

УДК 581.14: 581.19

**ВЛИЯНИЕ ОЗОНИРОВАНИЯ СЕМЯН
НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ
ЛЬНА ОБЫКНОВЕННОГО
(*LINUM USITATISSIMUM* L.)**

А.А. Дубцова,
аспирант

А.В. Чурмасов,
доктор биологических наук, профессор

ФГБОУ ВПО Нижегородская государственная сель-
скохозяйственная академия
603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97
Тел.: 8 (831) 462-70-01
E-mail: dubtsova1988@mail.ru

Для цитирования: Дубцова А.А., Чурмасов А.В.
Влияние озонирования семян на рост и развитие
растений льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.) // Масличные культуры. Научно-техни-
ческий бюллетень Всероссийского научно-исследо-
вательского института масличных культур. – 2015. –
Вып. 2 (162). – С. 93–98.

Ключевые слова: лён обыкновенный, озон,
озонирование, биологический эффект, урожай
семян.

Результаты лабораторных опытов по влиянию
озона на интенсивность ростовых процессов, по-
лученные в ФГБОУ ВПО «Нижегородская государ-
ственная сельскохозяйственная академия» выявили
стимулирующий эффект в отношении интенсив-
ности прорастания семян льна при дозах озоново-
го воздействия 90–750 мг·мин/м³. Процент
отклонения от контроля при этих дозах составляет
14±2 %. При дозах более 6000 мг·мин/м³ отмечен
подавляющий эффект. В полевых условиях наи-
большая всхожесть наблюдается у образцов, об-
работанных дозой озона $D=190$ мг·мин/м³, – 68 %.
Наилучшие показатели роста и развития растений
в длину, а также самый высокий урожай семян
получен у растений льна, выращенных из семян,
обработанных дозой озона $D = 190$ мг·мин/м³. Соот-
ветственно эту дозу можно принять за оптималь-
ный режим обработки семян. Биохимический
анализ собранного урожая семян показал, что для
образцов $D = 190$ наблюдается резкое снижение

сахара и крахмала, а для образцов $D = 6000$ по-
вышается содержание сахара и наблюдается сни-
жение крахмала.

UDC 581.14: 581.19

**The influence of ozonization of seeds on growth and
development of flax plants (*Linum usitatissimum* L.).**

A.A. Dubtsova, postgraduate student

A.V. Churmasov, doctor of biology, professor

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy
97 Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russia
Tel.: 8 (831) 462-70-01
dubtsova1988@mail.ru

Key words: common flax, ozone, ozonization, bio-
logical effect, seed yield.

The effect of an ozone treatment on the intensity
of growth processes in flax seeds was studied at
FGBOU VPO “Nizhegorodskaya State Agricultural
Academy”. The testing doses of ozone were 90–750
mg·min/m³. The results showed the stimulating effect
of such treatment. The deviation percentage at control
samples at studying doses was 14±2 % on germina-
tion. An inhibiting effect is noted for treatments with
ozone doses more than 6000 mg·min/m³. In field the
best germination was shown by the samples treated
with ozone dose $D = 190$ mg·min/m³ – 68% (germi-
nation of control seeds was 60±3%). The indicators
of plant growth and height were the best and seed
yield was the highest at plants of flax when seeds for
sowing were treated with ozone dose $D = 190$
mg·min/m³. Thus, this dose can be considered as an
optimal treatment. The biochemical analysis of harvest-
ed seeds showed that a sharp decrease of sugar and
starch contents was observed at samples treated with
 $D = 190$, and an increase of sugar content and a decrease
of starch content was stated for samples treated with
 $D = 6000$.

Введение. Озонирование семян – один из
методов предпосевной обработки, применяе-
мый для обеззараживания, борьбы с вредите-
лями, повышения (или снижения) всхожести,
урожайности растений и последующей устой-
чивости к неблагоприятным воздействиям.
Озонирование семян с целью улучшения их
посевных качеств и ускорения ростовых про-
цессов – слабо изученное направление в сель-
скохозяйственном производстве. Установлена

стимулирующая и подавляющая роль озона на процессы жизнедеятельности пшеницы, ячменя, гороха, облепихи, картофеля, козлятника, расторопши [1; 2; 3]. При этом остаётся много вопросов, связанных с оптимальными режимами обработки, механизмами действия озона на прорастание семян, рост и развитие растений. Для изучения этих вопросов требуется проведение физиологических исследований, позволяющих понять закономерности функционирования растительного организма на озонное воздействие.

Цель работы: исследование физиологических показателей прорастания озонированных семян льна, а также их рост и развитие в период вегетации.

Материалы и методы. Озон получали методом барьерного разряда из кислорода воздуха на малогабаритном генераторе озона [4]. Опыты проводились на семенах льна обыкновенного, группа форм межеумочные, сорт ЛМ-98 (*Linum usitatissimum* L.). Перед закладкой опыта семена раскладывали на фильтровальную бумагу в чашки Петри по 50 штук, далее помещали в специальную камеру с регулируемой концентрацией озона. В проведённых экспериментах концентрацию озона изменяли от 19 до 600 мг/м³, а время озонирования варьировало от 2,5 до 40 мин. Дозу (D) озонного воздействия вычисляли как произведение концентрации (C) озона в ОВС на продолжительность (t) озонирования:

$D = C \cdot t$. При анализе использовали также десятичный логарифм дозы ($Lg D$). Контрольные семена действию озона не подвергались. После озонирования семена помещали в термостат и проращивали по общепринятым методикам четверо суток [5]. Затем регистрировали показатели прорастания: длину и массу проростков. Каждый лабораторный опыт с фиксированными значениями озонного воздействия проводили в 6 повторностях с количеством исходных семян не менее 300. Общее количество проростков, поступивших в анализ, превышало 4000.

Для изучения влияния озона на ростовые процессы льна в условиях окружающей среды проводились мелкоделяночные полевые опыты. Все повторения полевого опыта размещали на одном опытном участке ($S = 25 \text{ м}^2$), со сплошным расположением делянок в три яруса. Делянки готовили прямоугольной

формы ($2 \times 0,5 \text{ м}$) площадью $1,0 \text{ м}^2$ каждая, путем перекопки и рыхления почвы на глубину 10–12 см. Для разграничения опытных образцов между делянками оставляли буферные полосы шириной 20 см [6]. Норма посева проозонированных и контрольных семян составляла 100 семян/м² с глубиной высева 3 см. После появления всходов у обработанных и контрольных образцов ежедневно фиксировали высоту растений с помощью измерительной линейки от поверхности почвы до верхушки растения и проводили их сравнение. Прополка делянок проводилась вручную. Повторность опыта четырехкратная.

При обработке экспериментального материала определяли биологический эффект (БЭ) озонирования – процент отклонения регистрируемого показателя прорастания от контрольного значения по формуле:

$$БЭ = \left(\frac{O - K}{K} \right) \cdot 100 \%,$$

где O – среднее значение показателя прорастания опытного образца;

K – // – контрольного образца.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась путём оценки достоверности различий, которую определяли по критерию Стьюдента для уровня значимости $p \leq 0,5$ [6].

Результаты и обсуждение. Результаты лабораторных опытов по влиянию озона на интенсивность ростовых процессов, отраженных в длинах (L) проростков льна, представлены на рисунке 1.

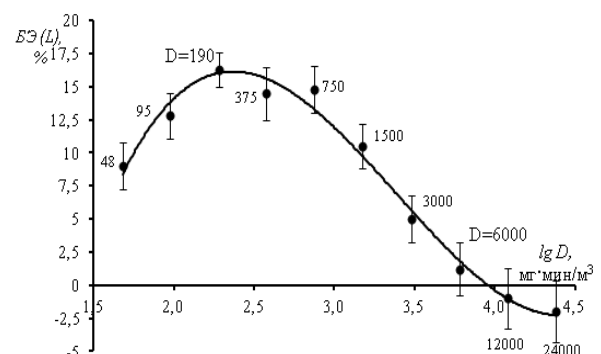


Рисунок 1 – Зависимость биологического эффекта для интенсивности ростовых процессов БЭ (L) в тканях льна от логарифма дозы озонного воздействия на его семена

На рисунке 1 видно, что большие дозы озона $lg D > 4,0$; $D = 12000$ мг·мин/м³ подавляют ростовые процессы. Процент отклонения длины проростка в опыте при $lg D = 4,4$; $D = 24000$ мг·мин/м³ достоверно ниже его контрольного значения. При значении $lg D < 4,0$ зарегистрирован стимулирующий эффект. Причём в интервале $lg D 1,7-3,3$ этот эффект достоверно отличается от контроля. При дозе $lg D = 2,3$ ($D = 190$ мг·мин/м³) отмечено максимальное значение БЭ (L), достигающее 16,3%. В отношении лабораторной всхожести семян подобного эффекта (стимуляция, подавление) в данном диапазоне озонowego воздействия достоверно зарегистрировано не было, что, по-видимому, связано с использованием семян последнего срока сбора, всхожесть которых близка к 100 %.

На основе анализа представленных выше лабораторных данных для изучения влияния озона на ростовые процессы льна в полевых условиях были выбраны дозы озонирования: 190 мг·мин/м³, соответствующая максимальному стимулирующему эффекту в экспериментах с семенами (образец семян $D = 190$) и 6000 мг·мин/м³ – соответствующая началу подавления ростовых процессов (образец семян $D = 6000$).

Мелкоделяночные полевые опыты проводили в 2013–2014 гг. Посев контрольных и обработанных озоном семян ($D = 190$ мг·мин/м³; $D = 6000$ мг·мин/м³) проводился в первой декаде июня (6 июня) на подготовленные делянки. В ходе полевых испытаний самая высокая полевая всхожесть наблюдалась у образцов с $D = 190$ – 68 ± 3 %, наименьшая – у образцов с $D = 6000$ – 45 ± 5 % (контроль – 60 ± 3 %).

Полученные результаты средних длин растений за период от появления всходов до начала цветения представлены в виде значений биологического эффекта по высоте растений (рис. 2).

Как видно из графиков, на начальных стадиях роста (16 июня) всходы льна, обработанные дозой озона $D = 6000$ мг·мин/м³, существенно отставали в развитии относительно контроля БЭ (l) = -12,0 %, а у семян, обработанных дозой озона $D = 190$ мг·мин/м³, отмечается положительный биологический эффект по высоте растений, составляющий БЭ (l) = 7,5 %. К 26 июня опытные растения $D = 6000$ переходили

в стадию интенсивного роста и начинали перерастать контроль, а для образцов $D = 190$ темп роста менялся незначительно.

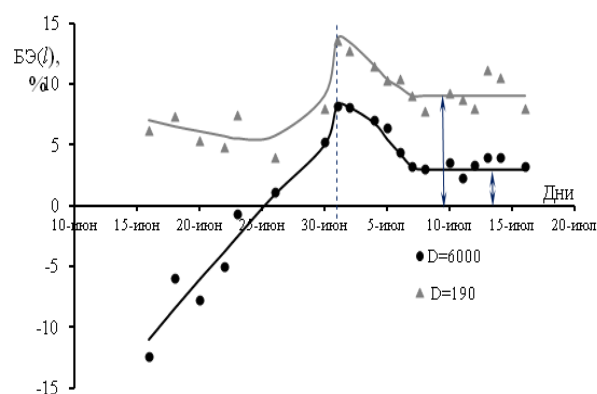


Рисунок 2 – Графики биологического эффекта по высоте растений, выращенных из семян, обработанных дозами озона $D = 190$ мг·мин/м³ и $D = 6000$ мг·мин/м³ в зависимости от даты наблюдений

К 1 июля (25 дней от посева) у озонированных образцов относительно контроля наблюдали выраженные пики: для $D = 190$ значение пика составляло 13,6 %, для $D = 6000$ – 8,2 %. Через несколько дней пики плавно опустились до определенного уровня, с сохранением стабильной тенденции, превышающей контроль, для растений $D = 190$ в среднем на 9,0 %, для $D = 6000$ – на 3,0 %.

Появление у озонированных образцов выраженных пиков можно обосновать тем, что у них фаза «ёлочки» заканчивается на два дня раньше, чем у контроля. После прохождения фазы «ёлочки» у льна наступает фаза максимального прироста, характеризующаяся высокими темпами роста растения в высоту и продолжающаяся вплоть до начала цветения. Как только контрольные растения переходят в фазу максимального прироста, они начинают догонять озонированные образцы в высоту и пики плавно опускаются.

Для характеристики распределения высоты растений льна в длину проведем их группировку по семи классам (рис. 3).

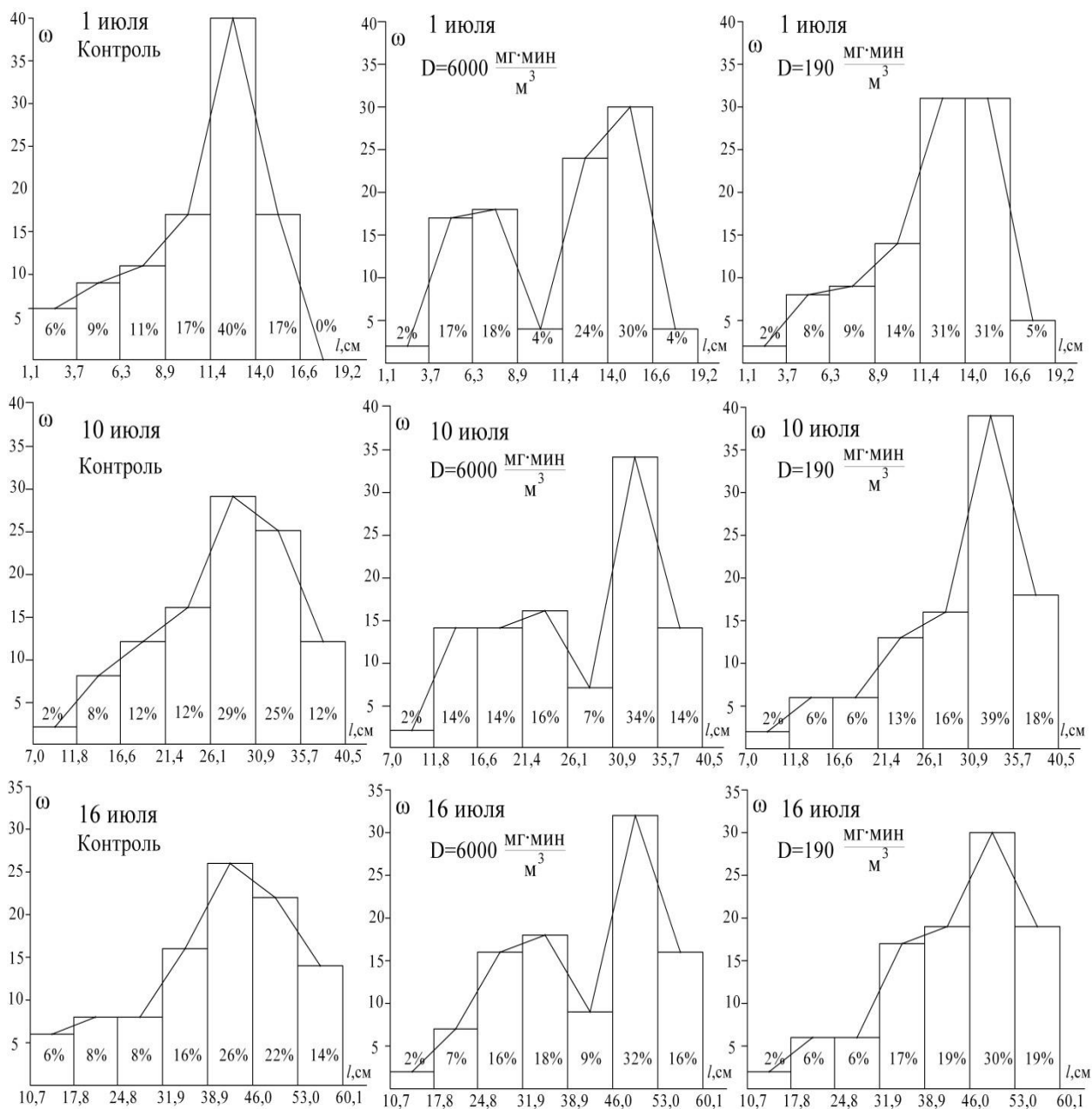


Рисунок 3 – Гистограммы распределения частот растений льна по высоте на даты: 01, 10, 16 июля

Таблица 1

Причём интервал между классами будет варьировать в зависимости от даты измерения длины растения. Первый класс соответствует самым малым высотам растений, седьмой – самым большим [6].

Из гистограмм видно, что у контроля на 1 июля 17 % растений имели высоту выше 14 см и 26 % – высоту ниже 8,9 см, при этом 40 % растений находились в диапазоне высот от 11,4 до 14 см. Для образцов $D = 6000$ в 34 % случаев растения имели высоту выше 14 см и 37 % – высоту ниже 8,9 см. Для образцов $D = 190$ в 36 % случаев растения имели высоту выше 14 см и 19 % – высоту ниже 8,9 см.

На 10 июля у всех исследуемых образцов происходит резкое смещение длин в область 6-го, 7-го классов: контрольных растений с высотой больше 30,9 см составляет 37 %, образцов $D = 6000$ – 48, $D = 190$ – 57 %.

К фазе начала цветения (16 июля) у исследуемых образцов имелись растения, отстающие в развитии, с высотой ниже 31,9 см: в контроле таких было 22 %, у образцов $D = 6000$ – 25 % и $D = 190$ только 14 %. В связи с тем, что опытные образцы $D = 190$ развивались интенсивнее, фаза цветения у них начиналась раньше других наблюдаемых растений.

Из представленных гистограмм у контроля и образца $D = 190$ можно отметить наличие нормального распределения частот по высоте, чего не наблюдалось у образца $D = 6000$. Нарушение распределения частот может быть связано с подавляющим воздействием высоких доз озона $D = 6000$ мг·мин/м³ на семя в период прорастания, что приводило впоследствии к нарушению роста и развития растений.

После наступления фазы цветения измерения высоты растений прекращали. Дальнейшие исследования продолжались в период созревания семян путем сбора их урожая. Результаты, полученные после сбора урожая семян льна, представлены в таблице 1.

Опытные данные, полученные после сбора урожая семян льна

Образец	Среднее кол-во коробочек (\bar{N}), шт./раст.				Среднее кол-во семян в коробочке (\bar{n}), шт.	Среднее кол-во семян на растении ($\bar{N} \cdot \bar{n}$), шт.	Масса 1000 семян (m), г	Урожай семян, г/м ² У= $\frac{Всхож \cdot \bar{N} \cdot \bar{n} \cdot m}{1000}$
	$\bar{N} \pm \Delta N$	D	σ	$V, \%$				
Контроль	145±13	54,7	8,5	5,9	6±0,2	873±78	7,70±0,01	403±56
$D = 190$	160±13	52,2	8,3	5,2	6±0,2	961±75	7,75±0,02	506±49
$D = 6000$	130±11	39,5	8,9	5,6	6±0,2	783±63	7,70±0,01	271±52

У опытных образцов $D = 190$ количество коробочек на одном растении превышает другие исследуемые образцы и составляет в среднем 160 ± 13 штук. При приблизительно равном количестве семян в коробочках (6 шт.) и массе 1000 семян (7,70–7,75 г) самый высокий урожай получен у образцов $D = 190$ – 506 ± 49 г/м², чуть ниже – 403 ± 56 г/м² у контроля. Самый низкий урожай – 271 ± 52 г/м², полученный у образцов $D = 6000$, связан с двумя факторами: низкой полевой всхожестью (45 ± 5 %) и меньшим содержанием коробочек на растении (130 ± 11 шт.).

Для дальнейшего изучения влияния ОВС на процессы созревания семян льна в лаборатории ФГБУ ЦАС «Нижегородский» проведен биохимический анализ собранного урожая (табл. 2).

Таблица 2

Результаты биохимического исследования собранного урожая семян льна (все значения содержания биохимических показателей достоверно отличаются друг от друга с $p > 0,95$)

№	Название показателя	Нормативная документация на методы испытаний	Контроль	Доза озонирования (D), мг·мин/м ³	
				190	6000
1	Массовая доля влаги, %	ГОСТ 31640-2012	5,34	5,62	5,48
2	Протеин, г/кг	ГОСТ Р 51417-99	258,8	258,1	262,5
3	Жир, г/кг	ГОСТ 13496.15-97	398,0	407,0	391,0
4	Комплекс водорастворимых моно- и дисахаридов, г/кг	ГОСТ 26176-91	9,0	5,0	18,0
5	Крахмал, г/кг	ГОСТ 26176-91	29,6	26,3	28,6
6	Массовая доля каротина, мг/кг	ГОСТ 13496.17-95	4,0	3,0	5,0
7	Концентрация обменной энергии в 1 кг СВ рациона, МДж		12,90	13,00	12,82
8	Кормовая единица, кг		1,38	1,39	1,37

Биохимический анализ показал, что у семян, собранных с образцов растений $D = 190$ относительно контроля наблюдается повышение содержания влаги на 5,2 %, жира – на 2,3 %. При этом резко снижается содержание водорастворимых моно- и дисахаридов – на 44,4 %, и крахмала – на 11,2 %. У семян, собранных с образцов растений $D = 6000$, наблюдается небольшое повышение содержания влаги – на 2,6 %, протеина – 1,4 %, и вдвое повышается содержание моно- и дисахаридов относительно контроля. При этом снижается содержание жира (на 1,8 %) и крахмала (на 3,4 %). Содержание каротина у семян $D = 190$ снижается до 3 мг/кг, а у семян $D = 6000$ повышается до 5 мг/кг.

Выводы. 1) Выявлен стимулирующий эффект в отношении интенсивности прорастания семян льна при дозах озонного воздействия 90–750 мг·мин/м³. Процент отклонения от контроля при этих дозах составляет (14 ± 2 %). При дозах более 6000 мг·мин/м³ отмечен подавляющий эффект. 2) В полевых условиях наибольшая всхожесть наблюдается у образцов обработанных дозой озона $D = 190$ мг·мин/м³ – 68 %. 3) Наилучшие показатели роста в длину и развития растений, а также самый высокий урожай семян получен у растений льна, выращенных из семян, обработанных дозой озона $D = 190$ мг·мин/м³. Соответственно эту дозу можно принять за оптимальный режим обработки семян. 4) Биохимический анализ собранного урожая семян показал, что у образцов $D = 190$ наблюдается резкое снижение сахара и крахмала, а у образцов $D = 6000$ повышается содержание сахара и наблюдается снижение крахмала.

Список литературы

1. Сигачёва М.А. Влияние предпосевного озонирования семян на урожайность и качество зерна яровой и мягкой пшеницы в кузнецкой лесостепи: дис. ... канд. с.-х. наук. – Кемерово, 2014. – 152 с.
2. Резчиков В.Г., Чурмасов А.В., Гаврилова А.А., Соколова Е.А. Влияние озона на прорастание семян гороха и облепихи // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – № 3. – С.14–17.

3. Гаврилова А.А., Чурмасов А.В., Резчиков В.Г. Результаты опытов по озонированию посадочного материала картофеля и козлятника восточного // Совершенствование процессов механизации и использования энергии в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. регион. конф. – Н. Новгород: НГСХА, 1999. – С. 130–133.

4. Резчиков В.Г., Чурмасов А.В., Гаврилова А.А. Генератор для получения озono-воздушной смеси и его применение // Тез. докл. II-й Нижегородской сессии молодых ученых. – Н. Новгород, 1977. – С. 223.

5. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартиформ, 2011. – 30 с.

6. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: ИД Альянс, 2011. – С. 352.

References

1. Sigacheva M.A. Vliyanie predposevnoy ozonirovaniya semyan na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi i myagkoi pshenitsy v kuznetskoi lesostepi: dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Kemerovo, 2014. – 152 s.

2. Rezchikov V.G., Churmasov A.V., Gavrilova A.A., Sokolova E.A. Vliyanie ozona na prorastanie semyan gorokha i oblepikhi // Tekhnika v sel'skom khozyaistve. – 1998. – № 3. – S.14–17.

3. Gavrilova A.A., Churmasov A.V., Rezchikov V.G. Rezul'taty opytov po ozonirovaniyu posadochnogo materiala kartofelya i kozlyatnika vostochnogo // Sovershenstvovanie protsessov mekhanizatsii i ispol'zovaniya energii v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: sb. nauch. tr. regional'noi konferentsii. – N. Novgorod: NGSKhA, 1999. – S. 130–133.

4. Rezchikov V.G., Churmasov A.V., Gavrilova A.A. Generator dlya polucheniya ozono-vozdushnoi smesi i ego primeneniye // Tez. dokl. II-i Nizhegorodskoi sessii molodykh uchenykh. – N. Novgorod, 1977. – S. 223.

5. GOST 12038-84 Semena sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. – M.: Standartinform, 2011. – 30 s.

6. Dospikhov V.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: ID Al'yans, 2011. – S. 352