

А.М. Гаджимурадова¹, И.В. Киргизова², Н.Б. Калиев³, Р.М. Турпанова¹

¹ Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

² Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

³ Казахстанский филиал Московского государственного университета им.М.В Ломоносова, Астана, Казахстан

(E-mail: ¹ aisarat3878@mail.ru, ² irina.kz-89@mail.ru, ³ nkaliev1@gmail.com, ¹ rauza_enu@mail.ru)

Математическое моделирование динамики процессов роста растений-регенерантов картофеля сортов казахстанской селекции «Альянс», «Бабаев» и «Нарли» в условиях *in vitro* на основе динамических моделей обработки рядов

Аннотация: В биологических науках методы математического моделирования в последнее время находят широкое применение. В частности, в биотехнологии растений имеет место применение различных по гормональному и витаминному составу питательных сред, которые требуют изучения их эффективности в процессе роста растений. Так, при микроклональном размножении измерение высоты пробирочных растений, длины и количества корней являются основными показателями эффективности питательной среды. В данной статье отражены данные по математическому моделированию процессов роста растений-регенерантов при выращивании их на различных питательных средах. В исследовании использовано 3 сорта картофеля казахстанской селекции «Нарли», «Бабаев», «Альянс».

Ключевые слова: питательная среда, микроклональное размножение, математическое моделирование, сингулярный спектральный анализ.

На сегодняшний день технология клонального микроразмножения широко применяется во всем мире для оздоровления растений (картофель, плодовые, ягодные, декоративные и лесные) от инфекции, для ускоренного размножения посадочного материала без влияния сезонности, для сохранения редких и исчезающих видов растений.

Коэффициент размножения при клональном микроразмножении достигает 1:1000000 и позволяет до 8 раз сократить получение новых растений и посадочного материала.

Для каждого сорта растений, в том числе для картофеля необходимо проводить подбор питательных сред для более эффективного культивирования на разных этапах получения растений-регенерантов (каллусогенез, гемогенез, ризогенез). Далее применяли методы математического моделирования процессов роста растений-регенерантов на различных питательных средах.

Математическое моделирование в работах отечественных ученых Лебедевой Н.В. и Ковалева А.И. применено в микроклональном размножении картофеля *in vitro* для оптимизации гормонального состава питательной среды и условий культивирования использовался регрессионный анализ [1,2].

В нашем исследовании для построения математической модели динамики ростовых процессов использовались методы сингулярного спектрального анализа (SSA) и аппроксимации (LA) [4,5].

При анализе полученных результатов прогнозирования, культивирования растений сортов картофеля «Нарли», «Бабаев» и «Альянс», которые были любезно предоставлены КазНИИКО (г.Алматы), построены графики зависимости высоты картофеля от времени культивирования, при выращивании растений на питательных средах с различным содержанием витаминов и фитогормонов. В качестве минеральной основы для среды использовали компонентный состав стандартной прописи среды Мурасиге-Скуга (Таблица 1).

Целью прогнозирования процесса является наблюдение и дальнейшее предсказание будущего значения измеряемых характеристик изучаемого объекта. При анализе различных рядов данных главной задачей являлась реконструкция динамической системы. В соответствии с теорией Такенса-Мане приемлемое описание фазового пространства динамической системы можно получить, если взять вместо реальных переменных системы,

Таблица 1 – Варианты питательных сред для микроклонального размножения картофеля *in vitro* на основе среды Мурасиге-Скуга (МС)

Компоненты	Варианты питательной среды Мурасиге – Скуга (МС) (мг/л)			
	МС (контроль)	МС-1	МС-2	МС-3
Минеральные компоненты	по МС	По МС	По МС	По МС
Тиамин	0,1	0,5	1,0	1,5
Пиридоксин	0,5	0,5	1,0	1,0
Аскорбиновая кислота	–	1,0	2,0	3,0
Мезоинозит	100	–	–	–
Глицин	2,0	–	–	–
Феруловая кислота	–	0,001	0,002	0,005
Кинетин	–	0,25	0,5	0,5
ИУК	-	0,05	0,1	0,2
Сахароза	30000	20000	25000	30000
Агар	7,0			
pH	5,6 – 5,8			

которые могут быть неизвестны, k -мерные векторы задержек, составленные из значений ряда в последовательные моменты времени [6].

При выполнении условия $k > 2d_e + 1$, где d_e – размерность вложений, можно реконструировать фазовое пространство системы.

Для определения величины k наиболее оптимальным является функциональный метод, по причине малого размера ряда.

Согласно использованию метода Грассбергера-Прокачия [7], необходимо построить через равные промежутки времени, τ , последовательность y_1, y_2, \dots, y_n , наблюдаемой величины $x(t)$ следующим образом:

$$x(t) = y_1, x(t + \tau) = y_2, \dots, x(t + (n - 1)\tau) = y_n \quad (1)$$

Далее, из имеющейся последовательности выбирали, начиная с некоторого номера n , произвольную подпоследовательность размера k , и рассматривали возможные векторы значений наблюдаемой величины:

$$w^n = (y_{n-k+1}, y_{n-k+2}, \dots, y_{n-1}, y_n) \quad (2)$$

Допустим, что динамика рассматриваемой системы описывается одним дифференциальным уравнением первого порядка. Тогда эта последовательность будет определяться единственным начальным значением y_1 , а все остальные $y_{n,n} > 1$, будут функционально зависеть от него:

$$y_{n+1} = f(w^n) \quad (3)$$

Для моделирования данного биотехнологического процесса оптимальным будет такое значение k , при котором расстояние будет стремиться к нулю, где размерность вложения d_e – это минимальное значение k . Значение k – размер вектора задержек, d_e – размерность вложений. Значение τ – равные промежутки времени, $r(n, n_0) = |f(w^n) - f(w^0)|$ – расстояние между векторами задержек.

На основании метода сингулярного спектрального анализа преобразовывали полученный скалярный ряд, содержащий n значений наблюдаемой величины, в матрицу задержек, в которой y_k, y_n – это значения наблюдаемой величины, которые составляют элементы вектора последовательности w_n :

$$(y_1, 2, \dots, y_n) > Y_{k*(n-K+1)} = \begin{pmatrix} y_k & y_{k+1} & \dots & y_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_2 & y_3 & \dots & y_{n-k+2} \\ y_1 & y_2 & \dots & y_{n-k+1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Размерность матрицы определяется количеством задержек k . В ходе построения матрицы задержек выбирается вид локального представления, т.е. вид функции, связывающей следующее значение ряда с предыдущими:

$$y_{t+1} = f(y_t, a), \quad (5)$$

где, a – вектор параметров представления, а y_t – это значения наблюдаемой величины.

В данном случае наиболее удобным вариантом является линейная аппроксимация первого порядка:

$$y_{t+1} = a_0 + ya \quad (6)$$

Далее выделяется локальная подобласть фазового пространства, в которой будет строиться прогноз данных. При решении данной задачи прогноз будет строиться на основе критерия вида:

$$|y_{n-k+1} - y_S| < \xi \quad (7)$$

где, ξ – является критерием выбора подобласти, это достаточно малое число, приблизительно равное 0.001, y_S – это некоторое значение наблюдаемой величины.

Параметры модели, а именно, вектор a , будет оцениваться методом наименьших квадратов (МНК). Оценка по методу наименьших квадратов для вектора a , обозначенного как \hat{a} , находится из следующих условий:

$$\hat{a} : \sum_{w_s} (y_{s+1} - f(y_s, \hat{a}))^2 \rightarrow \min \quad (8)$$

Оценив значения аппроксимации, строится прогноз следующего значения ряда $y_{t+1} = f(y_t, \hat{a})$, которое является результатом прогнозирования биотехнологического процесса.

Математическую обработку данных производили в программе Scilab 5.5.2, язык программирования С#. Язык программирования С# выбирался с требованием максимальной переносимости комплекта программ под различные операционные системы. Для создания графического интерфейса был использован Microsoft Visual Studio [8,9].

Результаты и их обсуждение. При микроклональном размножении картофеля сорта «Нарли» на питательной среде МС-1 с содержанием феруловой кислоты 0,001 мг/л, кинетина 0,25 мг/л, ИУК 0,05 мг/л, аскорбиновой кислоты 1,0 мг/л, тиамин 0,5 мг/л и пиридоксина 0,5 мг/л и сахарозы 20 000мг/л. максимальное значение высоты растений на 7 сутки составляло 4,1 см., на 14 сутки 6,0 см., на 21 сутки – 10,1 см. При культивировании растений на варианте питательной среды МС-2 с содержанием феруловой кислоты 0,002 мг/л, кинетина 0,5 мг/л, аскорбиновой кислоты 2,0 мг/л, тиамин 1,0 мг/л и пиридоксина 1,0 мг/л и сахарозы 25 000мг/л значение высоты растений составляло на 7 сутки - 4,3 см., на 14 сутки 6,3 см., на 21 сутки – 10,5 см, на среде МС-3 с содержанием 0,005 мг/л феруловой кислоты, 3,0 мг/л аскорбиновой кислоты, 0,5 мг/л кинетина, 0,2 мг/л ИУК, 1,5 мг/л тиамин, 1,0 мг/л пиридоксина и 30000 мг/л сахарозы – 4,5 см., 6,5 см, 10,7 см., на 7-е, 14-е, 21-е сутки соответственно. Данные показатели в контрольном варианте (безгормональная среда) составили - 3,0 см., 6,1 см., 10,0 см. В соответствии с полученными данными построена математическая модель динамики роста растений картофеля сорта «Нарли» (Рисунок 1).

Как видно из результатов исследований по высоте растений картофеля сорта «Нарли» положительное влияние оказывает среда МС-3 с большим содержанием феруловой кислоты, аскорбиновой кислоты, ИУК и кинетина.

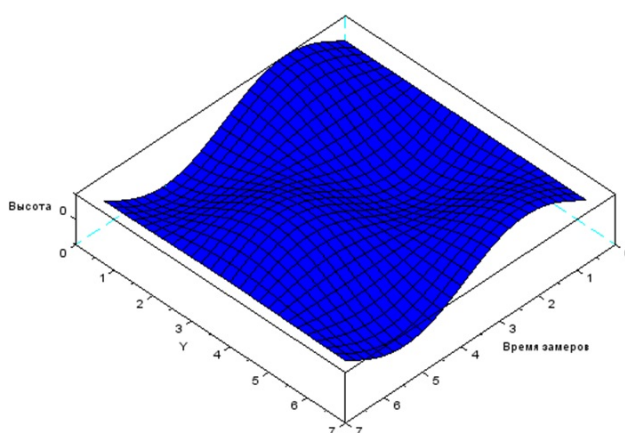
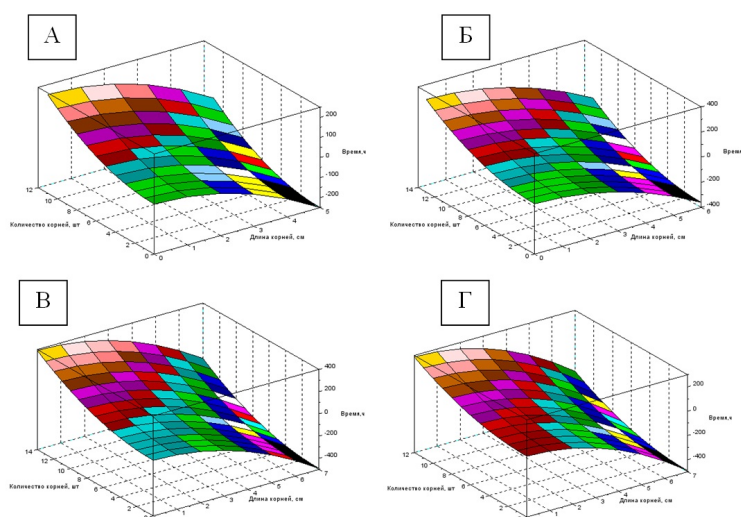


Рисунок 1 – Прогнозирование динамики роста растений-регенерантов в высоту сорта картофеля «Нарли» *in vitro*

Данная же среда оказала положительное влияние на количество и длину корней (Рисунок 2).



А – среда МС (контроль); Б – среда МС-1; В – среда МС-2; Г – среда МС-3

Рисунок 2 – Графики динамики роста корней в длину в зависимости от времени и условий культивирования сорта картофеля «Нарли» в условиях *in vitro*

Количество корней на 7 сутки варьировало в пределах 6-8 шт, на 14 сутки – 10-11 шт., на 21 сутки – 12-14 шт. на разных питательных средах. Максимальное значение длины корней отмечено на среде МС-3 – 7,8 см., тогда как в контрольном варианте данный показатель составил 6,9 см.

При изучении динамики роста растений-регенерантов сорта «Бабаев» на питательных средах МС-1, МС-2 и МС-3 также отмечена положительная динамика именно на среде МС-3, как и в случае с сортом «Нарли» (Рисунок 3).

Максимальное значение высоты побегов на среде МС-3 на 7, 14, 21 сутки составило – 4,3 см., 7,6 см., 12,4 см., соответственно. В контрольном варианте высота микропобегов на 7-е сутки составила 3,9 см., на 14-е сутки – 6,0 см., на 21-е сутки – 11,1 см.

По длине и количеству корней растения сорта «Бабаев» отличаются от сорта «Нарли», что соответствует его сортовым характеристикам. Так, на 7 сутки на среде МС-1 в среднем насчитывалось 7 корней, средняя длина которых составляла 2,5-3,0 см. на 14-е сутки – 9 шт. корней длиной 6,2-7,1 см. На 21-е сутки максимальное значение по количеству корней

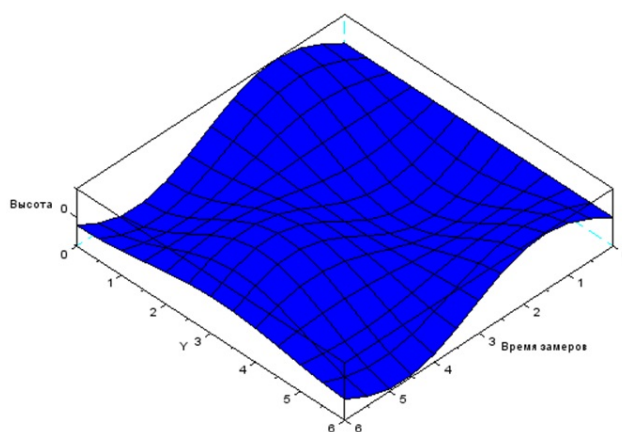
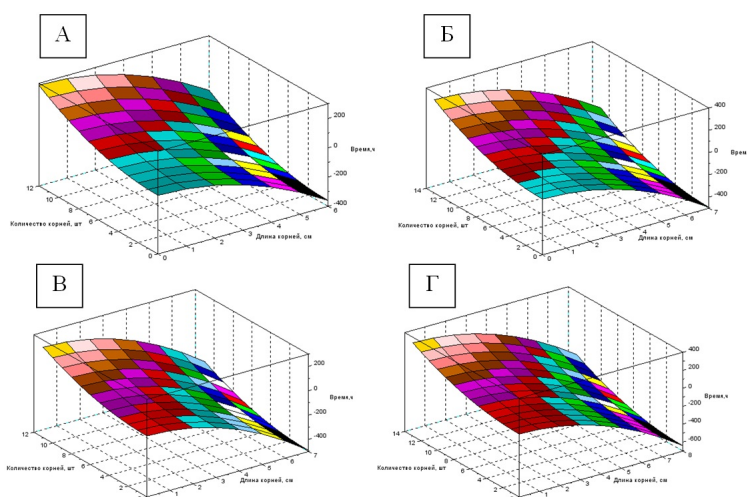


Рисунок 3 – Прогнозирование динамики роста растений-регенерантов в высоту сорта картофеля «Бабаев» *in vitro*

составило – 11 шт., по длине – 6,6-7,2 см. Ниже, на рисунке 4 представлены математические модели прогнозирования ростовых процессов сорта «Бабаев».



А – среда МС (контроль); Б – среда МС-1; В – среда МС-2; Г – МС-3.

Рисунок 4 – Графики динамики роста корней в длину в зависимости от времени и условий культивирования сорта картофеля «Бабаев» в условиях *in vitro*

Данные значения роста на среде МС-1 практически одинаковы с таковыми на среде МС-2 и МС контроль, однако, как и отмечалось, на питательной среде МС-3 данные показатели выше: количество корней на 1 растений в среднем составляло – 9-13 шт., максимальная длина достигала 8,0 см.

На безгормональной среде МС контроль при микрклональном размножении картофеля сорта «Альянс» также отмечались наиболее низкие показатели роста. Максимальное значение высоты растений-регенерантов на 21-е сутки культивирования составляло 12,8 см при культивировании на питательной среде МС-3. На питательной среде (МС-1) значение высоты растений составляло 11,7 см, а на питательной среде МС-2 – 12,2 см. На питательной среде МС (контроль) без внесения фитогормонов, максимальное значение высоты растений на 21-е сутки составляло 11,3 см. (Рисунок 5)

При культивировании растений-регенерантов сорта «Альянс» на питательной среде МС контроль отмечались наименьшие показатели по количеству и длине корней: на 21-е сутки культивирования максимальное количество корней составило 7 шт., максимальная длина – 6,9 см. на питательной среде МС-3 данные показатели отмечались на уровне 14 шт. корней при длине 8,3 см. (Рисунок 6)

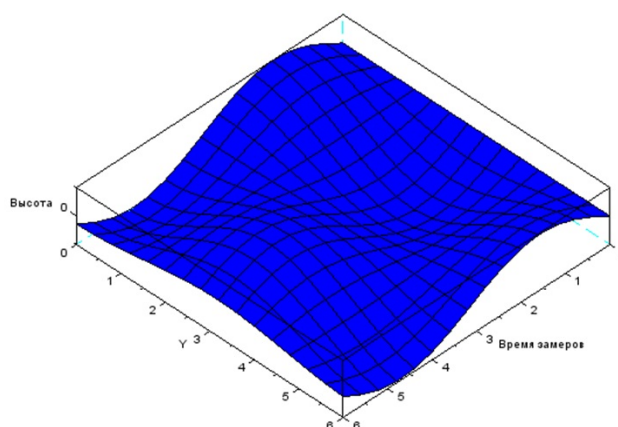
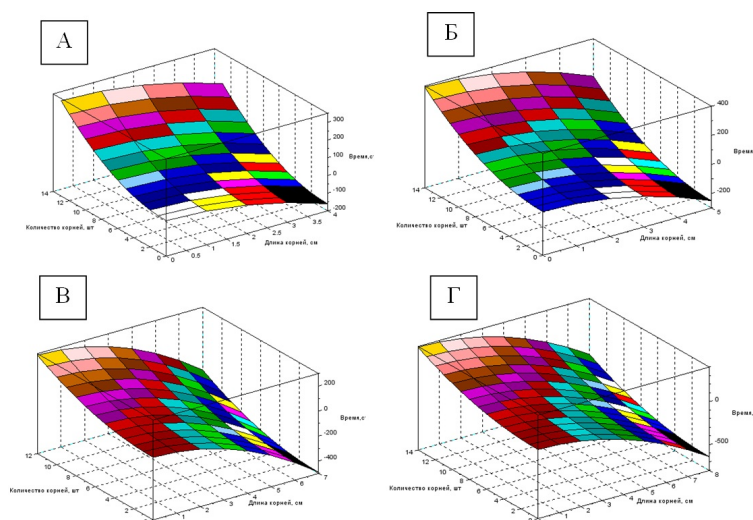


Рисунок 5 – Прогнозирование динамики роста растений-регенерантов в высоту сорта картофеля «Альянс» *in vitro*



А – среда МС (контроль); Б – среда МС-1; В – среда МС-2; Г – МС-3.

Рисунок 6 – Графики динамики роста корней в длину в зависимости от времени и условий культивирования сорта картофеля «Альянс» в условиях *in vitro*

На питательных средах МС-1 и МС-2 на 21-е сутки среднее значение по количеству корней составило 12-13 шт., длина корней 7,5 см.

Вывод. В результате проведенных математических расчетов моделирования на основе методов сингулярного спектрального анализа (SSA) и аппроксимации (LA) процессов роста картофеля сортов казахстанской селекции в условиях *in vitro*, при использовании разных вариантов питательных сред можно сделать вывод, что ростовые процессы сортов картофеля «Нарли», «Бабаев» и «Альянс» положительная динамика наблюдаются на питательной среде МС-3, содержащей в составе: МС-3 с содержанием 0,005 мг/л феруловой кислоты, 3,0 мг/л аскорбиновой кислоты, 0,5 мг/л кинетина, 0,2 мг/л ИУК, 1,5 мг/л тиамина, 1,0 мг/л пиридоксина и 30000 мг/л сахарозы.

Среди изучаемых сортов картофеля сорт «Альянс» оказался наиболее чувствительным к изменению концентрации фитогормонов и регуляторов роста, именно у него отмечались максимальные показатели роста корневой системы и микропобегов.

Разработанное программное обеспечение позволяет осуществить прогнозирование изучаемого биотехнологического процесса микрклонального размножения картофеля в культуре *in vitro*.

Список литературы

- 1 Лебедева Н. В. Ускоренное размножение ранних сортов картофеля в условиях *in vitro* и его использование в семеноводстве Северо-Запада РФ. Дис.канд.с-х.наук. Великие Луки, 2015. 166 с.
- 2 Ковалев А. И. Совершенствование приемов оздоровления и возделывания семенного картофеля в условиях нечерноземной зоны России. Дис.канд.с-х.наук. Великие Луки, 2015. 122 с.
- 3 Mathew S. Ferulic Acid: An antioxidant found naturally in plant cell walls and feruloyl esterases Involved in its Release and Their Applications // *Critical Reviews in Biotechnology* - 2004. - V.24. - P.59-83 doi: 10.1080/07388550490491467. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/8222604.pdf>. (accessed 12.01.2018)
- 4 Лоскутов А. Ю. Анализ временных рядов. Курс лекций. Физический факультет МГУ - М.: 2008. - 183 с. URL: http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf.
- 5 Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. - 620 с.
- 6 Ruelle D. Superstable Interactions in Classical Statistical Mechanics // *Commun Math. Phys.* 1971. - V.20. - №167. URL: <http://www.ihes.fr/ruelle/PUBLICATIONS/>
- 7 Grassberger P. Measuring the strangeness of strange attractors // *Physica D.* - 1983. - V. 9. - P. 189-208. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-21830-4_12 (accessed 15.12.2017)
- 8 Хорев П. Объектно-ориентированное программирование с примерами на C#. М.: "Инфра", 2016. - 200 с. URL: <http://academia-moscow.ru/ftpshare/books/fragments/fragment18514.pdf>
- 9 Киргизова И.В., Гаджимурадова А.М., Калиев Н.Б. Математическое моделирование динамики ростовых процессов картофеля в условиях *in vitro* при использовании различных вариантов питательных сред на основе динамических моделей обработки рядов // Омский научный вестник №5 (155). - 2017. - с.168-174. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/matematicheskoe-modelirovanie-dinamiki-rostovyh-protsessov-kartofelya-v-usloviyah-in-vitro-pri-ispolzovanii-razlichnyh-variantov>

А.М. Гаджимурадова¹, И.В. Киргизова², Н.Б. Калиев³, Р.М. Турпанова¹

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

² Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы, Ресей Федерациясы

³ М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті Қазақстан филиалы, Астана, Қазақстан

In vitro жағдайында өсірілген регенерант картоп дақыланың Қазақстандық сұрыптарының «Альянс», «Бабаев» және «Нәрлі» математикалық модельдерінің динамикасы

Аннотация: Биология ғылымдарында соңғы уақыттарда математикалық модельдеу әдістері кең етек алып келеді. Әсіресе, өсімдік биотехнологиясында әртүрлі қоректік орталар даярлау барысында гормоналды және дәрумендік қатынастарды анықтауда олардың өсімдік өсуіне әсерін бақылауда аса маңызды. Сонымен қатар, микроклональды көбейту барысында пробиркада өскен өсімдіктердің биіктігін, тамыр жүйесінің ұзындығы мен санын анықтау қоректік ортаның тиімділігін анықтайтын фактор болып табылады. Бұл мақалада регенерант өсімдіктерді әртүрлі қоректік орталарда өсіру барысында өсудің математикалық моделі ұсынылады. Зерттеу барысында картоптың отандық үш сорты: «Нәрлі», «Бабаев», «Альянс» қолданылды.

Түйін сөздер: қоректік орта, микроклональды көбейту, математикалық модельдеу жүйесі, сингулярлы спектральды талдау.

А.М. Gajimuradova¹, I.V. Kirgizova², N.B. Kaliev³, R.M. Turpanova¹

¹ L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

² Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

³ M.V.Lomonosov Moscow State University Kazakhstan Branch, Astana, Kazakhstan

Mathematical modeling of the growth processes dynamics of potato plants Kazakhstani selection varieties "Alyans", "Babaev" and "Narli" in *in vitro* conditions on the basis of dynamic models of processing the series

Abstract: In the biological sciences, methods of mathematical modeling have recently found wide application. In particular, in the biotechnology of plants, there is a use of nutrient media that differ in hormonal and vitamin composition, which require the study of their effectiveness in the process of plant growth. Thus, with microclonal propagation, measuring the height of test tubes, the length and number of roots are the main indicators of the effectiveness of the nutrient medium. This article reflects data on mathematical modeling of growth processes of plant-regentants when growing them on various nutrient media. The study used 3 varieties of potato of Kazakhstani selection "Narli", "Babaev", "Alayns".

Keywords: nutrient medium, microclonal multiplication, mathematical modeling, singular spectral analysis.

References

- 1 Lebedeva N.V. Uskorennoe razmnnozhenie rannix sortov kartofelya v usloviyax *in vitro* i ego ispol'zovanie v semenovodstve Severo-Zapada RF [Accelerated reproduction of early potato varieties in *in vitro* conditions and its use in seed production in the North-West of the RF], Dis. cand.sel'skhozayistvennyh nauk [Thesis of cand. of agricult. sciences], Velikie Luki, 2015. 166 p.
- 2 Kovalev A.I. Sovershenstvovanie priemov ozdorovleniya i vzdelyvaniya semennogo kartofelya v usloviyakh nechernozemnoy zony Rossii [Improvement of methods of healing and cultivation of seed potatoes in the non-chernozem

- zone of Russia], Dis. cand.sel'skhozayistvennyh nauk [Thesis of cand. of agricult. sciences], Velikie Luki, 2015. 122 p.
- 3 Mathew S. Ferulic Acid: An antioxidant found naturally in plant cell walls and feruloyl esterases Involved in its Release and Their Applications // Critical Reviews in Biotechnology - 2004. - V.24. - P.59-83 doi: 10.1080/07388550490491467. - Available at: <https://www.researchgate.net/publication/8222604.pdf>. (accessed 12.01.2018).
 - 4 Loskutov A.Yu. Analiz vremennykh ryadov. Kurs lektsiy. Fizicheskiy fakul'tet MGU [Time series analysis. Lecture course. Faculty of Physics, Moscow State University] (Moscow, 2008).
 - 5 Loskutov A.Yu. Osnovy teorii slozhnykh sistem [Fundamentals of the theory of complex systems], Institut komp'yuternykh issledovaniy (Institute of Computer Research, Moscow-Izhevsk, 2007).
 - 6 Ruelle D. Superstable Interactions in Classical Statistical Mechanics, Commun Math. Phys. 20 (167), 1971. Available at: <http://www.ihes.fr/ruelle/PUBLICATIONS/>
 - 7 Grassberger P. Measuring the strangeness of strange attractors, Physica D. 9, 189-208 (1983) Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-21830-4_12 (accessed 15.12.2017).
 - 8 Horev P. Ob"ektно-orientirovannoe programmirovaniye s primerami na С# [About object-oriented programming with examples in C #] (Infra, Moscow, 2016) Available at: <http://academia-moscow.ru/ftpshare/books/fragments/fragment18514.pdf>
 - 9 Kirgizova I.V., Gajimuradova A.M., Kaliev N.B. Matematicheskoe modelirovaniye dinamiki rostovykh protsessov kartofelya v usloviyakh in vitro pri ispol'zovanii razlichnykh variantov pitatel'nykh sred na osnove dinamicheskikh modeley obrabotki ryadov [Mathematical modeling of the dynamics of potato growth processes under in vitro conditions using different variants of nutrient media on the basis of dynamic models for processing the series], Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin], 5, 168-174 (2017). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/matematicheskoe-modelirovaniye-dinamiki-rostovykh-protsessov-kartofelya-v-usloviyakh-in-vitro-pri-ispolzovanii-razlichnykh-variantov>. [in Russian]. (accessed 15.12.2017).

Сведения об авторах:

Гаджимурадова А.М. - Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті "Жалпы биология және геномика" кафедрасының 3 курс докторанты, Сәтпаев көшесі 2, Астана, Қазақстан.

И.В.Киргизова - Омбы мемлекеттік техникалық университеті "Биотехнология" кафедрасының 3 курс аспиранты, Мира көшесі 11, Омбы, Ресей Федерациясы.

Н.Б.Калиев - М.В.Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті Қазақстан филиалы 2 курс магистранты, Сәтпаев көшесі 1, Астана, Қазақстан .

Р.М.Турпанова - Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті "Биотехнология және микробиология" кафедрасының доценты, а-ш.ғ.к., Сәтпаев көшесі 2, Астана, Қазақстан.

Gajimuradova A.M. - 3 course PhD student "General biology and genomics" Department L.N.Gumilov Eurasian National University, 2 Satpaev st., Astana, Kazakhstan.

Kirgizova I.V. - 3 course graduate student "Biotechnology" Department Omsk State Technical University, 11 Mira st., Omsk, Russian Federation.

Kaliev N.B. - 2 course master degree student of M.V. Lomonossov Moscow State University, 1 Satpaev st., Astana, Kazakhstan

Turpanova R.M. - candidate of agricultural sciences, assistant professor Biotechnology and Microbiology Department L.N. Gumiloyv Eurasian National University, 2 Satpaev st., Astana, Kazakhstan .

Поступила в редакцию 01.02.2018