СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18

THE INFLUENCE OF THE INSOLATION PROCESS ON THE BIOPRODUCTIVITY OF SEED PHYTOCENOSSES IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

S.Yu. Turko¹, K.Yu. Trubakova¹, V.P. Voronina²

¹*Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article shows the relationship between the process of insolation and plant bioproductivity. The action of this process is considered in detail and mathematically described on the example of the object of the former Experimental-production farm «Kachalinskoe» (village 48.647655, h. 44.437225) in the Volgograd region. As a result, it was found that the dependence of the productive component on the light load in the plant community requires finding an optimum in the ratio of these values.

Abstract

The Relevance of research is to study the features of the influence of the insolation process on the biological productivity of seeded phytocenoses in the conditions of the Volgograd region. **The main goal** of the study is to find the optimum in the ratio between the productive component and the light load in the plant community. **Materials and methods.** The authors used observation materials from the site of the former experimental production farm «Kachalinskoe» (north latitude 48.647655, east longitude 44.437225) and modern approaches to processing experimental data. **Results and conclusion.** Solar activity has a direct impact on the formation of plant biomass. The passage of a light beam into the depths of the vegetation cover more strongly activates the photosynthetic process. The formation of organic matter depends on the area of the assimilating apparatus, on the formed aboveground phytomass. The optical density coefficient for a particular plant depends only on the duration of the growing season (on the total value of the light load). There are two values of this coefficient – at the beginning and at the end of the growing season. At the beginning of the growing season, there is enough light for the plants to absorb, but the receiving surface is not enough. At the end of the growing season, the opposite is true. Hence, we get two vectors of the biological process. At the beginning, the vegetation process is inhibited due to the lack of perceived surface, and at the end – due to weak light activity, an optimum is required. The coefficient values vary from 0.01 to 0.33 for the Volgograd region. A ray of light undergoes a change when it enters the plant screen. This change is the greater, the denser the vegetation screen (the greater the optical density coefficient). As a result, the dependence of the productive component on the light load in the plant community was determined. On the object under study, the radiation balance (B) was 1.24-1.26 cal/cm² · min, and the photosynthetically active radiation (PAR) is within 0.72-0.75 cal/cm² · min. Radiation balance in expanded form: direct radiation (S) 1.21-1.22, scattered radiation (D) – 0.34-0.39, reflected radiation (Rk) 0.32-0.36 cal/cm² · min

Key words: *insolation, solar activity, vegetation cover, light load, bioproductivity, phytocenosis.*

Citation. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu., Voronina V.P. The influence of the insolation process on the bioproductivity of seed phytocenoses in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 182-190 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the collection of material, data analysis and writing the manuscript. The authors of the article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.1:551.521.1

**ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ИНСОЛЯЦИИ НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ
СЕЯНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****С. Ю. Турко¹**, кандидат сельскохозяйственных наук**К. Ю. Трубакова¹**, младший научный сотрудник**В. П. Воронина²**, доктор сельскохозяйственных наук¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность исследований заключается в изучении особенностей влияния процесса инсоляции на биопродуктивность сеяных фитоценозов в условиях Волгоградской области. **Цель исследования** сводится к нахождению оптимума в соотношении между продуктивной составляющей и световой нагрузкой в растительном сообществе. **Материалы и методы.** Были использованы материалы наблюдений, полученные на объекте – бывшем ОПХ «Качалинское» (с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225), а также современные подходы обработки экспериментальных данных. **Результаты и выводы.** Солнечная активность оказывает непосредственное влияние на формирование биомассы растений. Прохождение светового потока в глубину растительного покрова сильнее активизирует работу фотосинтетического процесса. Интенсивность образования органического вещества зависит от площади ассимилирующего аппарата, т.е. от сформированной наземной фитомассы. Коэффициент оптической плотности ($K_{оп}$) для конкретного растения зависит лишь от продолжительности вегетационного периода (от суммарной величины световой нагрузки). Существует два значения $K_{оп}$ – в начале и в конце вегетации. В начале вегетации света для поглощения растениями достаточно, а принимающей поверхности не хватает. В конце вегетации – наоборот. Отсюда получаем два вектора биологического процесса. Вначале вегетационный процесс тормозится из-за нехватки воспринимаемой поверхности, а в конце – из-за слабой световой активности необходим оптимум. Для Волгоградской области $K_{оп}$ варьируются от 0,01 до 0,33. При попадании в растительный экран световой поток претерпевает изменение. Это изменение тем больше, чем плотнее растительный экран (больше коэффициент оптической плотности – $K_{оп}$). В результате исследования определена зависимость продуктивной составляющей от световой нагрузки в растительном сообществе. На исследуемом объекте радиационный баланс (В) составил 1,24-1,26 кал/см²·мин., а ФАР лежит в пределах 0,72-0,75 кал/см²·мин. Радиационный баланс в раскладке выглядит следующим образом: прямая радиация (S) – 1,21-1,22, рассеянная радиация (D) – 0,34-0,39, отраженная радиация (R_k) – 0,32-0,36 кал/см²·мин.

Ключевые слова: инсоляция, сеяные фитоценозы, растительный покров, световая нагрузка, биопродуктивность фитоценозов.

Цитирование. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Воронина В. П. Влияние процесса инсоляции на биопродуктивность сеяных фитоценозов в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 1 (61). 182-190. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе материала, анализе данных и написании рукописи. Авторы статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Открытие процесса фотосинтеза – это эволюционный прорыв, который расширил познания в области биологии и раскрыл значение биологической активности растений, ее экологической роли и способов оценки в экосистемах. Действие процесса напрямую зависит от двух составляющих: солнечной радиации (световой нагрузки) и

площади приема. Установлено, что существует связь между ежегодными колебаниями урожайности сельскохозяйственных культур и различными вариациями солнечной активности [8]. Показатель солнечной радиации существенно меняется, проходя через верхнюю кромку в полог насаждений. По мере удаления плотность светового потока уменьшается [3, 9]. Уменьшение пропускания этого потока с глубиной полога связано с увеличением листовой поверхности по глубине, которая выражается коэффициентом экстинкции, т.е. на уровне 0-h, средняя величина световой нагрузки будет тем больше, чем меньше высота и плотность растений в сообществе [4, 5]. Плотность травостоя зависит от степени развития листового аппарата растений. Векторы изменения световой нагрузки и площади листового аппарата полярны, что позволяет выдвинуть теорию условной вероятности одновременно их влияния и предполагает наличие оптимума в соотношении света и листовой поверхности для максимальной продуктивности растений. Отметим, что с изменением световой нагрузки изменяется и процесс фотосинтеза [1].

В результате исследований проведен расчёт оптимального соотношения факторов, определяющих продуктивность травостоя как за вегетационный период, так и по отдельным годам. Это относится не только к свету, но и к влагообороту. В начале вегетации листовой аппарат слабо развит и почвенная влага уходит в атмосферу через физическое испарение. По мере увеличения площади листа начинается транспирационный влагообмен, который определяет продуктивность растений. Физическое испарение из-за увеличения плотности растительного экрана уменьшается [11]. Одна из составляющих влагообмена уменьшается, другая возрастает, что говорит о наличии определенного оптимума.

Фитопродуктивность растений – комплексный показатель, который рассчитывается как прирост растительной массы на единицу площади. Она зависит от свойств питательной среды, погодных условий, запасов влаги в почве с учётом ее расходования в период вегетации [2, 7, 12]. Световой поток оказывает влияние на фитопродуктивность лишь через температурный режим.

В работе [10], исследуя ажурность лесных полос, определяют фитопродуктивность по суммарной ширине крон. Удельная прозрачность и у однорядных, и у многорядных лесонасаждений практически одинакова и зависит от видового состава растительного сообщества и его отношения к свету [6].

Материалы и методы. Были использованы материалы наблюдений, полученные на объекте – бывшем ОПХ «Качалинское» (с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225), а также применена современная обработка экспериментальных данных для определения влияния инсоляционного процесса на биопродуктивность сеяных фитоценозов.

Результаты и обсуждение. Принято считать, что коэффициент оптической плотности ($K_{оп}$) для конкретного растения зависит лишь от продолжительности вегетационного периода (от суммарной величины световой нагрузки). Существует два значения $K_{оп}$ – в начале и в конце вегетации. В начале вегетации света для поглощения растениями достаточно, а принимающей поверхности площади листьев не хватает. В конце вегетации – наоборот. Отсюда получаем два вектора биологического процесса. Вначале вегетационный процесс тормозится из-за нехватки воспринимаемой поверхности, а в конце – из-за слабой световой активности, т.е. необходимо определить оптимум.

Для Волгоградской области $K_{оп}$ варьируется от 0,01 до 0,33. При попадании в растительный экран световой поток претерпевает изменение. Это изменение тем больше, чем плотнее растительный экран (больше коэффициент оптической плотности – $K_{оп}$). Роль света в фитоценозе определяется растительным сообществом и человеком как хозяйствующим субъектом. Определяя световую нагрузку в растительном сообществе допускается: использовать неэлементарные точечные значения световой нагрузки,

а средние – по всему экрану; пространство растительного экрана считается анизотропным, т.е. $K_{оп}$ не зависит от пространственных координат; изменение световой нагрузки в растительном экране считается пропорциональным прозрачности экрана.

Существуют два варианта описания прозрачности растительного экрана. Один из них взят за основу, т.к. отвечает краевым условиям:

$$\varphi_э = \left(1 - K_{оп} \ln \left(\frac{X + B}{B} \right) \right), \quad (1)$$

где $\varphi_э$ – прозрачность растительного экрана (в долях); X – зона проникновения света в растительный экран; B – коэффициент для растительного экрана принят за 1 ед.

Второй подход имеет зависимость вида:

$$\varphi_э = e^{-KX}, \quad (2)$$

где K – коэффициент, учитывающий плотность экрана; X – глубина проникновения света в растительный экран, см.

С учетом вышеотмеченных допущений и принятой зависимости прозрачности экрана световая нагрузка в растительном экране рассчитывается по формуле:

$$I_{cp} = \frac{1}{h} \int_0^h I_0 [1 - K_{оп} \ln(X + 1)] dx, \quad (3)$$

где I_0 – плотность светового потока на подходе к растительному экрану, за вегетацию; X – глубина проникновения света в растительный экран, см; h – высота растительного экрана, см; $K_{оп}$ – оптическая плотность растительного экрана.

Решение данного уравнение и учет граничных условий позволяет получить уравнение вида:

$$I_{cp} = I_0 \left\{ 1 - K_{оп} \left[\frac{h+1}{h} \ln(h+1) - 1 \right] \right\}, \quad (4)$$

где I_{cp} – среднее значение световой нагрузки в растительном сообществе с высотой h , см.

Определили компоненту, влияющую на фитопродуктивность растений. Необходимо определить величину, воспринимающую эту нагрузку надземной фитомассой. Она, как и световой поток, связана с коэффициентом оптической плотности растительного экрана и зависит от свойств самого растительного сообщества и от световой нагрузки данной территории, а также от условий произрастания. Необходимо раскрыть коэффициент $K_{оп}$. Выразим продуктивную составляющую, которая пропорциональна произведению света и удельной площади, его воспринимающей:

$$q_p = I_{cp} \cdot K_{оп},$$

где q_p – биомасса, формирующаяся в растительном сообществе.

Аналогичную схему используют для расчета фитопродуктивности злаковых культур, только вместо $K_{оп}$ рассчитывают коэффициент использования световой нагрузки – $K_{ФАР}$:

$$q_p = \frac{I_{cp} \cdot K_{ФАР}}{100 \cdot K_p}, \quad (5)$$

где I_{cp} – плотность световой нагрузки за вегетацию, ккал/га; q_p – биологическая продуктивная составляющая, ц/га; K_p – калорийность 1 кг растений, ккал/га; $K_{ФАР}$ – коэффициент использования света.

В данной зависимости $K_{ФАР}$ равен 2,5 %, но исследования доказывают, что этот показатель зависит от условий места и года произрастания растений. Величина I_{cp} также зависит от прозрачности растительного экрана, поскольку здесь нет сомкнутого экрана, т. к. он играет немаловажную роль. Немного усовершенствовав зависимость путем введения I_{cp} и коэффициента N_y , получаем:

$$q_p = \frac{I_{cp} \cdot K_{ФАР} \cdot N_y}{100 \cdot K_p},$$

$$\text{где } N_y = \left[1 - b_1 \left(\frac{\Delta T}{T_{онм}} \right) \right]^2 \left[1 - b_2 \left(\frac{\Delta W}{W_{онм}} \right)^2 \right] \left[\frac{N}{N_{онм}} \cdot \frac{P}{P_{онм}} \cdot \frac{K}{K_{онм}} \right]^m, \quad (6)$$

где N_y – коэффициент куртинности; ΔT , ΔW – отклонение температуры воздуха и влагозапасов в почве от оптимальных значений – $\Delta T_{опт}$ и $\Delta W_{опт}$; N , P , K – фактическое содержание в почве азота, фосфора и калия; $N_{опт}$, $P_{опт}$, $K_{опт}$ – оптимальное содержание азота, фосфора и калия.

Проблема сводится к поиску значений по годам коэффициента N_y . Ее трудно решить из-за вариабельности в вегетационный период всех входящих в формулу 6 показателей. Выразим роль света в продуктивной составляющей. Необходимо три показателя $K_{оп}$ и три варианта h растений. Опираясь на аллометрический закон роста, который говорит о связи между $K_{оп}$ и h , рассчитаем:

$$\frac{dK_{оп}}{dh} = \psi_1, \quad (7)$$

где ψ_1 – коэффициент пропорциональности.

Решение этого уравнения и использование граничных условий позволят получить зависимость:

$$K_{оп} = 0,004h \text{ и } h = 250 \cdot K_{оп}. \quad (8)$$

$K_{оп}$ равно 0,1; 0,15 и 0,2. Высота растений (h) составляет 25; 37,5; 50 см. q_p соответственно будет равным 0,0794 I_0 ; 0,08817 I_0 и 0,0796 I_0 . Следовательно, при $K_{оп} = 0$ и $K_{оп} = 0,339$ получим нулевое значение q_p . В первом случае из-за $K_{оп} = 0$, во втором из-за $I_0 = 0$.

По полученным данным можно судить о зависимости продуктивной составляющей от световой нагрузки в растительном сообществе, график имеет параболический характер и один максимум (рисунок 1).

Рисунок 1 – Зависимость продуктивной составляющей от коэффициента оптической плотности растительного сообщества ($K_{оп}$):

$I_{ср}$ – световая нагрузка за вегетацию в Волгоградской области

Figure 1 – Dependence of the productive component on the coefficient of optical density of the plant community ($K_{оп}$)

$I_{ср}$ – light load for the growing season in the Volgograd region

На исследуемом объекте радиационный баланс (B) составлял 1,24-1,26 кал/см²·мин., а ФАР лежал в пределах 0,72-0,75 кал/см²·мин. Радиационный баланс в раскладке выглядел следующим образом: прямая радиация (S) – 1,21-1,22, рассеянная радиация (D) – 0,34-0,39, отраженная радиация (R_k) – 0,32-0,36 кал/см²·мин (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения радиационного баланса и ФАР на примере посева озимой пшеницы

Table 1 – Average values of radiation balance and photosynthetically active radiation on the example of sowing winter wheat

Показатель / Index	Расстояние от лесной полосы, Н / Distance from the forest strip, H			
	1,5H	5H	10H	3H
B , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	1,25	1,26	1,25	1,24
S , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	1,22	1,21	1,22	1,22
D , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	0,39	0,37	0,34	0,34
R_k , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	0,36	0,32	0,33	0,32
ФАР, кал/см ² ·мин / Photosynthetically active radiation, cal/sm ² ·min	0,74	0,74	0,72	0,75

Идентификация полевого материала имеет небольшую разницу между модельными и опытными данными (рисунок 2).

Получены расчеты с объекта, который имеет сплошной растительный экран. Растительный покров пастбищ имеет куртинный характер, поэтому следует учитывать степень проективного покрытия. Разница в расчете несколько смещает значение фитопродуктивности. В данном случае коэффициент оптической плотности будет ниже и рассчитывается по формуле:

$$K_{оп.п} = K_{пок} \cdot K_{оп.к}, \quad (9)$$

где $K_{оп.п}$, $K_{оп.к}$ – коэффициенты оптической плотности для пастбища; $K_{пок}$ – коэффициент проективного покрытия (в долях 1 ед.); K – куртины на пастбище.

Рисунок 2 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (т/га) от коэффициента оптической плотности растительного экрана, Коп

Figure 2 – Dependence of the yield of winter wheat (t/ha) on the coefficient of optical density of the plant screen, Коп

Выводы. Солнечная активность непосредственно влияет на формирование биомассы растений. Фотосинтетическая активность растений напрямую зависит от проникновения светового потока сквозь растительный покров. Интенсивность образования органического вещества зависит от площади ассимилирующего аппарата (надземная фитомасса).

Оптимальные природно-климатические условия для роста растений не всегда есть фактор положительный. Сильно плотные посевы могут оказать отрицательное влияние на развитие биомассы. В этом случае предложение (световая нагрузка) не будет соответствовать спросу (площадь приема этой световой нагрузки). Необходимо стремиться к оптимуму этого соотношения.

Радиационный максимум достиг $1,26 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$, ФАР – $0,75 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ Прямая радиация лежит в пределах $1,21\text{--}1,22$, рассеянная радиация – $0,34\text{--}0,39$, отраженная радиация $0,32\text{--}0,36 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ Коэффициент снижения радиации с учетом куртинности покрытия должен быть не более $0,25$. Коэффициент $K_{\text{ФАР}}$ должен быть приближенным к 1. В этом случае будет использоваться световая радиация (ФАР) около $2,5 \%$.

Благодарность. Авторы выражают глубокую признательность доктору сельскохозяйственных наук Васильеву Юрию Ивановичу за оказанную помощь в обработке экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Буянкин Н. И., Красноперов А. Г., Федорова З. Н. Оптимальные сроки летних посевов средообразующих культур в зависимости от высоты солнцестояния и количества осадков // Агро-ЭкоИнфо. 2015. № 3 (19). С. 2.
2. Васильев Ю. И., Волошенкова Т. В., Овечко Н. Н. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 4. С. 54-57.
3. Молчанов А. Г. Изменчивость световых кривых фотосинтеза некоторых древесных пород // Лесоведение. 2015. № 1. С. 20-26.

4. Молчанов А. Г. Физиологические исследования древесных растений // Лесохозяйственная информация. 2019. № 4. С. 23-31.
5. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. В.: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.
6. Турбина И. Н., Кукуричкин Г. М. Изменения пигментного комплекса древесных растений в условиях интродукции // Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 42-43.
7. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 37-44.
8. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Долгосрочный прогноз погодных условий как инструмент планирования стабильного роста и развития растений на пастбище // Известия НВ АУК. 2020. № 4 (27). С. 42-47.
9. Cosmic rays, solar activity, and changes in the earth's climate / Y. I. Stozhkov [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2017. V. 81. № 2. P. 252-254.
10. Rosati A., Wolz K. J., Shibu J. Modeling light below tree canopies overestimates net photosynthesis and radiation use efficiency in understory crops by averaging light in space and time // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 284. P. 107892.
11. Shary P. A., Sharaya L. S., Lysenko T. M. Influence of Solar Radiation on the Distribution of Halophytes in Plant Communities // Russ J Ecol. 2020. Vol. 51. P. 329-336.
12. The contribution of spike photosynthesis to wheat yield needs to be considered in process-based crop models / Meng Zhangab [et al.] // Field Crops Research. 2020. Vol. 257. P. 107931.

Conclusions. Solar activity affects the formation of plant biomass. The photosynthetic activity of plants depends on the penetration of the light beam into the vegetation cover. The intensity of the formation of organic matter depends on the area of the assimilating apparatus (the above-ground phytomass). Optimal climatic conditions for plant growth are not always a positive factor. Highly dense crops can have a negative role in the development of biomass. It is necessary to strive to find the optimum. The radiation maximum was 1.26 cal/cm² · min., photosynthetically active radiation (PAR) – 0.75 cal/cm² · min. Direct radiation lies in the range of 1.21-1.22, scattered radiation – 0.34-0.39, reflected radiation 0.32-0.36 cal/cm² · min. The radiation reduction factor, taking into account the curtain of the coating, should be no more than 0.25. The coefficient PAR should be close to 1. In this case, light radiation (PAR) of about 2.5% will be used.

References

1. Buyankin N. I., Krasnoperov A. G., Fedorova Z. N. Optimal'nye sroki letnih posevov sredodobrazuyuschih kul'tur v zavisimosti ot vysoty solncestoyaniya i kolichestva osadkov // Agro-jekoInfo. 2015. № 3 (19). P. 2.
2. Vasil'ev Yu. I., Voloshenkova T. V., Ovechko N. N. Metodologiya prognoza var'irovaniya urozhaya zernovyh kul'tur v agrolesolandshafte v svyazi s nestabil'nost'yu klimaticheskikh harakteristik // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2013. № 4. P. 54-57.
3. Molchanov A. G. Izmenchivost' svetovyh krivyh fotosinteza nekotoryh drevesnyh porod // Lesovedenie. 2015. № 1. P. 20-26.
4. Molchanov A. G. Fiziologicheskie issledovaniya drevesnyh rastenij // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2019. № 4. p. 23-31.
5. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. V.: VNIALMI, 2017. 333 p.
6. Turbina I. N., Kukurichkin G. M. Izmeneniya pigmentnogo kompleksa drevesnyh rastenij v usloviyah introdukcii // Estestvennye i tehicheskie nauki. 2018. № 11 (125). P. 42-43.
7. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Intensivnost' formirovaniya travostoya na imitacionnyh modelyah pastbisch razlichnogo sezona ispol'zovaniya // Agrarnyj vestnik Urala. 2020.

№ 11 (202). P. 37-44.

8. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Dolgosrochnyj prognoz pogodnyh uslovij kak instrument planirovaniya stabil'nogo rosta i razvitiya rastenij na pastbische // Izvestiya NV AUK. 2020. № 4 (27). P. 42-47.

9. Cosmic rays, solar activity, and changes in the earth's climate / Y. I. Stozhkov [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2017. V. 81. № 2. P. 252-254.

10. Rosati A., Wolz K. J., Shibu J. Modeling light below tree canopies overestimates net photosynthesis and radiation use efficiency in understory crops by averaging light in space and time // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 284. P. 107892.

11. Shary P. A., Sharaya L. S., Lysenko T. M. Influence of Solar Radiation on the Distribution of Halophytes in Plant Communities // Russ J Ecol. 2020. Vol. 51. P. 329-336.

12. The contribution of spike photosynthesis to wheat yield needs to be considered in process-based crop models / Meng Zhangab [et al.] // Field Crops Research. 2020. Vol. 257. P. 107931.

Author's Information

Turko Svetlana Yuryevna, researcher of the laboratory of forest reclamation and forestry problems of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 89610643117, e-mail: turkosvetlana73@mail.ru

Trubakova Karine Yuryevna, junior researcher of the laboratory of molecular selection of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), tel. 89275375992, e-mail: trubakova.karine@mail.ru

Voronina Valentina Pavlovna, Professor at the Department «Agroecology and landscapes afforestation amelioration» Volgograd state agrarian university (26, Universitetskiy prospect, Volgograd, Russia, 400002), Doctor of Agricultural Sciences. e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Информация об авторах

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник лаборатории лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89610643117. E-mail: turkosvetlana73@mail.ru

ORCID: orcid.org/0000-0002-2546-4755. **Web of Science Researcher ID:** W-4139-2018

РИНЦ: SPIN-код: 1085-5263, AuthorID: 185088

Трубакова Каринэ Юрьевна младший научный сотрудник лаборатории молекулярной селекции ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89275375992. E-mail: trubakova.karine@mail.ru. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-0528-3367

Web of Science Researcher ID: W-3961-2018. **РИНЦ:** SPIN-код: 4517-0563, AuthorID: 934885

Воронина Валентина Павловна, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

E-mail: v.p.voronina@mail.ru. **ORCID:** http://orcid.org/0000-0002-3441-5314