

УДК 631.3:633

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ ОЗОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРАСТАНИЯ ЛЬНА ОБЫКНОВЕННОГО

© 2014 г.

А.А. Дубцова, А.В. Чурмасов

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

dubtsova1988@mail.ru

Поступила в редакцию 11.02.2014

Исследования воздействия озона на растительные объекты свидетельствуют о различном его влиянии на процессы жизнедеятельности: одни дозы озона стимулируют, а другие подавляют рост и развитие растений. В настоящей работе представлены новые результаты исследований воздействия различных доз озона на показатели прорастания такого ценного и перспективного для сельскохозяйственного производства объекта, как лён обыкновенный.

*Ключевые слова:* озон, лён, концентрация, время, доза, биологический эффект.

Одним из важных факторов, влияющих на процессы жизнедеятельности, является озон [1]. В экспериментах на ряде сельскохозяйственных растений (пшенице, горохе, картофеле, облепихе, козлятнике) исследовали биологическую роль озона [2]. Кроме подавляющего, обнаружено также и стимулирующее действие этого фактора. Результаты опытов зависели от вида и состояния растений, концентрации и времени воздействия озон-воздушной смеси. Однако подобных исследований проведено недостаточно. Совершенно не изучено влияние озона на процессы жизнедеятельности такого ценного и перспективного для сельскохозяйственного производства растения, как лён обыкновенный. Цель работы – исследование зависимости показателей прорастания семян льна от величины озонного воздействия.

Опыты проводили в экспериментальной лаборатории НГСХА «Биофизика» в период 2012–2013 гг. Озон получали методом барьерного разряда из кислорода воздуха на малогабаритном генераторе озона [3]. Концентрацию озона в озон-воздушной смеси (ОВС) определяли оптическим методом с помощью спектрофотометра [4]. В качестве экспериментального материала использовались семена льна обыкновенного (*Linum usitatissimum*) сорта долгунец. Перед началом опыта семена в чашках Петри помещали в специальную камеру с регулируемой концентрацией озона. В разных экспериментах концентрацию озона изменяли от 19 до 600 мг/м<sup>3</sup>, а время озонирования варьировало от 2.5 до 40 мин. Контрольные семена действию озона не подвергались. После озонирования семена проращивали в термостате при температуре 20–22°C по общепринятым методикам. Затем реги-

стрировали показатели прорастания: всхожесть, длину и массу проростков. Биохимический анализ тканей проростков и семян проводили на базе лаборатории физиолого-биохимических исследований НГСХА. Сухое вещество находили путем сжигания растительного материала и количественного определения остатка, углеводов – антроновым методом по Дрейвуду, жир – по Сокслету, активность ферментов (пероксидазы и полифенолоксидазы) – колориметрическим методом по А.М. Бояркину [5, 6].

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, а  $K$  – контрольного образца. 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 ( $\lg D$ ). Каждый опыт с фиксированными значениями воздействия проводили не менее чем в 6 повторностях с количеством исходных семян не менее 300. Общее количество проростков, поступивших в анализ, превышало 4000. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием лицензионных программ *Microsoft Excel 2007*, *Statistica 6.1*. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента для уровня значимости  $p \leq 0.5$  [7].

Результаты опытов по влиянию озона на интенсивность ростовых процессов, отраженных в

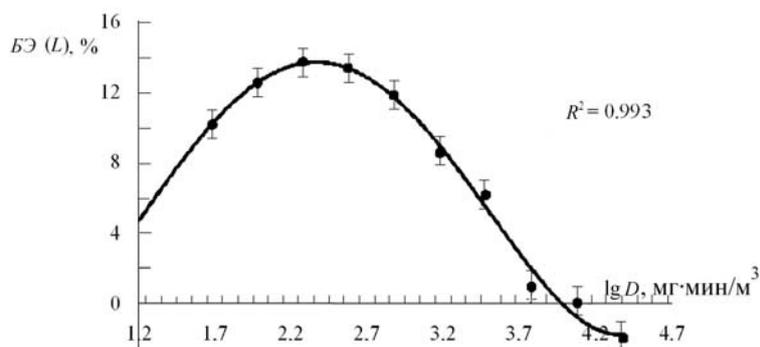


Рис. 1. Зависимость биологического эффекта для интенсивности ростовых процессов ( $БЭ(L)$ ) в тканях льна от логарифма дозы озонного воздействия на его семена

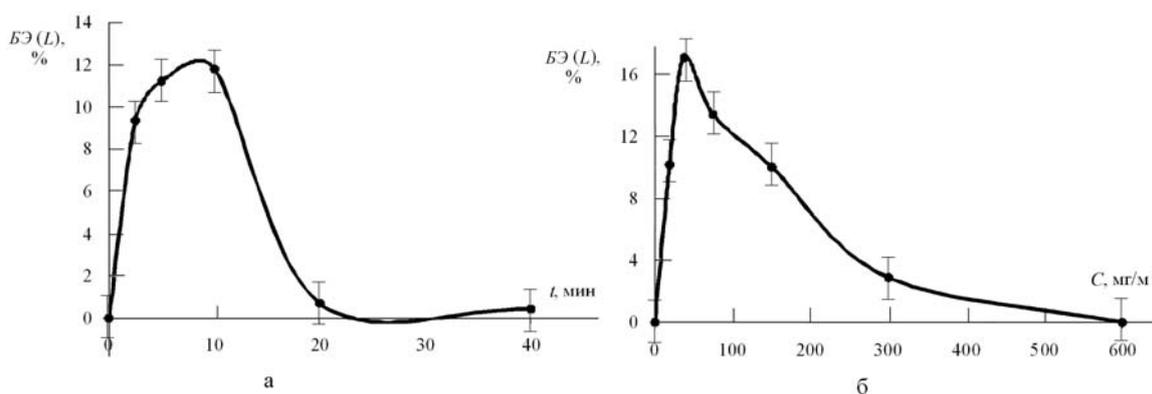


Рис. 2. Графики зависимостей  $БЭ(L)$  от продолжительности (а) и от концентрации (б) озонного воздействия на семена льна

длинах ( $L$ ) проростков льна, представлены на рис. 1.

Видно, что большие дозы озона ( $\lg D > 4.0$ ;  $D = 12000 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ) подавляют ростовые процессы. Процент отклонения длины проростка в опыте при  $\lg D = 4.4$ ;  $D = 24000 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$  достоверно ниже его контрольного значения. При значении  $\lg D < 4.0$  зарегистрирован стимулирующий эффект, причём в интервале  $\lg D 1.7\text{--}3.3$  этот эффект достоверно отличается от контроля. При дозах с  $\lg D = 2.0\text{--}3.0$  ( $D = 95\text{--}750 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ) отмечены максимальные значения  $БЭ(L)$ , достигающие 12–14%. В отношении всхожести семян подобного эффекта (стимуляция, подавление) в данном диапазоне озонного воздействия достоверно зарегистрировано не было, что по-видимому, связано с использованием семян последнего срока сбора, всхожесть которых близка к 100%.

С целью дифференцировки влияния на полученный результат факторов продолжительности озонирования и концентрации озона вышеизложенные экспериментальные данные представлены в виде графиков зависимостей  $БЭ(L)$  от продолжительности озонирования семян (рис. 2а) и от концентрации озона (рис. 2б).

Видно, что на обоих графиках имеются максимальные значения  $БЭ(L)$ , регистрируемые,

соответственно, при 2.5–10 мин. и 20–150  $\text{мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ , что в пересчете на дозы составляет 50–1500 ( $\lg D = 1.7\text{--}3.1$ ). Полученные значения  $БЭ(L)$  для вышеуказанных временных и концентрационных интервалов достоверно отличаются от контрольных. Таким образом, вполне обоснованным является для данных условий постановки опытов введение понятия дозы озонного воздействия как произведение концентрации озона в ОВС на продолжительность озонирования семян.

С целью подтверждения полученных результатов и дальнейшего изучения влияния ОВС на процессы прорастания семян льна проведен анализ биохимического состава проростков, полученных при максимальной ( $D = 187.5 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ,  $\lg D = 2.3 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ) и промежуточной ( $D = 6000 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ,  $\lg D = 3.8 \text{ мг}\cdot\text{мин}/\text{м}^3$ ) дозах озонной стимуляции, а также у контрольных растений (таблица).

Из таблицы видно, что регистрируемые биохимические показатели (абсолютно сухой вес, углеводы, жиры, активность ферментов) закономерно изменяются в зависимости от величины озонного воздействия. Абсолютно сухой вес оказался наибольшим у контрольных растений (32.30%), а наименьшим (30.64%) – у проростков с максимальным  $БЭ(L)$ . При

Таблица

## Результаты биохимического исследования проростков льна после воздействия на их семена ОВС

Доза, мг·мин/м <sup>3</sup>	Абсолютно сухое в-во, %	Активность ферментов, отн. ед.		Углеводы, % на сухое в-во	Жир
		пероксидаза	полифенолоксидаза		
187.5	30.64±0.05	0.134±0.003	0.320±0.009	1.77±0.04	23.15±0.05
6000	31.75±0.06	0.146±0.004	0.155±0.007	1.67±0.03	24.22±0.05
Контроль	32.30±0.04	0.124±0.003	0.409±0.010	2.25±0.04	23.55±0.06

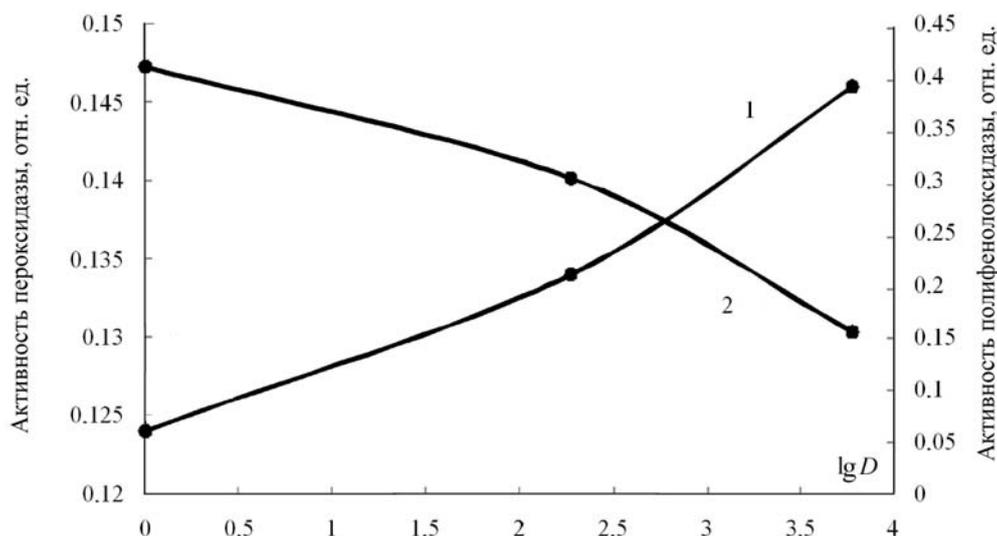


Рис. 3. Изменение активности пероксидазы (1) и полифенолоксидазы (2) проростков льна в зависимости от величины логарифма дозы озонирования на их семена

промежуточном стимулирующем озонном воздействии этот показатель (31.75%) был меньше контрольного, но больше минимального. Очевидно такой результат свидетельствует об интенсификации обменных процессов у растений, испытавших озонное воздействие, а следовательно, и об увеличенном расходе запасов питательных веществ семени. Следует заметить, что у контрольных растений количество углеводов также остается наибольшим, как и для сухого веса (2.25), в то время как у подвергшихся озонному воздействию значительно уменьшается (1.77 и 1.67). Наименьшее количество жиров вновь отмечено у проростков с максимальной озонной дозой (23.15), что также указывает на интенсификацию обменных процессов. Таким образом, полученное ранее заключение о стимулирующей роли определенных доз озонного воздействия подтверждается уже на физико-химическом уровне. Однако необходимо указать на лабильность в соотношении жиров и углеводов, так как максимальное количество жиров (24.22) и минимальное углеводов (1.67) зарегистрировано все же у растений с промежуточной дозой озонной стимуляции (6000 мг·мин/м<sup>3</sup>).

Сделанные заключения подтверждает динамика активности выделенных ферментов в зависимости от доз воздействующего озона (рис. 3).

Видно, что динамики активностей обоих ферментов взаимосвязаны: возрастание активности одного из них (пероксидазы) при увеличении озонного воздействия приводит к симметричному подавлению активности другого (полифенолоксидазы). По-видимому, при озонировании в тканях проростков льна возрастает количество различных активных форм кислорода (АФК), которые стимулируют защитную антиоксидантную систему организма [8]. Следовательно, потенцируются процессы пероксидации и, соответственно, увеличивается активность фермента пероксидазы. Уменьшение содержания полифенолоксидазы, вероятно, связано с чрезмерным образованием инициаторов свободнорадикального окисления, что приводит к подавлению активности этого фермента. Несомненно, что в условиях повышенного содержания высокоактивных молекулярных продуктов физиолого-биохимические компоненты антиоксидантной защиты функционируют в комплексе, взаимосвязано, и снижение активности одного из них компенсируется повышением других.

## Выводы

Озон оказывает существенное влияние на процесс прорастания семян льна: одни параметры озонного воздействия (концентрация озона и продолжительность воздействия) стимулируют процессы жизнедеятельности, а другие – подавляют их.

Концентрация озона и продолжительность озонирования в диапазонах концентрации ( $C$ ) 20–600 мг·мин/м<sup>3</sup> и продолжительности ( $t$ ) воздействия 2.5–40 мин в отношении интенсивности прорастания семян льна являются взаимозаменяемы, позволяя использовать понятие дозы ( $D$ ) озонного воздействия:  $D = C \cdot t$ .

Выявлен стимулирующий эффект в отношении интенсивности прорастания семян льна при дозах озонного воздействия 90–750 мг·мин/м<sup>3</sup>. Отклонение от контроля при этих дозах составляет 13±2%. При дозах более 3000 мг·мин/м<sup>3</sup> отмечен подавляющий эффект.

Полученные данные по исследованию закономерностей прорастания семян льна в зависимости от доз озонного воздействия могут быть использованы в сельском хозяйстве, а также для получения биологически активных пищевых добавок.

## Список литературы

1. Щербатюк Т.Г. Современное состояние и перспективы применения озона в медицине // Физиологический журн. 2007. № 5. С. 21–29.
2. Гаврилова А.А. Эколого-физиологические особенности действия озона и информационных СВЧ и КВЧ электромагнитных излучений на модельные биосистемы. Дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород: НГСХА, 2012. 173 с.
3. Резчиков В.Г. Генератор для получения озон-воздушной смеси и его применение // Тез. докл. II Нижегород. сессии молодых ученых, Н. Новгород, 1977. С. 223.
4. Кривопишин И.П. Озон в промышленном птицеводстве. М.: Росагропромиздат, 1988. 175 с.
5. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: Учеб. для вузов. 2-е изд. М.: МГУ, 2001. 689 с.
6. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. М.: Агропромиздат, 1987. С. 21–23.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
8. Минибаева Ф.В., Гордон Л.Х. Продукция супероксида и активность внеклеточной пероксидазы в растительных тканях при стрессе // Физиология растений. 2003. Т. 50. С. 459–464.

## RESULTS OF EXPERIMENTS ON EFFECTS OF OZONE ON GERMINATION INDICATORS OF COMMON FLAX

*A.A. Dubtsova, A.V. Churmasov*

Studies on effects of ozone on plants show its different impact on their life activity: some ozone doses stimulate while others inhibit the growth and development of plants. The article presents new experimental results on the effects of different ozone doses on the germination indicators of such a valuable and promising plant for agricultural industry as common flax.

*Keywords:* ozone, common flax (lint, *Linum usitatissimum*), concentration, time, dose, biological effect.

## References

1. Shcherbatyuk T.G. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy primeneniya ozona v medicine // Fiziologicheskij zhurn. 2007. № 5. S. 21–29.
2. Gavrilova A.A. Ehkologo-fiziologicheskie osobennosti dejstviya ozona i informacionnyh SVCh i KVCh ehlektromagnitnyh izluchenij na model'nye biosistemy. Dis. ... kand. biol. nauk. N. Novgorod: NGSKhA, 2012. 173 s.
3. Rezhnikov V.G. Generator dlya polucheniya ozono-vozdushnoj smesi i ego primenenie // Tez. dokl. II Nizhegor. sessii molodyh uchenyh, N. Novgorod, 1977. S. 223.
4. Krivopishin I.P. Ozon v promyshlennom pticevodstve. M.: Rosagropromizdat, 1988. 175 s.
5. Mineev V.G. Praktikum po agrohimii: Ucheb. dlya vuzov. 2-e izd. M.: MGU, 2001. 689 s.
6. Ermakov A.I. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij. M.: Agropromizdat, 1987. S. 21–23.
7. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 6-e izd. M.: ID Al'yans, 2011. 352 s.
8. Minibaeva F.V., Gordon L.H. Produktiya superoksida i aktivnost' vnekletochnoj peroksidazy v rastitel'nyh tkanyah pri stresse // Fiziologiya rastenij. 2003. T. 50. S. 459–464.