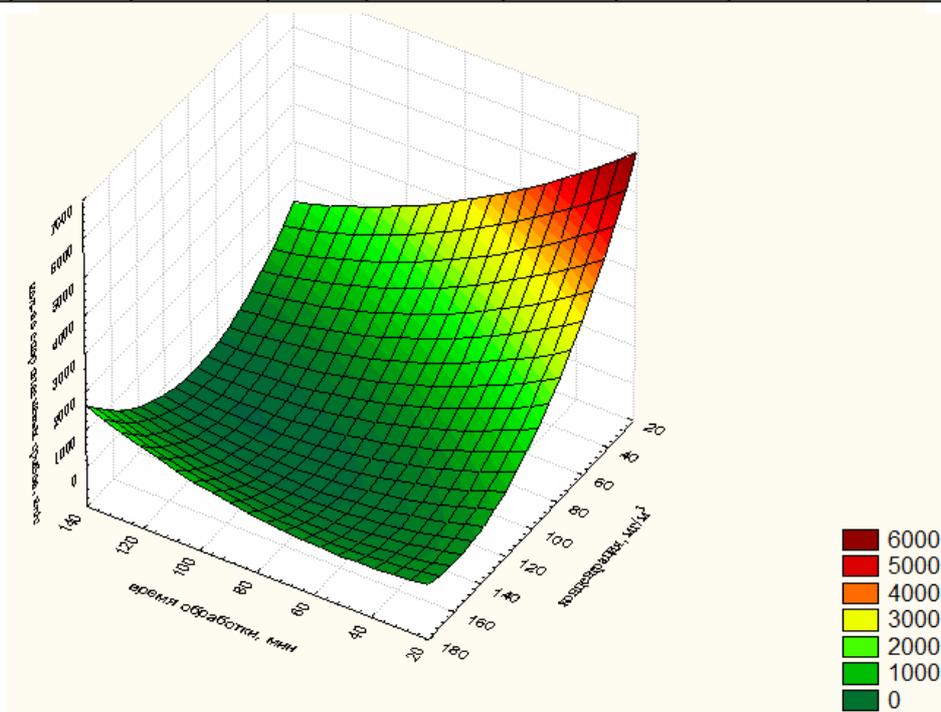


Рисунок 4 – Диаграмма влияния времени воздействия (x_1) и концентрации озоновооздушной смеси (x_2) на количество спор плесневых грибов на поверхности растительного субстрата (y_2)

Для определения концентрации озонородушной смеси и времени обработки, при которых достигается максимальное снижение количества спор плесневых грибов на поверхности субстрата, необходимо исследовать функцию двух переменных (14) на экстремум. Для этого произведем аналогичное исследование модели в соответствии с преобразованием (4-6):

$$\begin{cases} \frac{\partial y_2}{\partial x_1} = -71,5125 + 0,3066x_2 + 0,332x_1 \\ \frac{\partial y_2}{\partial x_2} = -99,7219 + 0,3066x_1 + 0,5868x_2 \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} 0 = -71,5125 + 0,3066x_2 + 0,332x_1 \\ 0 = -99,7219 + 0,3066x_1 + 0,5868x_2 \end{cases} \quad (15)$$

Координаты точки экстремума, характеризующей оптимальные концентрацию озонородушной смеси и времени обработки, для достижения максимального снижения количества спор плесневых грибов на поверхности растительных субстратов, будут иметь вид:

$$\begin{cases} x_1(y_2) = 104,48 \\ x_2(y_2) = 190,98 \end{cases} \quad (16)$$

Полученную стационарную точку $y_{2m} (x_1; x_2)$ проверяем на принадлежность к экстремуму исследуемой функции (13). Для этого определяем вторые частные производные и вычисляем значение определителя (17).

$$\frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1^2} = 2b_4 = 0,34; \quad \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_2^2} = 2b_5 = 0,58; \quad \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1 \partial x_2} = b_3 = 0,31; \quad (17)$$

$$\Delta(y_{2m}) = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_2^2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2b_4 & b_3 \\ b_3 & 2b_5 \end{vmatrix} = 4b_4b_5 - b_3^2 = 0,1011, \quad (18)$$

Значение определителя (18) $\Delta > 0$ подтверждает наличие экстремума функции (1) в точке $y_{2m}(x_1; x_2)$. Так как $\frac{\partial^2 y_2}{\partial x_1^2} > 0$, то экстремум функции (13) является локальным минимумом.

Если наложить проекции математических моделей стерилизации друг на друга, то пересечение линий оптимумов даст общую зону эффективных параметров по двум показателям (рисунок 5).

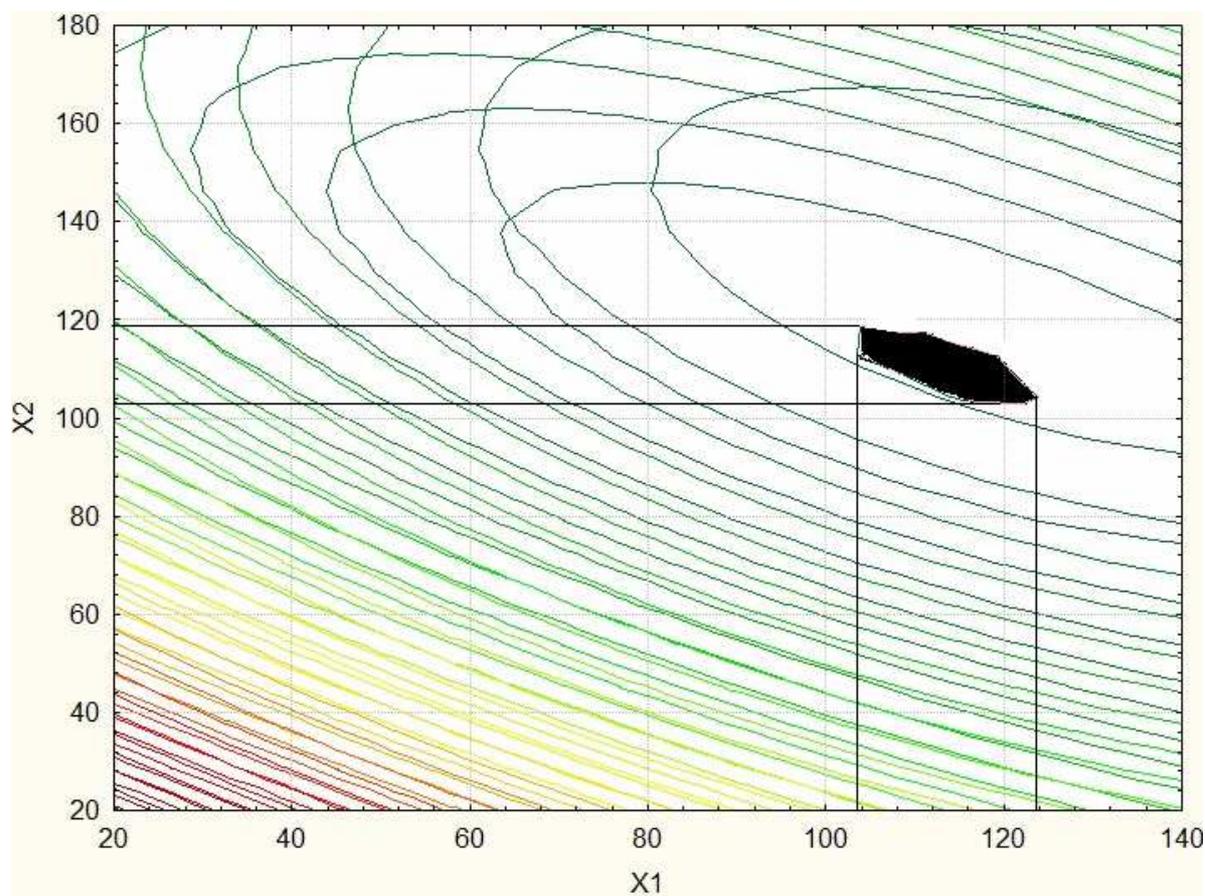


Рисунок 5 – Изображение совмещенных проекций стерилизации патогенной микрофлоры (y_1) и спор плесневых грибов (y_2) на поверхности растительного субстрата

Таким образом, проведенное исследование позволяет определить наиболее эффективные параметры озоновоздушной стерилизации растительных субстратов, которые составляют [4]:

- Концентрация озона в озоновоздушной смеси, $C=103 - 119$ мг/м³;
- Длительность воздействия, $t=103-123$ мин.

Литература

1. Андрейчук В.К., Нормов Д.А., Вербицкая С.В., Овсянников Д.А., Лисицин В.В., Шевченко А.А., Нормова Т.А. Озонатор / Патент на изобретение RUS2198134. 30.10.01
2. Нормов Д.А., Оськин С.В., Шевченко А.А., Сапрунова Е.А. Способ предпосевной обработки с.х. культур / Патент на изобретение RUS2248111. 20.03.05
3. Шевченко А.А. Дезинфекция субстратов озоновоздушной смесью перед приготовлением биопрепаратов / А.А. Шевченко, Е.А. Денисенко // Научное обозрение. – Саратов: ООО «АПЕКС-94», 2013. - №1. –С. 102-107
4. Шевченко А.А. Воздействие озоновоздушной смеси на популяцию плесневых грибов/ А.А. Шевченко, Е.А. Денисенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ., 2011. – № 2(29), С. 192-196

References

1. Andrejchuk V.K., Normov D.A., Verbickaja S.V., Ovsjannikov D.A., Lisicin V.V., Shevchenko A.A., Normova T.A. Ozonator / Patent na izobretenie RUS2198134. 30.10.01
2. Normov D.A., Os'kin S.V., Shevchenko A.A., Saprunova E.A. Sposob predposevnoj obrabotki s.h. kul'tur / Patent na izobretenie RUS2248111. 20.03.05
3. Shevchenko A.A. Dezinfekcija substratov ozonovozdushnoj smes'ju pred prigotovleniem biopreparatov / A.A. Shevchenko, E.A. Denisenko // Nauchnoe obozrenie. – Saratov: ООО «АПЕКС-94», 2013. - №1. –S. 102-107
4. Shevchenko A.A. Vozdejstvie ozonovozdushnoj smesi na populjaciju plesnevyyh gribov/ A.A. Shevchenko, E.A. Denisenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU., 2011. – № 2(29), S. 192-196