

## МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ДАВЛЕНИЯ НА СЕМЕНА

**Нефедьева Елена Эдуардовна**, доктор биологических наук, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»

400005, Волгоград, пр. Ленина, 28, тел. 8(8442)248442, e-mail: nefedieva@rambler.ru

**Лысак Владимир Ильич**, чл.-корр. РАН, Первый проректор – проректор по научной работе

400005, Волгоград, пр. Ленина, 28, тел. 8(8442)230268, e-mail: lysak@vstu.ru

**Белицкая Мария Николаевна**, доктор биологических наук, проф. каф. зоологии и экологии

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный педагогический университет»

400005, Волгоград, пр. Ленина, 27, тел.8(8442)463313

**Ключевые слова:** импульсное давление, рост, развитие, продуктивность

Исследовано влияние предпосевной обработки семян импульсным давлением на рост растений. Малые дозы (11 МПа) привели к повышению продуктивности на 14-20% за счет общего усиления жизнедеятельности. Высокие дозы (29 МПа) способствовали снижению всхожести, а также изменению донорно-акцепторных отношений, усилению притока пластических веществ в плоды и увеличению продуктивности от 1,5 раз.

Метод обработки семян импульсным давлением (ИД) был предложен нами для повышения продуктивности растений [1,2]. Продуктивность и рост являются интегральными показателями жизнедеятельности растения [3], следовательно, изучение влияния фактора среды на эти показатели должно проводиться на уровне целого организма.

Целостный подход требует исследования зависимости интегральных показателей от доз фактора. Высокоинтенсивные воздействия вызывают необратимое угнетение растений, реакция объекта наблюдается почти сразу. В большинстве случаев гибель целого организма является следствием множественных нарушений [4,5]. При действии физических факторов малой и средней интенсивности наблюдается обратимое торможение физиологических процессов с последующим восстановлением, степень которого различна. В ряде случаев возможна активизация физиологических процессов и повышение продуктивности растений.

Целью работы было выявление взаимосвязи между морфогенезом, накоплением

и распределением веществ и формированием урожая у растений, обработанных ИД, при разных дозах воздействия.

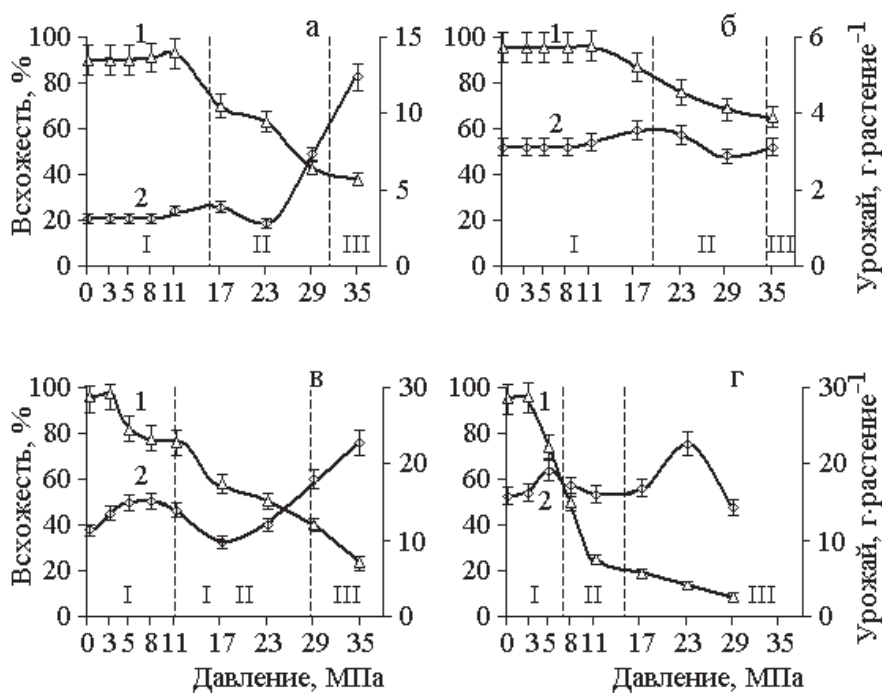
Методика

В исследованиях использовалось ИД, создаваемое ударной волной, распространяющейся в воде. В экспериментах использовали растения гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench.), томатов (*Lycopersicon esculentum*), огурца (*Cucumis sativus*), ячменя (*Hordeum distichon* L.).

При детонации взрывчатого вещества возникает ударная волна, которая создает объемное сжатие в течение 15-25 мксек. Семена помещали в кассеты, укладывали на дно контейнера, заполненного водой, и производили обработку [1]. Давление на фронте ударной волны рассчитывали по формуле [1]:

$$P = 53,3 \cdot \left( \frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{1,13}$$

где P – давление, МПа; Q – масса взрывчатого вещества, кг; R – расстояние от центра точечного заряда взрывчатого веще-



**Рис. 1 – Действие ИД на всхожесть и продуктивность растений:** а – гречиха сорта Аромат, б – ячмень сорта Одесский 100, в – томаты гибрида  $F_1$  Карлсон, г – огурец гибрида  $F_1$  Эстафета.  $M \pm m$ ;  $n = 4$

ства до поверхности семян, м.

Определяли энергию прорастания и всхожесть в четырехкратной биологической повторности [6]. Продуктивность растений определяли в мелкоделяночном опыте (учетная площадь 1 м<sup>2</sup>). Оценивали длину главного побега, см; сухую массу растений, г, путем высушивания при температуре 105°C до постоянной массы; количество листьев и соцветий, площадь ассимилирующей поверхности, дм<sup>2</sup>, методом отпечатков. Чистую скорость ассимиляции (ЧСА, мг×дм<sup>2</sup>×сут<sup>-1</sup>) рассчитывали по приросту сухого вещества на единицу площади за единицу времени. Выделение конусов нарастания проводили под бинокуляром МБС-9 при 56-кратном увеличении (ок. 8<sup>×</sup>; об. 7<sup>×</sup>). Измерение апексов проводили при помощи окуляр-микрометра (микроскоп Биолам, 120-кратное увеличение, ок.15<sup>×</sup>, об.8<sup>×</sup>, окуляр-микрометр МОВ-1, 15<sup>×</sup>).

Исследования проводили с периодичностью, соответствующей фазам онтогенеза [7]. На рисунках и в таблице приведены средние арифметические и их стандартные ошибки. Достоверность различия между па-

раметрами устанавливали с помощью критерия Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

Всхожесть семян зависела от величины ИД (рис.1). Можно выделить области, где всхожесть соответствовала контролю или несколько превышала его, а затем после некоторого критического значения ИД снижалась. Даже высокие давления не привели к полной гибели семян, которая, по наблюдениям, наступала при ИД выше 50 МПа. Критическое ИД оказалась видоспецифичным (17 МПа для гречихи и ячменя и 5 МПа для томатов и огурца).

Наряду со снижением всхожести при действии ИД выявлено его стимулирующее действие на продуктивность растений (рис.1). У растений гречихи (рис. 1 а) в области первого максимума оно составляло 22%, второго – до 4 раз. У растений ячменя (рис. 1 б) был обнаружен один максимум, где увеличение продуктивности растений составляло 14% по сравнению с контролем. Чувствительность ячменя к действию ИД была ниже, и второй максимум не был достигнут в данном диапазоне давлений. Для растений томата (рис. 1 в) и огурца (рис. 1 г) было характерно увеличение продуктивности в области первого максимума на 33,6% и 20,9% и второго – в два раза и на 43,0% соответственно. Зависимость изменения продуктивности от величины давления имела два максимума, положение которых видоспецифично. Существуют области, в которых снижение всхожести отсутствовало, а продуктивность повышалась существенно с точки зрения практики сельского хозяйства.

В реакции растений на воздействие выявлены две составляющие: угнетение (результат повреждений) и активация (ре-

Таблица 1

Влияние ИД на состояние конуса нарастания побега и продуктивность растений гречи-  
хи.  $M \pm m$ ;  $n = 4$ ; \* –  $p \leq 0,05$

Показатель	Вариант опыта		
	Контроль	11 МПа	29 МПа
Диаметр конуса нарастания, мкм, 6 сут	332,1±13,1	392,2*±13,5	390,0*±27,3
Диаметр конуса нарастания, мкм, 14 сут	382,1±7,3	418,1*±9,6	413,8*±8,1
Количество листовых валиков, 14 сут	5,6±0,5	6,8±0,6	10,0*±0,5
Количество вызревших плодов на главном побеге	15±2,1	16±3,3	17±1,1
То же, % от общего количества вызревших плодов	68,1	61,5	48,6
Количество вызревших плодов на побеге 1-го порядка	7±1,1	10±1,6	18 ± 3,1*
Количество вызревших плодов на побеге 2-го порядка	–	–	6 ± 0,9
Общее количество вызревших плодов, шт.	22±2,1	26±2,4	35±4,1*
Общее количество невызревших плодов, шт.	3±5,5	14±3,2*	12±2,5*
То же, % от общего количества вызревших плодов	13,6	53,8	34,3
Масса 1000 выполненных плодов, г	28,9±0,1	29,0±0,5	29,1± 0,2
Масса выполненных плодов с 1 растения, г	0,64±0,04	0,75±0,02*	1,02±0,04*
Изменение продуктивности, % от контроля	100	117	159
Доля хозяйственного урожая, %	20,35	20,36	43,16

зультат восстановления повреждений), причем степень активации не пропорциональна дозе, а один из показателей активации – скорость роста – в разные периоды имеет разные величины, в том числе большие, чем в контроле. Существует мнение [5], что малые дозы вызывают непродолжительный стимулирующий эффект, а высокие дозы приводят к угнетению, восстановлению и активации процессов. В наших опытах к угнетению можно отнести как уменьшение всхожести (необратимый процесс), так и временное торможение роста [2].

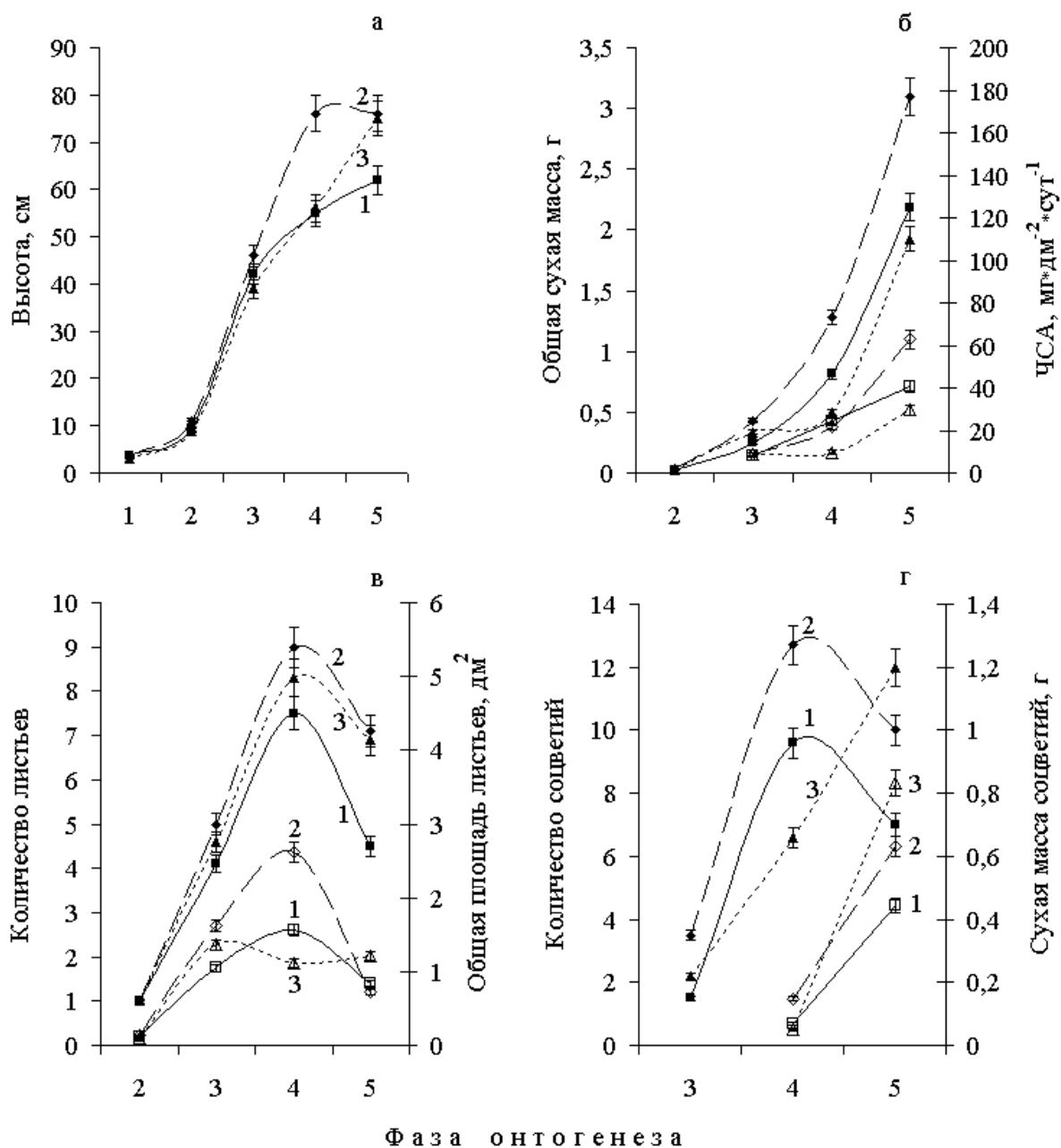
Действие ИД было индуктором изменений в меристемах, в частности, привело к увеличению размеров конусов нарастания и количества листовых валиков (табл.). Апексы стеблей являются местом структурных и метаболических изменений, приводящих к переходу растений от вегетативного состояния к генеративному и определяющие в итоге продуктивность растений.

Наибольшая скорость роста (рис. 2 а) обнаружена в фазу бутонизации. Высота растений и скорость роста при ИД 11 МПа были выше, чем в контроле, а при ИД 29 МПа – ниже, но у кривой отсутствовало плато. Действие ИД 11 МПа привело к активизации роста стебля и накоплению в нем

ассимилятов – созданию «промежуточно-го акцептора», пластические вещества которого по мере необходимости могут быть израсходованы [3]. При действии ИД 29 МПа питательные вещества экономно расходовались на рост стебля, но такой медленный рост продолжался в течение всего онтогенеза, а к его завершению высота растений оказалась больше, чем в контроле. Аналогично происходило накопление сухой массы (рис. 2 б, темные маркеры).

На растениях, обработанных ИД, количество листьев (рис. 2 в, темные маркеры) возросло относительно контроля, а в фазу плодоношения опадало меньше листьев. Общая площадь листьев (рис. 2 в, светлые маркеры) зависела от количества листьев и от площади отдельных листьев. В фазах 2-3 на растениях, обработанных ИД, формировались более крупные листья, чем в контроле. При ИД 29 МПа в фазу цветения и при ИД 11 МПа в фазу плодоношения опадали более крупные (нижние) листья, а образовались более мелкие, в связи с чем общая площадь листовой поверхности уменьшилась.

Увеличение количества листьев под влиянием ИД было связано с формированием большего числа метамеров главного побега, боковых побегов 1-го и последую-



**Рис. 2 – Действие ИД на рост растений гречихи.**  $M \pm m$ ;  $n = 4$ . Фазы онтогенеза обозначены: 1 – 3 сут, 2 – 1-й настоящий лист, 3 – бутонизация, 4 – цветение, 5 – плодоношение. Кривые 1, 2, 3 – соответственно контроль, 11 МПа, 29 МПа; темные маркеры – графики построены по левой оси X, светлые – по правой.

щих порядков. У гречихи за счет ветвления развивается ассимилирующая поверхность и образуется подавляющее число соцветий [7]. Для нее характерно формирование огромного количества соцветий в течение длительного времени. Число плодов стабилизируется к 90-100 сут [7].

В контроле и при ИД 11 МПа в фазу цветения образовалось такое количество

соцветий (рис. 2 г, темные маркеры), какое растение не могло обеспечить пластическими веществами, и часть соцветий сбрасывалась. ИД 11 МПа способствовало увеличению количества соцветий (рис. 2 г, темные маркеры) и их сухой массы относительно контроля (рис. 2 г, светлые маркеры). ИД 29 МПа привело к тому, что соцветия образовывались с постоянной скоростью в течение

соответствующих фаз. Пластические вещества расходовались более экономно, что позволило обеспечить наибольшее количество (рис. 2 г, темные маркеры) и сухую массу (рис. 2 г, светлые маркеры) соцветий.

Накопление сухого вещества определяется чистой скоростью ассимиляции (ЧСА). Как видно из рис. 2 б (светлые маркеры), у растений, обработанных ИД 11 МПа, ЧСА не отличалась от контроля в фазу бутонизации и цветения, но возросла в фазу плодоношения. Под действием ИД 29 МПа ЧСА и сухая масса растения были ниже, чем в контроле. Поскольку сухая масса растений, обработанных ИД 11 МПа, наибольшая, они имеют запас резервных веществ. Напротив, при ИД 29 МПа замедлено накопление сухого вещества по сравнению с контролем, поэтому причины повышения продуктивности иные. Увеличение массы соцветий (рис. 2 г, светлые маркеры) и плодов (табл.) было связано с оттоком ассимилятов из листьев (рис. 2 в).

Продуктивность растений гречихи в результате обработки ИД 11 и 29 МПа увеличилась соответственно на 17% и 59% за счет созревания большего количества плодов (табл.). При ИД возросло число невызревших плодов в 4 и более раз. Масса 1000 плодов не изменилась. На главном побеге количество плодов было одинаковым, а на боковых побегах возросло относительно контроля, причем доля плодов на них увеличилась с повышением ИД.

Таким образом, обнаружены две стратегии повышения продуктивности растений под действием ИД. Малые дозы (11 МПа) нелетальны, приводят к общему усилению жизнедеятельности и повышению продуктивности на 14-20% [2]. Доля хозяйственного урожая соответствует контролю. Высокие дозы (29 МПа) приводят к гибели до 50% семян, а у выживших растений изменяются отношения между донорами и акцепторами. Растение накапливает меньше сухого ве-

щества, а в фазе цветения и плодоношения мобилизует резервы для формирования урожая. Величина хозяйственного урожая возрастает почти в два раза по сравнению с контролем. Видимо, этот феномен обеспечивает выживание растения, поэтому увеличение продуктивности является более существенным. ИД эффективно в создании условий, благоприятствующих формированию плодов на соцветиях гречихи.

#### Библиографический список

1. Атрощенко, Э.С. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур / Атрощенко Э.С., Хрянин В.Н., Атрощенко Е.Э., Теплов А.Д., Розен А.Е., Ионова А.Н. – Патент RU 2083073 C1 6A01 C 1/00 A01 G 7/04 // Б.И. – 1997. – № 19
2. Нефедьева, Е.Э. Содержание фитогормонов, рост и развитие растений гречихи под действием импульсного давления / Е.Э. Нефедьева, Н.Г. Мазей, А.А. Мирошниченко, В.Н. Хрянин // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – № 1. – С. 54-61
3. Мокроносов, А.Т. Фотосинтез: Физиолого-экологические и биохимические аспекты / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: Academia, 2006. – 448 с
4. Neumann, D. Heat shock and other stress response systems of plants / D. Neumann, L. Nover, B. Parthier, R. Rieger, R.D. Scharf, R. Wollgiehn, U. Zur Nieden // Biol. Zentralbl. – 1989. – Bd. 108, № 6. – S. 1-155.
5. Савин, В.Н. Действие ионизирующего излучения на целостный растительный организм / В.Н. Савин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 120 с
6. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.- Введ. 01.07.86.
7. Алексеева Е.С., Паушева З.П. Генетика, селекция и семеноводство гречихи. – Киев: Выща школа, 1988 – 208 с.