

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-974

УДК 630.93:519.01



Научная статья

ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

О.В. Рулева, А.А. Новиков, З.М. Казиева

Обоснование. Эффективным способом оптимизации функционирования агроландшафтов является применение принципов защитного лесоразведения. Лесные полосы оказывают многокритериальное положительное воздействие на пашню через формирование благоприятных условий произрастания, которые необходимы для получения высоких показателей урожайности сельскохозяйственных растений. Многолетние научные исследования подтверждают положительную роль защитных лесных полос в ряде показателей агроценозов. Однако изучение влияния лесных полос на работу фотосинтетического потенциала к настоящему времени еще не получили должного внимания, что и обусловило актуальность проведенного исследования.

Цель. Изучение мелиоративного влияния полезащитных лесных полос разных конструкций на особенности формирования элементов фотосинтетического аппарата ультраранних сортов картофеля.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись пять ультраранних сортов (Джувел, Коломбо, Ривьера, Аризона, Кармен) картофеля, произраставших на прилегающих территориях с двух и двенадцати рядными лесными полосами, расположенными в Астраханской и Волгоградской областях. Исследования проводили на площадках, расположенных на удалении от лесных насаждений равном высоте самого насаждения (Н) - 2,5Н, 5Н, 10Н, 15Н, 20Н, 30Н (контроль) в динамике по фазам развития агроценозов картофеля.

Результаты. Под мелиоративным влиянием лесных полос независимо от рядности и конструкции наблюдается наибольшая прибавка значений площади листьев за вегетационный период, чем на контроле. Максимальный показатель листового индекса у всех сортов картофеля отмечался в фазе цветения картофеля на высоте 5Н, а так же наблюдалось опережение по темпам формирования ассимилирующей поверхности и интенсивности ра-

боты фотосинтеза в зоне влияния лесных полос. Математический анализ подтверждает высокую степень взаимосвязи между площадью листьев, ассимилирующей поверхностью и фотосинтетической деятельностью агроценозов картофеля всех сортов и расстоянием от лесных полос. Коэффициент корреляции составил $R = 0,91-0,97$.

Вывод. Полученные многолетние данные подтверждают положительное влияние лесных полос на функционирование фотосинтетического аппарата агроценозов картофеля.

Ключевые слова: агроландшафты; лесные полосы; фотосинтез; ассимилирующая поверхность; площадь листьев; картофель; Астраханская область; Волгоградская область

Для цитирования. Рулева О.В., Новиков А.А., Казиева З.М. Продуктивность фотосинтетической деятельности агроценозов в зоне влияния лесных полос // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №4. С. 364-384. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-974

Original article

PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF AGROCENOSSES IN THE ZONE OF INFLUENCE OF FOREST STRIPS

O.V. Ruleva, A.A. Novikov, Z.M. Kazieva

Background. An effective way to optimize the functioning of agricultural landscapes is the application of the principles of protective afforestation. Forest strips have a multi-criteria positive effect on arable land through the formation of favorable growing conditions, which are necessary to obtain high yields of agricultural plants. Long-term scientific research confirms the positive role of protective forest belts in a number of indicators of the agricultural sphere. However, the study of the influence of forest strips on the work of photosynthetic potential has not yet received due attention, which determined the relevance of the study.

Purpose. To study the reclamation effect of protective forest strips of different designs on the formation of elements of the photosynthetic apparatus of ultra-early potato varieties.

Materials and methods. The objects of the study were five ultra-early varieties (Jewel, Colombo, Riviera, Arizona, Carmen) potatoes growing in the adjacent territories with two and twelve row forest strips located in the Astrakhan and

Volgograd regions. The studies were carried out at sites located at a distance from forest plantations equal to the height of the plantation itself (H) - 2.5H, 5H, 10H, 15H, 20H, 30H (control) in dynamics according to the phases of development of potato agroecosystems.

Results. *Under the reclamation influence of forest strips, regardless of the row and design, the greatest increase in leaf area values during the growing season is observed than in the control. The maximum leaf index index for all potato varieties was observed in the potato flowering phase at an altitude of 5H, and there was also an advance in the rate of formation of the assimilating surface and the intensity of photosynthesis in the zone of influence of forest strips. Mathematical analysis confirms a high degree of correlation between the leaf area, assimilating surface and photosynthetic activity of potato agroecosystems of all varieties and the distance from forest strips. The correlation coefficient was $R = 0.91-0.97$.*

Conclusion. *The long-term data obtained confirm the positive effect of forest strips on the functioning of the photosynthetic apparatus of potato agroecosystems.*

Keywords: *agricultural landscapes; forest strips; photosynthesis; assimilating surface; leaf area; potatoes; Astrakhan region; Volgograd region*

For citation. *Ruleva O.V., Novikov A.A., Kazieva Z.M. Productivity of Photosynthetic Activity of Agroecosystems in the Zone of Influence of Forest Strips. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 4, pp. 364-384. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-974*

Введение

Ведущая роль в повышении устойчивости и продуктивности земледелия степных районов юга России принадлежит защитным лесным насаждениям, востребованным по своему прямому назначению - выполнению санитарно-гигиенической, средообразующей, защитной, рекреационной и социальной функций (рис. 1).

Благодаря лесным насаждениям и их фитонцидным свойствам, осуществляется санитарно-гигиеническая функция через дезинфицирующее воздействие на окружающую среду, поскольку 1 гектар древесных насаждений способен отфильтровать 50-70 тонн пыли в год [9]. Также деревья увеличивают число отрицательных ионов в воздухе, 1 гектар деревьев ежегодно выделяет 2-5 тонн кислорода и поглощает 2,8-6,5 тонн углекислого газа [1; 18].

Лесные насаждения, выступая частью пространственно-организующих элементов экосистемы, способны надёжно и долговременно оказывать оздоровляющее воздействие на агроландшафты с сильно нарушенными

землями и поддерживать их экологическое равновесие [6; 7]. На сельскохозяйственных угодьях лесные полосы создают благоприятную средообразующую обстановку, посредством сокращения скорости ветра на 30-50 %, снижением испаряемости влаги с поверхности почвы на 20-30 % [16; 21].

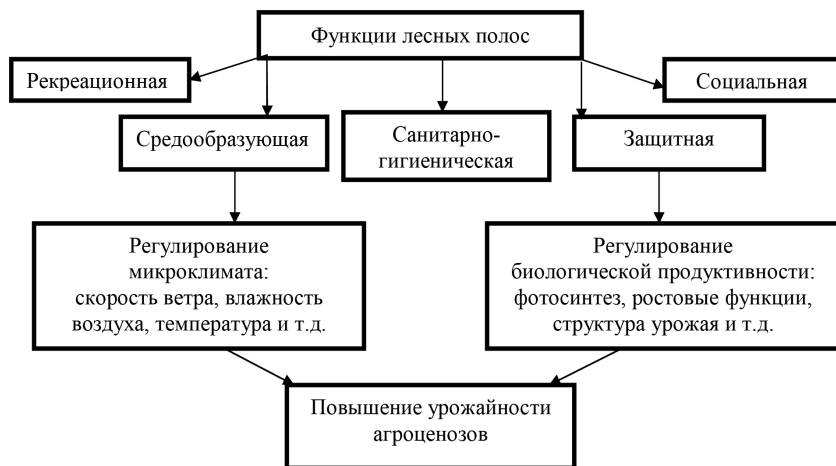


Рис. 1. Мелиоративная роль лесных полос

Защитные лесные полосы препятствуют деградационным процессам, происходит улучшение гидрологического режима богарных и орошаемых земель, происходит накопление гумуса [9; 11]. Результативность применения минеральных удобрений на агроландшафтах повышается до 20 %, поскольку лесные полосы препятствуют выдуванию поверхностного слоя почвы [2; 13]. Под мелиоративным влиянием лесных полос на агроландшафтах наблюдается рост показателей урожайности сельскохозяйственных культур: зерновых - 18-23%, технических - 20-26%, кормовых - 29-41% [20].

Рекреационная функция лесных насаждений проявляется в спросе на лесные рекреационные услуги отдыха, восстановления здоровья населения [4]. Лесные насаждения способствуют улучшению условий жизни населения.

Однако, несмотря на понимание необходимости лесомелиоративного обустройства до недавнего времени, деятельность в области агролесомелиорации и защитного лесоразведения была ослаблена, что привело к негативным последствиям, в том числе деградации сельскохозяйственных угодий, особенно в степных районах России [14; 15; 19]. Постановлением

от 25 ноября 2023 года №1992 Правительство расширило программу поддержки регионов в области мелиорации, в том числе агролесомелиорации, что является мотивирующим инструментом для большей заинтересованности в научно-практических исследованиях этой области.

Продолжительные научные исследования показали, что климатические условия среды, такие как температурный режим, количество осадков, использование световой энергии в процессе фиксации CO_2 и синтеза углеводов имеют решающее значение в жизни растений, непосредственно влияющих на биологическую продуктивность [22]. Залогом получения высоких урожаев является эффективная деятельность фотосинтетического аппарата. Показатели фотосинтетической деятельности позволяют выявить эффективность применяемых агротехнических приемов в формировании биологической продуктивности агроценозов.

В работах многих авторов подробно изучена пространственно-структурная организация деятельности фотосинтетического аппарата, а так же процессы регуляции фотосинтеза [8; 11], однако вопросы касающиеся исследований формирования фотосинтетического потенциала растений под влиянием защитных лесных полос, к настоящему времени еще не получили должного внимания. В связи, с чем актуальным является изучение закономерностей формирования агроценозов на основе фотосинтетического потенциала для прогноза развития биологической продуктивности картофеля под защитным влиянием лесных полос.

Целью исследования стало изучение особенностей формирования площади и ассимилирующей поверхности листьев ультраанного картофеля, для определения фотосинтетической продуктивности под влиянием полезащитных лесных полос разных конструкций.

Объектом исследования являлись ультраанние сорта картофеля голландской селекции – Аризона, Ривьера, Коломбо, немецкой – Джувел и российской – Кармен, формируемые под мелиоративным влиянием лесных полос (ЛП).

Материалы и методы

В 2021 году были заложены многолетние опыты на двух объектах, расположенных на орошаемых агроландшафтах Харабалинского района Астраханской области и п. Майском Волгоградской области защищенных лесными полосами разной конструкции и рядности.

Согласно агроклиматическому районированию Харабалинский район (площадка №1) относится к пустынно-степному типу. Климат района за-

сушливый и выше среднего обеспечен теплом, в связи, с чем отмечается пониженная биологическая продуктивность. Годовая сумма активных температур воздуха (выше 10°C) варьирует от 3370-3500°C.

По агроклиматическим условиям п. Майский Волгоградской области (площадка №2) относится к засушливому типу климата с достаточным количеством тепловых ресурсов. Годовая сумма активных температур воздуха составляет 2800-3400°C. Расположен в лесостепной зоне.

Региональной особенностью обеих площадок исследований является засушливость, высокая степень континентальности и изменчивость погодных условий, особенно температуры и осадков в течение вегетационного периода. Несмотря на схожие климатические условия, почвенные имеют различия, в связи, с чем для объективной оценки продуктивности фотосинтетической деятельности был применен математический анализ разных почвенных условий произрастания агроценозов картофеля.

Метеорологические условия в годы проведения опытов были различными, что позволило объективно оценить проведенные исследования. Дифференцированные показатели суммы активных температур на обеих площадках были оптимальными для высадки картофеля в апреле месяце. Недостаточное количество осадков в вегетационный период (расчетное значение ГТК соответствует низкой влагообеспеченности территории (табл. 1)) компенсировалось капельным орошением. Полевую влагоемкость регулировали дифференцированным капельным поливом в зависимости от складывающихся метеорологических условий и поддерживали до уровня 80-85% НВ. Агротехника возделывания и фон удобрений на исследуемых площадках были идентичными.

Проведенные таксационные исследования показали, что на первой площадке защитная лесная полоса расположена перпендикулярно наиболее вредоносному ветру данной местности, а именно с восточной стороны от орошаемого поля. Лесные насаждения отличаются небольшим разнообразием и в основном представлены вязом приземистым (*Ulmus pumila* L.), встречается поросль в небольшом количестве – 10-15% от общего количества. Высота лесной полосы 14-16 метров, длина лесной полосы составила 1 км, но периодически с шагом в 150-200 метров наблюдается выпад, связанный с естественным отмиранием и антропогенной деятельностью человека, сохранность 55%.

На второй площадке защитная лесная полоса находится с западной стороны от орошаемого поля. Видовой состав представлен вязом приземистым (*Ulmus pumila* L.), встречается смородина лесная (*Ribes nigrum* L.) в не-

большом количестве. Средняя высота лесной полосы составляет 9 метров, длина - 1,5 км. В середине полосы отмечен значительный выпад древесных насаждений по причине естественной убыли, сохранность 65%.

Таблица 1.

Метеорологические условия возделывания картофеля, 2021-2023 гг.

годы	показатели	апрель	май	июнь	итого
Харабалинский район Астраханской области					
2021 г.	сумма активных температур	275	613,8	749,9	1638,7
	ГТК	0,9	0,23	0,5	0,5
2022 г.	сумма активных температур	307,05	463,1	772,1	1542,2
	ГТК	0,5	0,7	0,1	0,4
2023 г.	сумма активных температур	286	538,6	695,5	1520,1
	ГТК	0,4	0,9	0,4	0,6
п. Майский Волгоградской области					
2021 г.	сумма активных температур	205,25	559,1	699,1	1463,45
	ГТК	2,3	0,7	0,6	1,2
2022 г.	сумма активных температур	295	362,5	690,9	1348,4
	ГТК	0,3	1,5	0,1	0,61
2023 г.	сумма активных температур	231,7	481,4	638,3	1351,4
	ГТК	1,4	0,5	0,4	0,8

Модель временного развития в течение вегетации картофеля по фазам рассмотрена в виде смены фаз, как биологическое время: всходы, ветвление, бутонизация, цветение, созревание урожая. Поскольку на различных расстояниях от исследуемого поля лесополосы не одинаково влияют на фенологическое развитие сельскохозяйственных культур, фитомассу отбирали в зоне влияния лесных полос на расстоянии 2.5Н; 5Н; 10Н; 15Н, 20Н, 30Н (контроль) кратных высоте лесной полосы по фазам развития культуры.

Для определения площади листовой поверхности агроценозов картофеля был использован метод нанесения контуров листьев на миллиметровую бумагу. По материалам полевых наблюдений во время камеральной обработки рассчитывались следующие показатели: площадь листьев, ассимилирующая поверхность и фотосинтетический потенциал. Математическую обработку материалов исследования проводили при помощи пакета прикладных программ Statistica 10 и программы электронных таблиц Microsoft Excel XP.

Результаты и обсуждение

Мелиоративное влияние защитных лесных полос на продуктивность фотосинтетической деятельности агроценозов картофеля проявляется через формирование благоприятных условий произрастания. В зоне влияния древесных насаждений происходит сокращение динамики ветрового потока. Многолетние показатели ветровой динамики на первой площадке в зоне влияния лесной полосы (2,5Н-5Н) характеризовались в среднем скоростью до 2,6 – 3,3 м/с, на контроле скорость ветра достигала 6,7 м/с. Разница в контроле по годам исследования в среднем составила в 2021 году – 4,75 м/с, в 2022 году – 3,95 м/с, в 2023 году – 2,5 м/с. На второй площадке в зоне влияния двенадцати рядной полосы скорость ветрового потока в среднем составляла 2-2,8 м/с, на контроле – 4,1 м/с. Разница с контрольной площадкой оказалась в 2021 году – 1,35 м/с, в 2022 году – 2,01 м/с, в 2023 году – 1,8 м/с. Таким образом, более резкие колебания ветровой динамики отмечены на первой площадке, у двурядной лесной полосы. Степень мелиоративного влияния лесных полос разной конструкции различна, но в целом диапазон эффективного влияния наблюдается до 15 Н, где ветровая «тень» сокращает силу ветра на 40-50%.

Математический анализ, проведенный в программе Microsoft Excel XP подтверждает высокую степень взаимосвязи между скоростью ветра и расстоянием от лесной полосы. С учетом полевых данных уравнения связи скорости ветра и расстояния от ЛП описывается трендом вида:

Для двурядной лесной полосы: $y = 0,99x + 0,58$ ($R^2 = 0,95$);

Для двенадцатирядной лесной полосы: $y = 0,54x + 0,84$ ($R^2 = 0,97$);

где x – расстояние от ЛП в её высотах (Н).

Оптимальной температурой для активной ассимиляции в агроценозах картофеля является + 20°C. По мере повышения или понижения температурного режима ассимиляционный процесс замедляется, а при температуре воздуха выше + 40°C прекращается [3,5,7]. В степных условиях юга России мелиоративная защита ЛП для картофеля особенно актуальна, поскольку под влиянием древесного полога на прилегающей территории летом происходит охлаждение температуры приземного слоя и повышение влажности воздуха. Весной, когда посевы только формируются, лесные насаждения оказывают тепляющее воздействие, летом охлаждающий эффект. За исследуемый период было выявлено, что в летнее время в зоне мелиоративного влияния (2,5Н- 15Н) температура воздуха ниже, чем на контроле (30 Н). В среднем по годам исследования разница с контролем на первой площадке составила 1°C, на второй площадке – 2,8°C.

Уравнения связи средних многолетних показателей температуры воздуха и расстоянием от лесных полос имеют вид прямой зависимости:

Для двурядной лесной полосы: $y = 0,59x + 22,6$ ($R^2 = 0,97$);

Для двенадцатирядной лесной полосы: $y = 0,9x + 20,5$ ($R^2 = 0,96$);

где x – расстояние от ЛП в её высотах (Н).

С преобразованием температуры происходит изменение влажности воздуха, которая имеет тенденцию обратной зависимости. Разница в контроле составила в среднем по годам на первой площадке: 2021 год - 2%, в 2022 год - 1,3%, в 2023 год - 1,4%. На второй площадке 2021 год - 2,3%, в 2022 год - 1,5%, в 2023 год - 1,7%. В зоне влияния двенадцати рядной лесной полосы наблюдается более выраженное увеличение влажности воздуха в сравнении с двурядной полосой. Корреляционно-регрессионный анализ выявил тесную взаимосвязь между влажностью воздуха и расстоянием от лесных полос. С учетом средних многолетних данных по влажности воздуха на исследуемых площадках уравнения связи для разных конструкций от ЛП имеют вид:

Для двурядной лесной полосы: $y = - 0,72x + 35,8$ ($R^2 = 0,98$);

Для двенадцатирядной лесной полосы: $y = - 1,43x + 37,3$ ($R^2 = 0,98$);

где x – расстояние от ЛП в её высотах (Н).

Таким образом, независимо от рядности и конструкции лесных полос происходит уменьшение скорости ветрового потока, температуры приземного слоя, а так же повышается влажность воздуха, что в совокупности способствует естественной защите и ускоренному развитию растений картофеля.

Исследования по оценке биометрических параметров были проведены в динамике на разных сортах картофеля в разные фазы вегетации. Листья являются главным потребителем солнечной энергии. Следовательно, площадь листовой поверхности и ход ее активности выступает основным показателем фотосинтетической деятельности растений, определяющих продуктивность агроценозов.

В годы исследований значения площади листьев складывались согласно биологическим особенностям сортов. Под влиянием 2-х и 12-ти рядных лесных полос на высотах 2.5Н-5Н наблюдается дружное опережающее, в сравнении с контролем появление всходов, которые позволили сформировать на ранних этапах листовую аппарат растений картофеля в среднем 7,9 м² на первой площадке и 6,9 м² на второй. С дальнейшим удалением от лесной полосы площадь листьев уменьшалась и составила в среднем от 5,1 м² - 4,6 м² соответственно на первой и второй площадках. Наибольший средний прирост листовой поверхности наблюдался в фазе бутонизация - цветение

на высотах 2,5Н-5Н у всех сортов картофеля и составлял 27,8 м² – 26,9 м² по площадкам. В контрольной точке значения площади листовой поверхности составило в среднем у исследуемых сортов под влиянием 2-рядной ЛПП – 19,3 м², по влиянием 12-ти рядной – 18,1 м² (табл.3).

Таблица 3.

Показатели площади листьев разных сортов картофеля на разном расстоянии от ЛПП, м²/га (среднее за 2021-2023 гг.)

Средняя площадь листьев, м ²	Расстояние от лесной полосы, Н				
	2,5Н	5Н	10Н	15Н	30Н (контроль)
Джувел	22,4	23,5	20,4	18,6	16,9
Ривьера	27,1	27,8	25,7	22,9	19,3
Коломбо	23,9	24,6	21,2	19	17,5
Аризона	23,1	23,8	21,5	18,8	17,1
Кармен	26,5	26,9	23,5	21,1	18

Таким образом, площадь листовой пластины исследуемых сортов картофеля за весь вегетационный процесс на всех расстояниях от ЛПП больше, чем на контроле независимо от рядности лесной полосы и описывается в пространстве экспоненциальной функцией вида

$$y = a * \exp * (-bx)$$

где, $\exp = 2,718$ – основание натуральных логарифмов; x – расстояние от ЛПП; a и b – коэффициенты математической модели.

При помощи расчетов в программе Statistica 10 были получены параметры модели формирования площади листьев агроценозов картофеля под влиянием лесных полос (табл.4).

Таблица 4.

Параметры математической модели формирования площади листьев под влиянием лесных полос

Сорт картофеля	Параметры		Коэффициент детерминации
	a	b	
Джувел	2,29	0,053	0,96
Ривьера	3,09	0,023	0,97
Коломбо	2,33	0,069	0,97
Аризона	2,35	0,048	0,96
Кармен	2,65	0,046	0,96

Полученные фактические данные математической модели позволяют составлять прогнозные модели развития площади листьев за вегетацию в

системе ЛПП. Проведенный анализ подтверждает, что лесные полосы влияют на формирование площади листьев агроценозов картофеля с высоким показателем аппроксимации. Индекс детерминации варьирует от 0,96-0,97.

Анализ деятельности ассимилирующей поверхности растений картофеля характеризуется величиной урожая, которая зависит от размера листового аппарата, его количества и времени деятельности. Активное формирование большей площади листовой поверхности способствует большему накоплению органического вещества картофелем. Поэтому при исследовании динамики нарастания ассимилирующей поверхности особый интерес представляла площадь листьев, размерами которой определяется количество поглощенной солнечной радиации, идущей на построение хозяйственно-ценной части урожая. Расчет ассимилирующей поверхности растений за вегетационный сезон производился по формуле:

$$Ac = S \cdot N \cdot L$$

где S – площадь листьев, см^2 ; N – норма высева, тыс. растений на га; L – количество листьев на одном растении.

Динамика нарастания ассимилирующей поверхности картофеля исследуемых сортов под влиянием лесных полос была различна. Однако, прослеживается общая тенденция, посевы картофеля независимо от сортовых особенностей и конструкции ЛПП в зоне мелиоративного влияния имеют большие значения (табл.4). Под влиянием лесных полос за весь вегетационный период разница с контролем у различных сортов картофеля составила: Джувел - 2,55 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, Ривьера - 4,16 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, Коломбо - 3,1 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, Кармен - 3,42 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, Аризона - 2,94 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.

Таблица 4.

Ассимилирующая поверхность картофеля на разном расстоянии от ЛПП, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (среднее за 2021 -2023 гг.)

Сорт картофеля	Ассимилирующая поверхность, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$				
	2,5	5	10	15	контроль
Джувел	7,02	7,49	5,97	5,54	4,59
Ривьера	9,57	10,24	8,29	6,59	5,74
Коломбо	7,95	8,21	7,05	6,13	4,98
Аризона	7,35	7,68	6,21	5,51	4,56
Кармен	8,55	8,69	7,07	6,26	5,2

В результате за период исследований средних многолетних показателей динамики нарастания ассимилирующей поверхности исследуемых сортов картофеля и влиянием лесных полос было выявлено, что чем дальше от

лесных полос, тем меньше значения ассимилирующей поверхности растений картофеля. Математический анализ подтверждает высокую степень взаимосвязи между ассимилирующей поверхностью разных сортов картофеля и расстоянием от лесных полос, коэффициент корреляции составил $R = 0,91-0,96$.

Интегральным показателем активного прироста листовой массы является фотосинтетический потенциал, характеризующий работу нарастания листовой поверхности посева за вегетационный период. Фотосинтез определяется суммированием площади листьев за этот период:

$$\Phi П = \left(\frac{S_1 + S_n}{2} \right) \times t \times \sum_{i=1}^5$$

где $\Phi П$ – фотосинтетический потенциал, тыс. $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{сутки}$; S_1 – площадь листьев, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$; S_n – площадь листьев при следующем определении, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$; t – период дней между определениями от всходов картофеля до следующей фазы определения в сутках; $\sum_{i=1}^5$ – интегрированная сумма площади листьев по фазам роста.

Правильное представление о работе фотосинтетического потенциала, распределения его по территории и во времени имеет важное значение для получения высоких урожаев. Пространственная ориентация листьев существенно влияет на структурную организацию фотосинтеза. Зачастую из-за влияния ветра в природных условиях листовая пластинка не всегда может сохранить свое естественное положение. На площадках 2,5 Н от лесной полосы наблюдается вертикальное расположение стеблей, в таком случае листья получают энергию солнца в горизонтальном положении, поскольку лесная полоса защищает от ветров. Согласно полевым данным у лесной полосы и в зоне наибольшего мелиоративного влияния 2,5-5Н скорость ветра характеризовалась небольшими показателями скорости ветра в среднем до 2,5 – 3 м/с, что не оказывало существенного влияния на естественное положение стеблей и листьев. На площадках от 15 Н стебли растений подвергаются более выраженному действию ветра и имеют изгиб в зависимости от направления ветра. На высотах 15Н и далее листовая пластина обращена к солнцу под углом, что так же влияет на поглощение солнечного света и фотосинтетическую активность. Таким образом, мелиоративное влияние лесных насаждений так же проявляется в создании благоприятных условий для естественной пространственной ориентации листовой поверхности.

За годы исследований было выяснено, что показатели фотосинтетического потенциала зависели от расстояния лесных полос и погодных усло-

вий. Наибольший показатель фотосинтетического потенциала у всех сортов картофеля отмечен на высоте 5Н. Отметим, что на высотах 2,5Н и 10 Н показатели фотосинтеза варьируют в одном диапазоне, что связано с непосредственным влиянием лесных насаждений, на высоте 2,5 Н идет затемняющее влияние от ЛП, но в тоже время лесные насаждения создают благоприятные микроклиматические условия. На высоте 10Н и далее так же проявляется мелиоративное влияние древесных насаждений через микроциркуляцию климатических факторов. На контроле разница с высотой 5Н в фотосинтезе составила по сортам: Джувел - 0,619 млн.м²/га, Ривьера- 0,632 млн.м²/га, Коломбо – 0,624 млн. м²/га, Аризона – 0,638 млн.м²/га, Кармен- 0,619 млн. м²/га (рис.2). На всех изучаемых сортах картофеля наибольший фотосинтетический потенциал был сформирован в зоне влияния лесных полос.

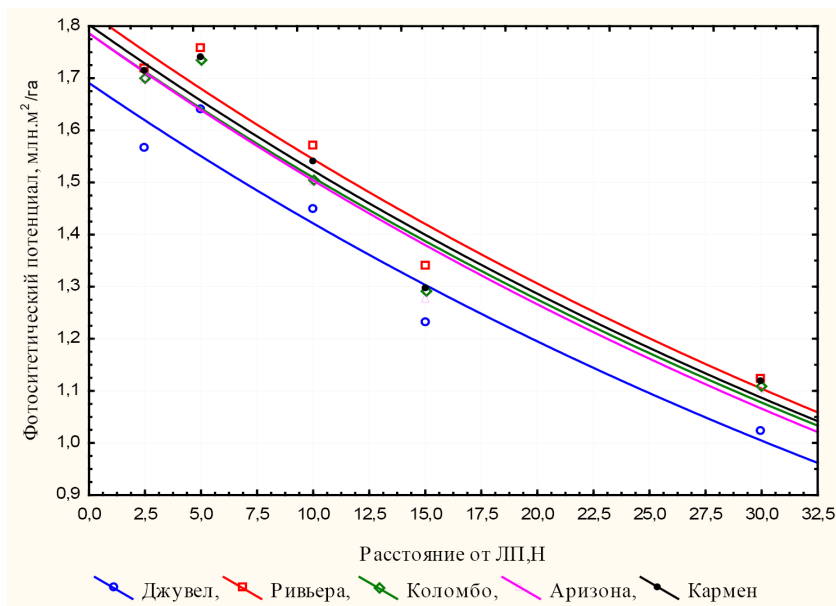


Рис. 2. График зависимости фотосинтетического потенциала разных сортов картофеля от расстояния до лесной полосы, Н

Уравнения связи показателей фотосинтетического потенциала от расстояния до лесной полосы для каждого сорта картофеля имеют вид дифференциальной функции и описываются с помощью экспоненциальной зависимости вида:

$$\begin{aligned} \text{Фп}_{\text{Джувел}} &= 1,6911 \cdot \exp(-0,0012 \cdot x), (R = -0,96); \\ \text{Фп}_{\text{Ривьера}} &= 1,827 \cdot \exp(-0,0012 \cdot x), (R = -0,97); \\ \text{Фп}_{\text{Коломбо}} &= 1,7864 \cdot \exp(-0,0012 \cdot x), (R = -0,95); \\ \text{Фп}_{\text{Аризона}} &= 1,7864 \cdot \exp(-0,0012 \cdot x), (R = -0,95); \\ \text{Фп}_{\text{Кармен}} &= 1,8026 \cdot \exp(-0,0012 \cdot x), (R = -0,95). \end{aligned}$$

где x – расстояние от ЛП в её высотах (Н).

При этом, в границах мелиоративного влияния с учетом ошибок распределения точек относительно кривой от 2,5 Н до 30 Н более точно связь описывается прямой зависимостью вида:

$$\begin{aligned} \text{Джувел: } y &= 1,6614 - 0,0016 \cdot x; r = -0,9608; p = 0,0093; \\ \text{Ривьера: } y &= 1,797 - 0,0017 \cdot x; r = -0,9675; p = 0,0070; \\ \text{Коломбо: } y &= 1,7604 - 0,0017 \cdot x; r = -0,9551; p = 0,0114; \\ \text{Аризона: } y &= 1,76 - 0,0017 \cdot x; r = -0,9495; p = 0,0135; \\ \text{Кармен: } y &= 1,7758 - 0,0017 \cdot x; r = -0,9558; p = 0,0111. \end{aligned}$$

Проведенный анализ подтверждает мелиоративное влияние лесных полос на формирование фотосинтетической деятельности агроценозов картофеля с высоким показателем корреляционной связи. Коэффициент корреляции по каждому сорту картофеля показывает высокую обратную зависимость между фотосинтетическим потенциалом и расстоянием до ЛП.

Выводы

Мелиоративное влияние лесных полос на фотосинтетическую деятельность проявляется в положительном влиянии на биологическую продуктивность агроценозов картофеля исследуемых сортов. Проведенные исследования подтвердили, что под влиянием лесных полос у растений картофеля площадь листьев достигает больших показателей, тем самым повышается интенсивность и продуктивность работы листовой поверхности. Максимальное увеличение онтогенетических параметров площади листьев происходило в фазу бутонизация – цветение, а затем снижалось к началу созревания. Наибольший листовой индекс всех сортов картофеля отмечается в фазе цветения картофеля на высоте 5Н, так же наблюдалось опережение по темпам формирования ассимиляционной поверхности в зоне влияния лесных полос. Высокие показатели фотосинтетического потенциала у всех сортов картофеля отмечены на высоте 5Н. На контроле разница с высотой 5Н в фотосинтезе составила по сортам: Джувел - 0,619 млн.м²/га, Ривьера- 0,632 млн.м²/га, Коломбо – 0,624 млн. м²/га, Аризона – 0,638 млн.м²/га, Кармен- 0,619 млн.м²/га. Выявлена высокая обратная связь между показателями ассимилирующей поверхности и фотосинтетическо-

го потенциала растений картофеля, т.е. что чем дальше от лесных полос, тем меньше фотосинтетическая продуктивность агроценозов картофеля.

Таким образом, на всех изучаемых ультраранних сортах картофеля наибольший фотосинтетический потенциал был сформирован в зоне влияния лесных полос.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Белов С. В. Количественная оценка гигиенической роли леса и нормы лесов зеленых зон. Л.: ЛенНИИЛХ, 1964. 65 с.
2. Белюченко И.С. Лесозащитные полосы как фактор улучшения агроландшафтов и повышения их локального биоразнообразия // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 3. С. 42-54.
3. Варушкина А.М., Луговская Н.П., Максимов А.Ю. Рост и продуктивность картофеля (*Solanum Tuberosum* L.) в условиях светокультуры // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2019. № 2. С. 37-46. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2019.2.4>
4. Горяева Е.В., Кузьмик Н.С. Влияние рекреации на леса зеленой зоны г. Красноярска // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 26. С. 88-92.
5. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Дергачева И. А., Дергачев А.А. Технология возделывания картофеля на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Орошаемое земледелие. 2018. № 2. С. 23-24.
6. Иванцова Е.А. Агроэкологическое значение защитных лесных насаждений в Нижнем Поволжье// Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2014. № 4 (10). С. 40-47.
7. Ивонин В. М., Воскобойникова И. В. Ландшафтная агролесомелиорация. Теоретические исследования и полевые эксперименты: монография / В. М. Ивонин, И. В. Воскобойникова; Под ред. В.М. Ивониной; Новочерк. ин-ж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. Новочеркасск: Лик, 2021. 174 с.
8. Икоева Л.П., Хаева О.Э. Фотосинтетическая деятельность агроценоза различных сортов картофеля в зависимости от применения биопрепаратов // Горное сельское хозяйство. 2022. № 4. С. 39-45. <https://doi.org/10.25691/GSH.2022.4.008>
9. Кулик А.В., Воронина В.П., Узолин А.И. Опыт формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона с целью повыше-

- ния продуктивности агроэкосистем // Известия НВ АУК. 2019. № 3(55). С. 142-152. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-03-18>
10. Манаенков А. С., Абакумова Л. И. Повышение эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 4(28). С. 73-83.
 11. Нургалиева Г.К., Нургалиев А.М., Мусина М.К. Интенсивность фотосинтеза и формирование урожая сортов картофеля различной спелости в условиях Западно-Казахстанской области // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 66-77. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_66
 12. Проездов П.Н., Маштаков Д.А., Есков Д.В., Автономов А.Н., Розанов А.В. Продуктивность склоновых пастбищ под влиянием защитных лесных насаждений и мульчирования в лесостепи и степи Приволжской возвышенности // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2023. № 3. С. 101-111. <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2023.3>
 13. Проездов П.Н., Есков Д.В., Дормидонтова Н.В., Розанов А.В., Маштаков Д.А. Закономерности воздействия защитных лесных насаждений и удобрений на продуктивность пастбищ в степи Поволжья // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 42-48.
 14. Рулев А.С., Рулева О.В. Оценка современного состояния полезащитных лесных полос различной продуваемости // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14. № 5. С. 152-165. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-152-165>
 15. Рулева О.В., Казиева З.М. Методологический подход при исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 106-114. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-01-1>
 16. Рулёва О. В., Казиева З. М. Средаобразующие функции лесных полос в аридных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 3 (59). С. 98–109. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.3.98>
 17. Шафеева Э.И., Комиссаров А.В., Ардуванова Ф.Ф. Динамика роста надземной части среднераннего картофеля сорта невский в южной лесостепи республики Башкортостан // Вестник КрасГАУ. 2017. № 8 (131). С. 9-16.
 18. Ivonin V.M., Voskoboinikova I.V., Matvienko E.Yu., Kaklyugina A.A. Study of forest strip systems agrolandscapes structure // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. Vol. 574, 012034 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012034>

19. Kovaleva E.A., Ivanyo Ya.M. Management models of agrarian production taking into account natural and technogenic impacts on the environment // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Vol. 14. № 3. P. 24-39. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-3-24-39>
20. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S., Kulik A.K. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region // *Studies on Russian Economic Development*. 2017. Vol. 28. № 6. P. 641-647. <https://doi.org/10.1134/S1075700717060053>
21. Kunickaya O., Tanyukevich V., Khmeleva D., Kulik A., Runova E., Savchenkova V., Voronova A., Lavrov M. Cultivation of the targeted forest plantations // *Journal of Environmental Treatment Techniques*. 2020. Vol. 8. № 4. P. 1385-1393. [https://doi.org/10.47277/JETT/8\(4\)1393](https://doi.org/10.47277/JETT/8(4)1393)
22. Johnson M.P. Photosynthesis // *Essays Biochem*. 2016. Vol. 60. P. 255–273. <https://doi.org/10.1042/EBC20160016>

References

1. Belov S.V. *Quantitative assessment of the hygienic role of forests and norms of green zone forests*. L.: LenNIILKh, 1964, 65 p.
2. Belyuchenko I.S. Forest-protective strips as a factor in improving agrolandscapes and increasing their local biodiversity. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*, 2019, vol. 15, no. 3, pp. 42-54.
3. Varushkina A.M., Lugovskaya N.P., Maksimov A.Yu. Growth and productivity of potato (*Solanum Tuberosum* L.) under light-culture conditions. *Bulletin of the Perm Federal Research Center*, 2019, no. 2, pp. 37-46. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2019.2.4>
4. Goryaeva E.V., Kuzmik N.S. Impact of recreation on the forests of the green zone of Krasnoyarsk. *Actual problems of forest complex*, 2010, no. 26, pp. 88-92.
5. Dronova T.N., Burtseva N.I., Dergacheva I.A., Dergachev A.A. Technology of potato cultivation on irrigated lands of the Lower Volga region. *Irrigated Agriculture*, 2018, no. 2, pp. 23-24.
6. Ivantsova E.A. Agroecological significance of protective forest plantations in the Lower Volga region. *Bulletin of Volgograd State University. Series 11: Natural Sciences*, 2014, no. 4 (10), pp. 40-47.
7. Ivonin V. M., Voskoboynikova I. V. *Landscape agroforestry. Theoretical studies and field experiments: monograph* / V. M. Ivonin, I. V. Voskoboynikova; Edited by V. M. Ivonin; Novochoerk. Ing.-Melior. inst. of Donskoy GAU. Novochoerkassk: Lik, 2021, 174 p.

8. Ikoyeva L.P., Khayeva O.E. Photosynthetic activity of agrocnosis of different potato varieties depending on the use of biopreparation. *Mountain Agriculture*, 2022, no. 4, pp. 39-45. <https://doi.org/10.25691/GSH.2022.4.008>
9. Kulik A.V., Voronina V.P., Uzolin A.I. Experience in the formation of agroforestry system on the right bank of the Middle Don to improve the productivity of agroecosystems. *Izvestia NV AUC*, 2019, no. 3(55), pp. 142-152. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-03-18>
10. Manaenkova A. S., Abakumova L. I. Increasing the efficiency of field protection afforestation in acutely arid regions of Russia. *Bulletin of the Volga Region State Technological University. Ser.: Les. Ecology. Nature Management*, 2015, no. 4(28), pp. 73-83.
11. Nurgalieva G.K., Nurgaliev A.M., Musina M.K. Photosynthesis intensity and yield formation of potato varieties of different ripeness in the conditions of West Kazakhstan region. *Perm Agrarian Bulletin*, 2021, no. 4 (36), pp. 66-77. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_66
12. Proezdov P.N., Mashtakov D.A., Eskov D.V., Avtonomov A.N., Rozanov A.V. Productivity of slope pastures under the influence of protective forest plantations and mulching in the forest-steppe and steppe of the Volga Upland. *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*, 2023, no. 3, pp. 101-111. <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2023.3>
13. Proezdov P.N., Eskov D.V., Dormidontova N.V., Rozanov A.V., Mashtakov D.A. Regularities of the impact of protective forest plantations and fertilizers on the productivity of pastures in the steppe of the Volga region. *Uspekhi sovremennoi nauknostvennosti*, 2020, no. 12, pp. 42-48.
14. Rulev A.S., Ruleva O.V. Assessment of the current state of field protective forest strips of different blowing. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 5, pp. 152-165. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-152-165>
15. Ruleva O.V., Kazieva Z.M. Methodological approach in the study of potato bioproductivity in the zone of influence of forest strips of the Lower Volga region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Science and Higher Professional Education*, 2023, no. 1 (69), pp. 106-114. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-01-1>
16. Ruleva O. V., Kazieva Z. M. Concentrating functions of forest strips in arid conditions. *Bulletin of the Volga Region State Technological University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*, 2023, no. 3 (59), pp. 98-109. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.3.98>
17. Shafeeva E.I., Komissarov A.V., Arduvanova F.F. Dynamics of growth of the aboveground part of medium-early potato variety Nevsky in the southern for-

- est-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Vestnik KrasGAU*, 2017, no. 8 (131), pp. 9-16.
18. Ivonin V.M., Voskoboinikova I.V., Matvienko E.Yu. Kaklyugina A.A. Study of forest strip systems agrolandscapes structure. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2020, vol. 574, 012034 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012034>
19. Kovaleva E.A., Ivanyo Ya.M. Management models of agrarian production taking into account natural and technogenic impacts on the environment. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 24-39. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-3-24-39>
20. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S., Kulik A.K. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, vol. 28, no. 6, pp. 641-647. <https://doi.org/10.1134/S1075700717060053>
21. Kunickaya O., Tanyukevich V., Khmeleva D., Kulik A., Runova E., Savchenkova V., Voronova A., Lavrov M. Cultivation of the targeted forest plantations. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 1385-1393. [https://doi.org/10.47277/JETT/8\(4\)1393](https://doi.org/10.47277/JETT/8(4)1393)
22. Johnson M.P. Photosynthesis. *Essays Biochem.*, 2016, vol. 60, pp. 255–273. <https://doi.org/10.1042/EBC20160016>

ВКЛАД АВТОРОВ

- Рулева О.В.:** научное руководство; разработка концепции исследования; проведение статистического анализа.
- Новиков А.А.:** общее руководство направлением исследования; утверждение окончательного варианта статьи.
- Казиева З.М.:** участие в реализации методики исследований; анализ, обобщение и интерпретация полученных данных; доработка и редактирование текста и итоговых выводов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

- Olga V. Ruleva:** scientific management; development of the research concept; statistical analysis.
- Alexey A. Novikov:** general guidance of the research direction; approval of the final version of the article.
- Kazieva Z. Muratovna:** participation in the implementation of the research methodology; analysis, generalization and interpretation of the data obtained; revision and editing of the text and final conclusion.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Рулева Ольга Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

*ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»
ул. Тимирязева, 9, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация
bifu@mail.ru*

Новиков Алексей Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной и инновационной деятельности

*ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»
ул. Тимирязева, 9, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация
alexeynovikov@inbox.ru*

Казиева Зульфия Муратовна, старший преподаватель; старший лаборант-исследователь

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»; ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»
ул. Тимирязева, 9, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация; пр. Университетский, 26, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация
zraskalieva@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Olga V. Ruleva, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher

*VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Research University
“FNC VNIIGiM named after A.N. Kostyakov”
9, Timiryazev Str., Volgograd, 400002, Russian Federation
bifu@mail.ru
SPIN-code: 4975-7230
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7343-4227>
ResearcherID: B-5269-2017
Scopus Author ID: 57220645913*

Alexey A. Novikov, Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director for Scientific and Innovation Activities

*VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Research University
“FNC VNIIGiM named after A.N. Kostyakov”
9, Timiryazev Str., Volgograd, 400002, Russian Federation*

alexeynovikov@inbox.ru

SPIN-code: 4452-1491

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-8268>

ResearcherID: K-3441-2018

Scopus Author ID: 57194574481

Zulfiya M. Kazieva, Senior Lecturer; Senior Research Assistant

Volgograd State Agrarian University; VNIOZ – branch of the Federal State Budgetary Research University “FNC VNIIGiM named after A.N. Kostyakov”

9, Timiryazev Str., Volgograd, 400002, Russian Federation; 26, Universitetsky Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation

zraskalieva@mail.ru

SPIN-code: 4836-5315

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8202-0387>

ResearcherID: KAM-1675-2024

Поступила 27.02.2024

После рецензирования 25.03.2024

Принята 30.03.2024

Received 27.02.2024

Revised 25.03.2024

Accepted 30.03.2024