

## Влияние комплексного препарата микроэлементов ОЖЗ на морфогенез растений картофеля *in vitro*

*А.Л. Бакунов, к.с.-х.н., С.Л. Рубцов, н.с., А.В. Милехин, к.с.-х.н., Н.Н. Дмитриева, ст.н.с., С.Н. Шевченко, чл.-корр. РАН, д.с.-х.н., ФГБНУ Самарский НИИСХ*

Важнейшим фактором повышения урожайности картофеля и интенсификации отрасли картофелеводства является качество семенного материала. В настоящее время для получения оздоровленного семенного материала высших репродукций наиболее широко используется метод, основанный на вычленении апикальной меристемы с последующим выращиванием регенерантов, полностью свободных от различных патогенов, при их размножении в условиях *in vitro*. Одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие меристемных растений картофеля, является питательная среда, содержащая необходимые для роста и развития растений макро- и микроэлементы, витамины, углеводы и регуляторы роста. Основой для микроклонального размножения картофеля является питательная среда Мурасиге-Скуга [1] в различных модификациях. Однако продолжает оставаться актуальным вопрос повышения эффективности процесса воспроизводства оздоровленного материала картофеля путём изменения параметров культивирования, подбора оптимального сочетания компонентов питательной среды и создания новых питательных сред, в том числе применительно и для конкретных сортов картофеля. Так, Е.П. Мякишева и др. [2] для модификации питательной среды МС использовали витаминный комплекс из тиамин, пиридоксина и никотиновой кислоты. Авторами установлено, что для достижения максимальных показателей роста и развития регенерантов различных сортов необходимо применение различных концентраций витаминного комплекса. Экспериментально показана возможность выращивания растений картофеля в меристемной культуре при увеличении концентрации сахарозы в питательной среде Мурасиге-Скуга до 4% [3]. Использование питательной среды с концентрацией гиббереллиновой кислоты более 1 мг/л приводит к увеличению длины микрорастений и количества междоузлий [4]. У сортов Ермак, Алена и Хозяюшка наблюдались более эффективные ростовые процессы в условиях *in vitro* при использовании питательной среды Мурасиге-Скуга с добавлением 0,005 мг/л феруловой кислоты [5], которая является активатором ИУК-оксидазы, а также ингибирует действие вирусов растений [6].

Довольно существенным недостатком использования различных модификаций среды Мурасиге-Скуга является постоянная необходимость приготовления растворов макро- и микросолей, включающих по 12–15 компонентов, что увеличивает

затраты труда. При этом микроэлементы являются важнейшим компонентом питательной среды, они входят в состав ферментов дыхания, фотосинтеза, белкового и углеродного обмена растений, а также повышают их устойчивость к стрессовым факторам среды.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования являлись меристемные микрорастения картофеля сортов Капри (ранний), Фелокс (ранний), Жигулёвский (среднеранний), Кроне (среднеранний) и Гранд (среднепоздний). По 40 микрорастений каждого сорта выращивались при 16-часовом фотопериоде в течение 30 суток. Было проведено три цикла выращивания. В вариантах опыта в питательную среду вместо стандартного раствора микроэлементов вносился в различных концентрациях комплексный препарат ОЖЗ производства НВП «Башинком». Указанный препарат содержит в хелатной форме следующие микроэлементы: Cu – 0,12%, B – 0,028%, Mn – 0,36%, Zn – 0,09%, Mg – 0,05%, Mo – 0,08%, Co – 0,016%.

Варианты опыта предусматривали разную концентрацию препарата ОЖЗ на 1 л питательной среды: I – 1 мг/л; II – 2 мг/л; III – 4 мг/л; IV – стандартная среда Мурасиге-Скуга в модификации Украинского НИИКХ (контроль).

По окончании каждого пассажа фиксировались показатели, характеризующие развитие регенерантов: длина микрорастений и количество междоузлий на одно микрорастение. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову [7].

**Результаты исследования.** Анализ полученных экспериментальных данных показал, что показатели роста и развития микрорастений картофеля с высокой степенью достоверности различались как между генотипами, так и между вариантами опыта с использованием модифицированной питательной среды.

Длина растений картофеля *in vitro* является одним из основных факторов, характеризующих их качество. По этому показателю не выявлено достоверных различий между контролем и вариантами опыта, имеется лишь тенденция к некоторому увеличению длины растений. Так, в контрольном варианте средняя длина микрорастений по всем изученным сортам составляла 9,07 см, а в вариантах с добавлением в питательную среду препарата ОЖЗ в концентрациях 1; 2 и 4 мг/л – 9,11; 9,30 и 9,29 см соответственно. Таким образом, максимальная средняя длина регенерантов выявлена в варианте с применением ОЖЗ в концентрации 2 мг/л (табл. 1).

Изменчивость признака длины меристемных растений в высокой степени была обусловлена генотипическими факторами, на которые приходилось 55,1% от общего варьирования признака. При

этом максимальной средней длиной микрорастения по всем вариантам опыта характеризовались сорта Гранд (10,32 см) и Капри (10,25 см) (табл. 1). Влияние средовых факторов на варьирование длины микрорастений картофеля было недостоверным и составляло лишь 0,7%. Однако взаимодействие генотипических и средовых факторов было существенным и обусловило 44,2% варьирования признака.

Следовательно, выявлена ярко выраженная сортовая реакция микрорастений картофеля на модификацию питательной среды Мурасиге-Скуга посредством препарата ОЖЗ. Так, длина регенерантов сорта Гранд была достоверно выше контрольного значения во всех вариантах опыта. Длина регенерантов сортов Фелокс и Кроне достоверно превосходила контроль в вариантах с концентрацией ОЖЗ 2 и 4 мг/л. Микрорастения сорта Жигулевский во всех вариантах опыта не имели достоверного различия с контролем по длине, а длина микрорастений сорта Капри, напротив, была достоверно ниже контроля во всех вариантах (табл. 1).

Важнейшей характеристикой, необходимой для оценки количества черенков, которые могут быть получены с микрорастения и, следовательно, для последующего прогнозирования коэффициента размножения, является количество междоузлий на одно растение картофеля *in vitro*. При анализе этого показателя установлено, что среднее количество междоузлий существенно превосходило

контрольный вариант во всех вариантах опыта. Максимальный показатель отмечен при применении питательной среды с добавлением ОЖЗ в концентрации 4 мг/л – 9,04 междоузлия на одно микрорастение. В вариантах с концентрацией ОЖЗ 1 и 2 мг/л этот показатель составлял 8,44 и 8,98 междоузлий, а в контрольном варианте – 7,82 междоузлия на одно микрорастение (табл. 2). При этом достоверного различия между вариантами с применением ОЖЗ концентрации 2 и 4 мг/л не выявлено.

Вариабельность количества междоузлий на одно растение находилась в достоверной зависимости от влияния генотипа, среды и от их взаимодействия. Генотипическими факторами было обусловлено 76,5% дисперсии признака, факторами среды – 15,7%, их взаимодействием – 7,8%.

Регенеранты практически всех сортов во всех вариантах опыта достоверно превосходили по количеству междоузлий контрольный вариант. Исключение составил лишь сорт Капри, количество междоузлий на микрорастениях которого было на уровне контрольного варианта. При этом вновь отмечена сортовая реакция на условия выращивания. Так, микрорастения сортов Жигулёвский, Фелокс и Кроне имели максимальное количество междоузлий при концентрации ОЖЗ в питательной среде 4 мг/л, а сорта Гранд и Капри – при концентрации 2 мг/л.

Следует отметить, что максимально выраженной положительной реакцией на модификацию пита-

#### 1. Длина меристемных растений картофеля при выращивании на питательных средах с добавлением препарата ОЖЗ в различных концентрациях, см

Сорт	Длина растений, см				Среднее по фактору А (генотип), см
	концентрация ОЖЗ, мг/л				
	1	2	4	контроль, среда МС	
Жигулёвский	8,91	8,72	9,36	9,03	9,00
Гранд	11,14*	11,22*	10,36*	8,58	10,32
Капри	10,06	9,43	9,00	12,52	10,25
Фелокс	7,24	8,54*	8,82*	7,54	8,03
Кроне	8,19	8,58*	8,89*	7,69	8,33
Среднее по фактору В, (среда), см	9,11	9,30	9,29	9,07	

Примечание: НСР<sub>05</sub> для любых средних – 0,77 см; НСР<sub>05</sub> по фактору А (генотип) – 0,39 см; \*достоверное различие с контрольным вариантом

#### 2. Количество междоузлий у меристемных растений картофеля при выращивании на питательных средах с добавлением препарата ОЖЗ в различных концентрациях

Сорт	Количество междоузлий, шт.				Среднее по фактору А (генотип), см
	концентрация ОЖЗ, мг/л				
	1	2	4	контроль, среда МС	
Жигулёвский	8,68*	8,87*	9,54*	8,18	8,82
Гранд	9,17*	10,17*	9,59*	7,72	9,16
Капри	8,00	8,41	8,18	8,42	8,25
Фелокс	9,75*	10,44*	10,59*	8,95	9,93
Кроне	6,58*	7,03*	7,30*	5,83	6,87
Среднее по фактору В, (среда), см	8,44*	*8,98	9,04*	7,82	

Примечание: НСР<sub>05</sub> для любых средних – 0,48 шт.; НСР<sub>05</sub> по фактору А (генотип) – 0,24 шт.; НСР<sub>05</sub> по фактору В (среда) – 0,21 шт.; \*достоверное различие с контрольным вариантом

тельной среды характеризовался среднеспелый сорт Гранд, микрорастения которого достоверно превосходили контроль по двум исследуемым параметрам во всех вариантах опыта. Закономерности в реакции сортов ранней и среднеранней групп не выявлено. Регенеранты раннеспелого сорта Капри имели минимальные показатели исследуемых признаков во всех вариантах опыта (длина микрорастений достоверно ниже контроля, количество междоузлий на уровне контроля). Однако микрорастения раннеспелого сорта Фелокс достоверно превосходили контроль по длине в двух вариантах опыта, а по количеству междоузлий – во всех вариантах. Микрорастения среднераннего сорта Жигулёвский во всех вариантах опыта характеризовались длиной на уровне контроля, а по количеству междоузлий превосходили контроль также во всех вариантах. Реакция на модификацию питательной среды регенерантов среднераннего сорта Кроне была аналогична таковой у раннеспелого сорта Фелокс.

Таким образом, на основе полученных данных можно сделать предварительный вывод, что модификация питательной среды Мурасиге-Скуга с использованием комплексного препарата микроэлементов ОЖЗ оказала максимально положительное влияние на меристемные микрорастения среднеспелой группы. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения с анализом реакции как можно большего количества сортов картофеля различных групп спелости.

### Выводы

1. Показана принципиальная возможность роста и развития меристемных растений картофеля при использовании комплексного препарата микроэлементов ОЖЗ. Такая модификация питательной среды позволит снизить затраты труда, исключив отдельное приготовление растворов солей каждого микроэлемента.

2. Использование препарата ОЖЗ не влияло на среднюю длину меристемных растений картофеля в вариантах опыта. Однако выявлена ярко выраженная генотипическая реакция на модификацию питательной среды.

3. Применение препарата ОЖЗ в концентрациях 2 и 4 мг на 1 л питательной среды способствовало максимальному развитию междоузлий у микрорастений картофеля с достоверным превышением этого показателя в контрольном варианте.

4. Вариабельность количества междоузлий находилась в достоверной зависимости от генотипических и средовых факторов, а также от их взаимодействия.

5. Максимальная положительная реакция на модификацию питательной среды отмечена у микрорастений среднеспелого сорта Гранд.

6. В целях оптимизации и повышения эффективности производства оздоровленных микрорастений картофеля можно рекомендовать использование в качестве компонента питательной среды Мурасиге-Скуга комплексного препарата микроэлементов ОЖЗ в концентрациях 2 или 4 мг на 1 л среды. Однако в связи с различной реакцией генотипов картофеля использовать модифицированную питательную среду рекомендуется после предварительного изучения реакции на неё растений каждого конкретного сорта.

### Литература

1. Трофимец Л.Н., Бойко В.В., Анисимов Б.В. и др. Безвирусное семеноводство картофеля (рекомендации). М.: ВО «Агропромиздат». 1990. С. 6–10.
2. Мьякишева Е.П., Дурникин Д.А., Таварткиладзе О.К. Изучение влияния витаминов на морфогенез растений-регенерантов картофеля *in vitro* в целях интенсификации производства элитного посадочного материала // Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. № 6 (2). С. 166–173.
3. Черемисин А.И., Купман В.Н. Влияние состава питательной среды при микроклональном размножении сортов и гибридов картофеля // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (28). С. 87–91.
4. Ходаева В.П., Куликова В.И. Размножение сортов картофеля в культуре *in vitro* на различных питательных средах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 66–68.
5. Киргизова И.В., Гаджимурадова А.М., Калиев Н.Б. Математическое моделирование динамик ростовых процессов картофеля *in vitro* при использовании различных вариантов питательных сред на основе динамических моделей обработки рядов // Омский научный вестник. 2017. № 5 (155). С. 168–174.
6. Wu Z., Zhang J., Chan J. Design, synthesis, antiviral bioactivity and three dimensional quantitative structure-activity relationship study of novel ferulic acid ester derivatives containing quinazoline moiety // Pest Management Science. 2017. P. 1–11.
7. Дослехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985.