



УДК 57.085:634.73:547-314

О. А. КУДРЯШОВА, А. А. ВОЛОТОВИЧ, Е. В. САХВОН, О. А. ЕРМАК

СОРТОСПЕЦИФИЧНОСТЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ БИОПРОДУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ У РЕГЕНЕРАНТОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. *IN VITRO* НА СРЕДАХ РАЗНОГО ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА

Приведены результаты сравнительного анализа изменчивости коэффициентов размножения и высоты регенерантов шести сортов голубики высокой *in vitro* на питательных средах WPM и Андерсона, различающихся по гормональному составу, в диапазоне исследуемых концентраций цитокининов: 0,5–2,0 мг/л зеатина и 2,5–5,0 мг/л 6-(γ , γ -диметилаллил-амино)пурина (2iP). Установлено достоверное влияние факторов генотип и тип микро-, макросолевого основы питательной среды (WPM или Андерсона) на изменчивость исследуемых признаков при высоких (до 83 %) показателях доли влияния генотипа. На основании результатов исследований для размножения сортовой голубики высокой *in vitro* предлагается использовать среду Андерсона в сочетании с относительно низкими концентрациями цитокининов: 0,5–1,0 мг/л зеатина либо 2,5–5,0 мг/л 2iP.

Ключевые слова: *Vaccinium corymbosum* L.; Northland; Legacy; Bluecrop; Brigitta blue; Northblue; Northcountry; клональное микроразмножение *in vitro*; цитокинины.

Results of the comparative analysis of variability of reproduction factors and height of regenerants of six high-bush blueberry cultivars *in vitro* on nutrient mediums of WPM and Anderson, differing on hormonal structure, in a range of investigated concentration of cytokinins – 0,5–2,0 mg per liter of zeatin or 2,5–5,0 mg per liter of 2-isopentenyladenine – are resulted. Authentic influence of genotype and medium-type factors on variability of investigated traits is established with high sign of genotype influence (up to 83 %). On the basis of investigation results it is offered to use the Anderson medium in a combination with low concentration of cytokinins (0,5–1,0 mg per liter of zeatin or 2,5–5,0 mg per liter of 2-isopentenyladenine) for reproduction of high-bush blueberry cultivars *in vitro*.

Key words: *Vaccinium corymbosum* L.; high-bush blueberry cultivars; Northland; Legacy; Bluecrop; Brigitta blue; Northblue; Northcountry; clonal micropropagation *in vitro*; cytokinins.

Голубика высокая (*Vaccinium corymbosum* L.) – перспективный вид для промышленного культивирования в южной агроклиматической зоне Республики Беларусь [1].

Клональное микроразмножение видов рода *Vaccinium*, в частности *V. corymbosum* L., экономически выгодный промежуточный этап комплексной технологии производства качественного посадочного материала в промышленных объемах [2].

Процесс собственно клонального микроразмножения растений рода *Vaccinium in vitro* предполагает стимуляцию усиленного образования и роста побегов у эксплантов, чаще всего представляющих собой фрагменты побега из двух-трех метамеров, на агаризованных, питательных средах с макро- и микроэлементами, витаминами, углеводами, гормональными добавками (с обязательным преобладанием цитокининов) и иными органическими соединениями в оптимальной для формирования полноценных побегов концентрации [3]. Как правило, при этом используются 2 основных типа среды – Woody Plant Medium (WPM) либо Андерсона [4], из цитокининов – либо зеатин [5, 6], либо 6-(γ , γ -диметилаллиламино)пурин [3, 5, 6], из ауксинов – индолилуксусная [3] либо индолилмасляная кислота [5].

Данные разных авторов о микроразмножении *V. corymbosum* L. *in vitro* на различающихся по гормональному составу средах противоречивы [3, 5, 6]. В исследованиях отечественных ученых [3] сравнительная характеристика регенерационного потенциала у 14 сортов *V. corymbosum* L. *in vitro* на агаризованных, питательных средах WPM и Андерсона указывает на то, что тип среды не оказывает существенного влияния на изменчивость показателей данного признака. Величина регенерационного потенциала в большей мере связана с концентрацией и соотношением применяемых гормонов – цитокининов и ауксинов. При этом оптимальным считается соотношение 5 мг/л 6-(γ , γ -диметилаллиламино)пурина к 1 мг/л индолилуксусной кислоты, которое обеспечивает относительно низкий регенерационный потенциал экспланта, но сохраняет морфологические качества побегов у регенеранта (толщина стебля, длина междоузлий, форма и размеры листовой пластинки).

Повышение концентрации 6-(γ , γ -диметилаллиламино)пурина до 20 мг/л в составе питательной среды приводит к существенному увеличению количества побегов у регенеранта (рост регенерационного потенциала) [3, 5]. При этом у побегов наблюдаются некрозы апекса, мелколистность, желтеют края листовых пластинок, т. е. изменяется их качество.

Учитывая тот факт, что цитокинины являются дорогостоящими гормонами, возникает необходимость подбора в составе питательных сред таких предельно низких концентраций цитокининов, которые позволят сбалансировать величину регенерационного потенциала у экспланта с качеством побегов и временем получения регенеранта. При этом будут существенно минимизированы затраты на производство одного регенеранта. Задача осложняется тем, что концентрация и тип используемого цитокинина будет каждый раз определяться генотипом сорта.

В настоящей статье приведены результаты сравнительного анализа регенерационной активности у эксплантов шести сортов голубики высокой *V. corymbosum* L. *in vitro* на питательных, агаризованных средах с органическими соединениями, на макро-, микросолевого основе WPM и Андерсона, различающихся по гормональному составу.

Исследования проводили на базе биотехнологической лаборатории НИЛ клеточных технологий в растениеводстве Полесского государственного университета в феврале – мае 2011 г.

В качестве объекта исследований использовали размножаемые *in vitro* регенеранты (экспланты) шести сортов Northland, Legacy, Bluecrop, Brigitta blue, Northblue, Northcountry голубики высокой *V. corymbosum* L. Общее количество анализируемых регенерантов каждого сорта для каждого варианта опыта составило не менее 90 шт. из расчета по 30 регенерантов на одну стеклянную емкость в трехкратной повторности. Общее количество регенерантов каждого сорта для каждого варианта опыта в эксперименте составило не менее 150 шт. (пять стеклянных емкостей по 30 регенерантов в каждой).

Регенеранты получали в результате культивирования эксплантов (состоящих из двух метамеров) в колбах конических (объемом по 100 мл) с 25 мл стерильной агаризованной питательной среды на микро-, макросолевого основе, с органическими соединениями (кроме фитогормонов) либо WPM, либо Андерсона [3, 4], содержащей фитогормоны, в соответствии с приведенными ниже вариантами опыта.

Для сортов Northland, Legacy, Brigitta blue:

1) контроль – основа WPM: 5,0 мг/л 6-(γ , γ -диметилаллиламино)пурина (2iP) совместно с 1,0 мг/л индолилуксусной кислоты (ИУК);

2) основа WPM: 2,5 мг/л 2iP;

3) основа WPM: 5,0 мг/л 2iP;

4) основа Андерсона: 0,5 мг/л зеатина;

5) основа Андерсона: 1,0 мг/л зеатина;

6) основа Андерсона: 2,0 мг/л зеатина.

Для сортов Bluecrop, Northblue, Northcountry:

1) контроль – основа WPM: 5,0 мг/л 2iP совместно с 1,0 мг/л ИУК;

2) основа Андерсона: 0,5 мг/л зеатина;

3) основа Андерсона: 5,0 мг/л 2iP.

Учет анализируемых признаков – высоты регенерантов, коэффициентов размножения (КП – количество побегов у регенеранта, развившихся из одного экспланта; KP_3 – количество полноценных эксплантов для последующего размножения, получаемых из одного регенеранта) проводили через 8–10 недель культивирования на стеллажах световой установки культурального помещения биотехнологической лаборатории при температуре +25 °С, фотопериоде день/ночь – 16 ч/8 ч, освещенности 6000 лк (4 люминесцентные лампы OSRAM L36W/76 Natura), относительной влажности воздуха 70 %.

Общий математический анализ данных проводили по стандартным методам вариационной статистики [7] с использованием программы статистического анализа данных STATISTICA 6.0 [8]. Двухфакторный дисперсионный анализ данных и расчет доли влияния факторов на изменчивость исследуемых признаков проводили в программе статистического анализа AB-Stat 1.0, разработанной в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси [9].

Результаты анализа изменчивости признаков у регенерантов сортов Northland, Legacy, Brigitta blue приведены в табл. 1.

Наиболее высокие показатели коэффициента размножения КП наблюдались у сорта Brigitta blue на среде WPM с 5 мг/л 2iP и 1 мг/л ИУК (контроль); на среде Андерсона с 2 мг/л зеатина – 4,3 и 4,2 соответственно. У сорта Northland наблюдалось достоверное повышение КП с увеличением концентрации зеатина в составе среды Андерсона, максимальное при 2 мг/л зеатина – 1,86, что в 1,22 раза превышало значение КП в контроле. Следует также отметить, что отсутствие ИУК в составе среды WPM также приводило к увеличению показателей КП у регенерантов сорта Northland (достоверному при 5 мг/л 2iP) по сравнению с контролем. У регенерантов сорта Legacy во всех исследуемых вариантах эксперимента наблюдалось достоверное и существенное (в 1,3–1,5 раза) увеличение показателей КП по сравнению с контролем.

Таблица 1

Изменчивость биопродукционных параметров у регенерантов сортов Northland, Legacy и Brigitta blue голубики высокой *in vitro*

Вариант опыта	Northland			Legacy			Brigitta blue		
	КП	ВР	КР ₃	КП	ВР	КР ₃	КП	ВР	КР ₃
Контроль WPM (2P ₅₀ +ИУК ₁₀)	1,53±0,07	2,78±0,11	3,59±0,12	1,56±0,04	3,29±0,12	4,90±0,08	4,32±0,26	1,72±0,05	3,11±0,36
WPM (2P _{2,5})	1,66±0,03	3,04±0,16**	3,72±0,11	1,72±0,05*	3,43±0,08*	5,33±0,25*	3,60±0,28**	2,20±0,08**	4,06±0,39**
WPM (2P ₅₀)	1,83±0,11**	2,14±0,06**	3,94±0,11*	1,83±0,05**	2,52±0,03**	5,28±0,11*	3,99±0,02**	1,80±0,04	2,97±0,08
AN (Z _{0,5})	1,49±0,06	2,59±0,05**	3,99±0,19*	2,16±0,07**	2,97±0,11**	6,94±0,35**	2,74±0,22**	1,93±0,17**	5,94±0,44**
AN (Z _{1,0})	1,70±0,13*	2,52±0,18**	4,26±0,48**	2,18±0,13**	2,16±0,16**	5,16±0,29	3,35±0,19**	1,63±0,05	6,72±0,29**
AN (Z _{2,0})	1,86±0,09**	1,81±0,08**	3,68±0,21	2,25±0,09**	1,88±0,04**	4,84±0,15	4,23±0,05	1,79±0,16	9,07±0,46**
НСР _{0,05}	0,16	0,12	0,33	0,16	0,12	0,33	0,16	0,12	0,33
НСР _{0,01}	0,21	0,16	0,45	0,21	0,16	0,45	0,21	0,16	0,45

Примечание. * Значимо при $P < 0,05$; ** значимо при $P < 0,01$; КП – коэффициент размножения как количество побегов у одного регенеранта, шт.; КР₃ – коэффициент размножения как количество эксплантов, пригодных для пассажа и формируемых у одного регенеранта; ВР – высота растений, см (то же для табл. 2–4).

Таблица 2

Трёхфакторный дисперсионный анализ изменчивости биопродукционных параметров у регенерантов сортовой голубики высокой *in vitro*

ИВ	df	КП		ВР		КР ₃	
		СК	ДВ, %	СК	ДВ, %	СК	ДВ, %
Общее	53	0,990	–	0,338	–	2,467	–
Фактор А	2	21,799**	83,079	3,598**	40,177	13,499**	20,651
Фактор В	1	0,001	0,002	2,196**	12,263	129,913**	23,917
АхВ	2	1,174**	4,474	0,448**	5,000	77,183**	28,419
Фактор С	2	0,684**	2,605	1,708**	19,072	0,891	0,328
АхС	4	0,139	1,057	0,409**	9,135	9,240**	6,805
ВхС	2	0,389**	1,484	0,557**	6,217	3,636*	1,339
АхВхС	4	0,479**	3,650	0,041	0,912	16,212**	11,939
Повторности	2	0,028	0,108	0,115	1,287	0,224	0,342
Случайные отклонения	34	0,055	3,541	0,031	5,937	0,241	6,259

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных; ИВ – источник варьирования; СК – средний квадрат; ДВ – доля влияния фактора (то же для табл. 3, 4); фактор А – сорта голубики высокой (Northland, Legacy и Brigitta blue); фактор В – микро-, макросреды питательной среды (WPM и Андерсона); фактор С – варианты питательных сред.

Таблица 3

Изменчивость биопродукционных параметров у регенерантов сортов Bluestor, Northblue и Northcountry голубики высокой *in vitro*

Вариант опыта	Bluestor			Northblue			Northcountry		
	КП	ВР	КР ₅	КП	ВР	КР ₅	КП	ВР	КР ₅
Контроль WPM (2P _{5,0} +ИУК _{1,0})	1,43±0,07	1,87±0,04	2,45±0,05	2,00±0,03	1,87±0,02	4,24±0,24	2,52±0,25	1,78±0,11	5,80±0,27
AN (Z _{0,5})	1,85±0,08	2,27±0,04**	3,99±0,02**	3,02±0,02**	1,57±0,04**	6,37±0,37**	3,20±0,70*	1,52±0,06**	7,04±1,44**
AN (2P _{5,0})	1,88±0,06	2,09±0,13**	4,21±0,11**	2,42±0,01	1,82±0,02	5,23±0,23	2,44±0,16	1,71±0,08	5,61±0,33
HCP _{0,05}	0,48	0,13	1,05	0,48	0,13	1,05	0,48	0,13	1,05
HCP _{0,01}	0,69	0,19	1,52	0,69	0,19	1,52	0,69	0,19	1,52

Таблица 4

Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости биопродукционных параметров у регенерантов сортовой голубики высокой *in vitro*

ИВ	df	КП		ВР		КР ₅	
		СК	ДВ, %	СК	ДВ, %	СК	ДВ, %
Общее	17	0,378	—	0,057	—	2,159	—
Фактор А	2	1,633**	50,798	0,275**	57,117	10,510**	57,272
Фактор В	2	0,759*	23,598	0,011	2,284	4,020*	21,909
АхВ	4	0,117	7,267	0,078**	32,299	0,654	7,131
Повторности	1	0,149	2,323	0,001	0,148	0,084	0,229
Случайные отклонения	8	0,129	16,014	0,010	8,153	0,617	13,460

Примечание. Фактор А – сорта голубики высокой (Bluestor, Northblue и Northcountry); фактор В – варианты питательных сред на микро-, макросолевой основе питательной среды WPM или Андерсона.

Анализ изменчивости коэффициента размножения KP_3 выявил (см. табл. 1), что в подавляющем большинстве наблюдается достоверное увеличение показателей данного признака в вариантах опыта по сравнению с контролем. Тем не менее наблюдались межсортовые различия по вариантам опыта. Наиболее высокие значения KP_3 наблюдались у сорта *Brigitta blue* на среде Андерсона с 2 мг/л зеатина – 9,07, что достоверно при $P < 0,01$ превышает контрольный показатель в 3 раза. С повышением концентрации зеатина (0,5–2,0 мг/л) в составе среды Андерсона показатели KP_3 изменялись прямо пропорционально и достоверно при $P < 0,01$ превышали контрольный показатель в 1,9–3,0 раза. Следует отметить, что при понижении концентрации 2iP в составе среды WPM до 2,5 мг/л, при отсутствии ИУК, наблюдалось достоверное повышение показателя KP_3 в 1,3 раза. Установленный эффект целесообразно использовать для минимизации затрат на производство регенерантов сортовой голубики высокой *in vitro* путем экономии дорогостоящих цитокининов, неизменно применяемых для побегообразования.

У регенерантов сорта *Legacy* на среде Андерсона, напротив, величина показателя KP_3 изменялась обратно пропорционально росту концентрации зеатина (0,5–2,0 мг/л) и достигала максимального значения, достоверно при $P < 0,01$ превышающего контрольный показатель в 1,4 раза, при концентрации зеатина 0,5 мг/л. В вариантах опыта на среде WPM с 2,5 мг/л и 5,0 мг/л 2iP наблюдалось достоверное при $P < 0,05$ превышение показателей KP_3 в 1,1 раза по сравнению с контролем.

У регенерантов сорта *Northland* наиболее высокие показатели KP_3 отмечены на среде Андерсона с 0,5 мг/л и 1,0 мг/л зеатина и на среде WPM с 5,0 мг/л 2iP. Ряд сортов в порядке убывания значений коэффициентов размножения имеет вид: *Brigitta blue* > *Legacy* > *Northland*.

По признаку «высота растений» у регенерантов сортов *Northland* и *Legacy* наблюдалась обратно пропорциональная зависимость величины признака от концентрации зеатина в составе среды Андерсона, при этом высота регенерантов достоверно при $P < 0,01$ уменьшалась по сравнению с контролем (см. табл. 1). На среде WPM с 2iP у этих же сортов высота регенерантов уменьшалась с увеличением концентрации 2iP – при 2,5 мг/л 2iP регенеранты были достоверно при $P < 0,01$ и $P < 0,05$ выше таковых в контроле, а при 5,0 мг/л 2iP – ниже. В случае сорта *Brigitta blue* регенеранты на среде WPM с 2,5 мг/л 2iP и на среде Андерсона с 0,5 мг/л зеатина были достоверно при $P < 0,01$ выше, чем в контроле.

Трехфакторный дисперсионный анализ выявил достоверное влияние генотипа на изменчивость всех исследуемых признаков – КП, ВР, KP_3 – с высокими долями влияния – 83 %, 40 % и 21 % соответственно (табл. 2). Тип среды оказывал достоверное влияние на изменчивость высоты регенерантов и коэффициента размножения KP_3 , а различные концентрации гормонов в составе сред – на изменчивость коэффициента размножения КП и высоты регенерантов. На изменчивость всех анализируемых признаков достоверное влияние оказывало взаимодействие фактора «тип среды (WPM, Андерсона)» либо с генотипом, либо с концентрацией гормонов в составе сред. Совокупность всех исследуемых факторов оказывала достоверное влияние на изменчивость коэффициентов размножения КП и KP_3 .

В табл. 3 приведены результаты анализа изменчивости признаков у сортов *Bluecrop*, *Northblue* и *Northcountry*. На среде Андерсона с 0,5 мг/л зеатина во всех исследуемых случаях, за единственным исключением (*Bluecrop*, КП), наблюдались достоверные отличия по сравнению с контролем. При этом коэффициенты размножения КП и KP_3 были достоверно при $P < 0,01$ и $P < 0,05$ выше таковых в контроле, а высота регенерантов сортов *Northblue* и *Northcountry* – достоверно при $P < 0,01$ ниже. Данные, приведенные в табл. 3, в целом согласуются с данными табл. 1. Тем не менее следует отметить достаточно высокие значения коэффициентов размножения (особенно KP_3) у сортов *Northblue* и *Northcountry*. Оба приведенных сорта представляют собой потомство от скрещивания голубики узколистной *Vaccinium angustifolium* L. и голубики высокой *Vaccinium corymbosum* L., так же как и сорт *Northland*. На однотипной по составу среде Андерсона с 0,5 мг/л зеатина значения KP_3 у сортов *Northblue* и *Northcountry* в 2 раза выше, чем у сорта *Northland* (см. табл. 1, 3). Увеличение коэффициентов размножения сорта *Bluecrop* на среде Андерсона либо в присутствии зеатина, либо в присутствии 2iP согласуется с данными других авторов [6].

Двухфакторный дисперсионный анализ установил высокодостоверное при $P < 0,01$ влияние генотипа на изменчивость всех исследуемых признаков с долей влияния 50–57 % в зависимости от исследуемого признака (табл. 4). Тип питательной среды, комбинирующей ту или иную микро-, макроэлементарную основу с разными гормонами, оказывал достоверное при $P < 0,05$ влияние на изменчивость коэффициентов размножения, а совокупность факторов – на изменчивость высоты регенерантов.

Обобщая экспериментальные данные, следует отметить тот факт, что для получения качественных регенерантов с умеренным количеством легко черенкуемых побегов достаточно содержание в составе среды цитокининов в умеренных и даже низких концентрациях. Повышение концентраций цитокининов в составе среды приводит к усиленному образованию побегов, большая часть из которых не способна служить источником полноценных эксплантов для дальнейшего размножения. Это определяется токсичностью высоких концентраций цитокининов, особенно 2iP [10].

Сравнительный анализ предпочтительности использования того или иного цитокинина – зеатина либо 2iP – свидетельствует о том, что больше побегов у регенерантов формируется на среде с зеатином.

Это согласуется с данными других исследователей, указывающих на предпочтительное использование 4 мг/л зеатина по сравнению с 10–15 мг/л 2iP на этапах инициации побегообразования при асептическом введении сортовой голубики высокой в культуру *in vitro* [11], либо 1 мг/л зеатина по сравнению с 5 мг/л 2iP при микроразмножении сортовой голубики высокой *in vitro* [12].

На основании результатов наших исследований для размножения сортовой голубики высокой *in vitro* рекомендуется использовать сочетание среды Андерсона с относительно низкими концентрациями цитокининов в зависимости от сорта, варьирующих в диапазонах: 0,5–1,0 мг/л для зеатина либо 2,5–5,0 мг/л для 2iP, а в качестве основного ориентира эффективности размножения – коэффициент размножения KP_3 как количество полноценных эксплантов, получаемых из одного регенеранта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рупасова Ж. А. Голубика высокорослая: оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси. Минск, 2007.
2. Волотович А. А. Результаты деятельности НИЛ клеточных технологий в растениеводстве УО «Полесский государственный университет» как модель развития прикладной биотехнологии на базе вуза // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы». Пинск, 2011. Ч. 1. С. 286–288.
3. Сидорович Е. А., Кутас Е. Н. Клональное микроразмножение новых плодово-ягодных растений. Минск, 1996.
4. Trigiano R. N., Gray D. J. Plant tissue culture concepts and laboratory exercises. US/MA, CRC Press LLC. 1999–2000.
5. Ostrolucka M. G., Gajdosova A., Ondruskova E., Libiakova G. In vitro propagation of several *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. cultivars // Agronomijas Vestis. Latvian Journal of agronomy. 2009. № 12. P. 75–80.
6. Fira A., Doina C., Badescu C. Aspects regarding the in vitro propagation of high-bush blueberry cultivar Bluecrop // Bulletin UASVM, Horticulture. 2008. Vol. 65. № 1. P. 104–109.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985.
8. Боровиков В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. СПб., 2001.
9. Анощенко Б. Ю. Программы анализа и оптимизации селекционного процесса растений // Генетика. 1994. Т. 30. С. 8–9.
10. Escher T., Noe N. Comparison between 2iP and zeatin in the micropropagation of high-bush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // ISHS Acta Horticulturae. 1989. Vol. 241. P. 185–190.
11. Reed B. M., Abdelnour-Eskivel A. The use of zeatin to initiate in vitro cultures of *Vaccinium* species and cultivars // HortScience. 1991. Vol. 26. № 10. P. 1320–1322.
12. Doina C., Fira A. The influence of zeatin and 2-isopentenyladenine upon the in vitro multiplication rate of the high-bush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // Bulletin USAMV–CN. 2007. Vol. 64. № 1-2. P. 724.

Поступила в редакцию 10.08.12.

Оксана Александровна Кудряшова – научный сотрудник НИЛ клеточных технологий в растениеводстве, ассистент кафедры биологии Полесского государственного университета (г. Пинск).

Антон Анатольевич Волотович – кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии Полесского государственного университета.

Елена Вячеславовна Сахвон – младший научный сотрудник НИЛ клеточных технологий в растениеводстве Полесского государственного университета.

Ольга Александровна Ермак – студентка 3-го курса биотехнологического факультета Полесского государственного университета.