Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 70–77.

Forest of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 70–77.

Научная статья

УДК 630*232.31

DOI: 10.51318/FRET.2025.93.2.008

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН

Сергей Сергеевич Лутай

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

Аннотация. В работе предпринята попытка изучения влияния биологически активных добавок на всхожесть и интенсивность прорастания семян травянистых растений на примере сорта космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus* Cav.). Данное однолетнее растение при высокой декоративности характеризуется длительным цветением, что обусловило его широкое использование при озеленении городов и других населенных пунктов. Космея высевается как непосредственно в грунт, так и выращивается в виде рассады с целью ускорения вступления в фазу цветения. Для повышения всхожести семян и появления дружных всходов нами произведена их обработка биологически активными добавками (фиторегуляторами). К последним относились растворы из проростков яровой пшеницы; проростков яровой пшеницы с 0,5 %-ным раствором формалина; хвои ели сибирской; проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1) с 0,5 %-ным раствором формалина; проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (2:1) с 0,5 %-ным раствором формалина. Исследования показали, что применение всех указанных фиторегуляторов оказывает положительное влияние на всхожесть семян и скорость их прорастания. Так, при всхожести семян на контроле 88–90 % последняя при обработке фиторегуляторами составляла 96,5–99,0 %. При этом максимальная всхожесть зафиксирована в трех из пяти вариантах опыта. Период прорастания семян сократился с 2–8 сут на контроле до 2–5 сут при применении фиторегулятора. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности использования фиторегуляторов.

Ключевые слова: озеленение, посадочный материал, семена, всхожесть, период прорастания, фиторегуляторы

Для цитирования: Лутай С. С. Влияние биологически активных добавок на всхожесть семян // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 2 (93). С. 70–77.

Original article

INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES ON SEED GERMINATION

Sergey S. Lutai

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia
sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

Abstract. The work attempts to study the influence of biologically active additives on the germination and intensity of seed germination of herbaceous plants using the example of the *Cosmos bipinnatus* variety (*Cosmos bipinnatus* Cav.). This annual plant, with its high decorative value, is characterized by long flowering, which has led to its widespread use in landscaping cities and other settlements. Cosmos is sown both directly into the soil and grown as seedlings in order to accelerate the entry into the flowering phase. To increase seed germination and the appearance of friendly shoots, we treated them with biologically active additives (phytoregulators). The latter included solutions from spring wheat germinating seedling; spring wheat germinating seedling with 0,5 % formalin solution; Siberian spruce needles; spring wheat germinating seedling, Siberian spruce needles (1:1) with 0,5 % formalin solution; spring wheat germinating seedling and Siberian spruce needles (2:1) with 0,5 % formalin solution. The researches have shown that the use of all the above phytoregulators has a positive effect on seed germination and germination rate. Thus, with seed germination in the control of 88–90 %, the latter was 96,5–99,0 % when treated with phytoregulators. At the same time, the maximum germination was recorded in three of the five experimental variants. The seed germination period was reduced from 2–8 days in the control to 2–5 days when using the phytoregulator. The data obtained indicate the high efficiency of using phytoregulators.

Keywords: landscaping, planting material, seeds, germination, germination period, phytoregulators

For citation: Lutai S. S. Influence of biologically active additives on seed germination // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 2 (93). P. 70–77.

Введение

Широкомасштабное проведение работ по озеленению, лесовосстановлению и лесоразведению вызывает необходимость расширения объемов выращивания посадочного материала. Кроме того, очень важно при выращивании растений из семян иметь дружные всходы с коротким периодом прорастания, поскольку указанное обеспечивает выращивание нескольких ротаций посадочного материала на одной и той же площади, что снижает его себестоимость.

Особо следует отметить, что сокращение срока выращивания рассады обеспечивает увеличение периода цветения у травянистых растений, что имеет первостепенное значение при озеленении, особенно в районах с коротким вегетационным периодом.

Применяемые в настоящее время агротехники выращивания посадочного материала далеко не всегда обеспечивают создание благоприятных экологических условий для прорастания семян и роста всходов. В частности, многие питомники характеризуются низким плодородием почв и неблагоприятными лесорастительными условиями (Кан и др., 2015; Оплетаев и др., 2020), что вызывает необходимость внесения удобрений, в том числе нетрадиционных (Залесов и др., 2015; Опыт выращивания..., 2017; Рахимжанов и др., 2020).

С целью компенсации недостатков агротехники завышаются нормы высева семян. Повышение коэффициента использования семян и выхода стандартного посадочного материала с единицы площади может быть обеспечено совершенствованием агротехнических мероприятий, обеспечивающих

управление всхожестью и ростом всходов. В частности, указанное может быть достигнуто использованием современных экологически безопасных средств, в том числе стимуляторов роста, защитно-стимулирующих составов и т. д. (Пентелькина и др., 2005).

Современный уровень биотехнологий позволяет получить высокоэффективные, физиологически активные и экологически безопасные препараты, которые могут успешно использоваться при выращивании посадочного материала. Применение физиологически активных веществ – регуляторов роста является сравнительно новым направлением в озеленении и лесовосстановлении. В настоящее время в качестве регуляторов роста применяется большое количество различных химических соединений и арсенал их с каждым годом пополняется (Верзилов, 1971; Никелл, 1984; Вакуленко, 2004; Никитенко и др., 2005).

Регуляторы роста как при предпосевной обработке семян, так и при опрыскивании вегетирующих растений используются в незначительных дозах, что дает немалую экономию средств и позволяет минимизировать себестоимость выращивания посадочного материала (Регуляторы..., 1990; Лутай, Воробьев, 2013; Воробьев и др., 2019; Китапбаева и др., 2019).

Применение биологически активных добавок при выращивании посадочного материала сдерживается недостатком объективных научно обоснованных данных об их эффективности, что и определило направление исследований.

Цель, объекты и методики исследований

Цель работы – установление эффективности влияния различных видов и доз фиторегулятора на всхожесть и скорость прорастания семян травянистых растений на примере одного из сортов космеи дваждыперистой (*Cosmos bipinnatus* Cav.).

Выбор космеи дваждыперистой обусловлен тем, что ее сорта и формы активно используются при озеленении городов и других населенных пунктов.

Вид представляет собой травянистое однолетнее растение высотой от 0,8 до 1,5 м с цветами

диаметром от 8 до 12 см желтого, красного, белого, розового и пурпурного цвета, как бы парящими над ажурной зеленью. Растение относительно холодостойкое, светолюбиво и малотребовательно к плодородию почвы. Цветение растения протекает с июня и до сильных заморозков (Хессайон, 1998).

Космея дваждыперистая размножается семенами, которые сохраняют всхожесть в течение 5 лет. Высаживают растения на объекты озеленения посевом в конце мая или выращивают рассаду с апреля, что значительно увеличивает период цветения.

Семена космеи продолговатые, как правило, темно-коричневые, сероватые или серо-желтые длиной 7–12 мм.

Для эксперимента были выбраны лучшие по внешнему виду семена без повреждений.

В качестве фиторегуляторов использовались следующие биологически активные добавки:

- раствор из проростков яровой пшеницы;
- раствор из проростков яровой пшеницы, разбавленный 5 %-ным раствором формалина;
- раствор из хвои ели сибирской;
- раствор из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1), разбавленный 5 %-ным раствором формалина;
- раствор из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (2:1), разбавленный 5 %-ным раствором формалина.

Для опытов отбиралось по 200 семян космеи дваждыперистой. Известно, что семена формируются в процессе жизнедеятельности материнского растения в определенных условиях окружающей среды. В результате воздействия экзогенных и эндогенных факторов в различные периоды жизни материнских растений семена отличаются друг от друга по биологическим, генетическим и фитотипическим признакам (Якушкина, Артемова, 1985).

Для посева использовались крупные хорошо вызревшие семена. Отбор семян производился с использованием 3–4 %-ного раствора хлорида натрия (30–50 г на 1 л воды). Семена помещали в данный раствор небольшими партиями с последующим перемешиванием.

Семена намачивались в растворе в течение 1–1,5 мин. Всплывшие семена удалялись. С осевших семян аккуратно сливали раствор, а затем их дважды промывали чистой водой и просушивали. Затем каждую партию из 200 семян обрабатывали одним из указанных видов раствора фиторегулятора в концентрациях 1; 0,1; 0,01; 0,001 и 0,0001 %. Контрольный вариант семян просто смачивался чистой водой.

В каждом из вариантов опыта семена просто вдавливались в верхний слой предварительно взрыхленной почвы.

Результаты и их обсуждение

Каждый вид фиторегулятора изучался по одинаковой схеме, описанной в методике работ. В качестве примера влияния на всхожесть семян раствора проростков яровой пшеницы разной концентрации можно привести данные табл. 1.

Материалы табл. 1 наглядно свидетельствуют, что все концентрации раствора проростков яровой пшеницы оказывают положительное влияние на общую всхожесть семян. Так, если на контроле всхожесть семян составляет 89,0 %, то в опытах, когда используется указанный фиторегулятор,

всхожесть семян варьируется от 90,5 до 99,0 %. Другими словами, при обработке семян космеи раствором проростков яровой пшеницы в концентрации 0,01 % расход семян может быть сокращен на 11,2 %.

При выращивании посадочного материала травянистых растений, т. е. рассады, важное значение имеет появление дружных всходов семян и период их общего прорастания. Приведенные данные (см. табл. 1) свидетельствуют, что период прорастания семян на контроле составляет 7 дней.

При этом использование раствора проростков яровой пшеницы в концентрации 0,01 % сокращает срок появления всходов, т. е. прорастания семян, до четырех суток. Особо следует отметить, что в указанном варианте опыта 60 % семян прорастает на вторые сутки после посева, в то время как на контроле на вторые сутки прорастает лишь 10 % семян.

При использовании комбинированного фиторегулятора в составе проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (1:1) с раствором 5 % формалина оптимальной является концентрация фиторегулятора 0,1 % (табл. 2).

Таблица 1

Table 1

Полевая всхожесть семян космеи дваждыперистой при различных концентрациях раствора проростков, шт./%
Field germination of double-feathered cosmea seeds at various concentrations of the seedling solution, pcs./%

№ п/п № p/p	Концентрация, % Concentration, %	Количество всходов спустя период, суток Number of seedlings after a period, days						Всего семян Total seeds
		2	3	4	5	6	7	
1	1	$\frac{11}{5,5}$	$\frac{31}{15,5}$	$\frac{64}{32,0}$	$\frac{126}{63,0}$	$\frac{178}{89,0}$	$\frac{181}{90,5}$	$\frac{181}{100}$
2	0,1	$\frac{8}{4,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{66}{33,0}$	$\frac{130}{65,0}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{200}{100}$
3	0,01	$\frac{60}{30,0}$	$\frac{100}{50,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{200}{100}$
4	0,001	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{76}{38,0}$	$\frac{111}{55,5}$	$\frac{151}{75,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{200}{100}$
5	0,0001	$\frac{36}{18,0}$	$\frac{72}{36,0}$	$\frac{109}{54,5}$	$\frac{147}{73,5}$	$\frac{188}{94,0}$	$\frac{188}{94,0}$	$\frac{200}{100}$
6	Контроль	$\frac{10}{5,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{59}{29,5}$	$\frac{126}{63,0}$	$\frac{166}{83,0}$	$\frac{178}{89,0}$	$\frac{200}{100}$

Таблица 2

Table 2

Полевая всхожесть семян космеи дваждыперистой при различных концентрациях раствора фиторегулятора из проростков яровой пшеницы, хвои ели сибирской (1:1)

и 0,5 %-ного раствора формалина, шт./%

Field germination of double-feathered cosmea seeds at various concentrations of a phyto regulator solution from spring wheat seedlings, Siberian spruce needles (1:1) and 0,5 % formalin solution, pcs./%

№ п/п № p/p	Концентрация, % Concentration, %	Количество всходов спустя период, сут Number of seedlings after a period, days						Всего семян Total seeds
		2	3	4	5	6	7	
1	1	$\frac{15}{7,5}$	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{73}{36,5}$	$\frac{133}{66,5}$	$\frac{180}{90,0}$	$\frac{185}{92,5}$	$\frac{181}{100}$
2	0,1	$\frac{64}{32,0}$	$\frac{104}{52,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{198}{99,0}$	$\frac{200}{100}$
3	0,01	$\frac{40}{20,0}$	$\frac{78}{39,0}$	$\frac{115}{57,5}$	$\frac{157}{94,5}$	$\frac{189}{97,5}$	$\frac{195}{97,5}$	$\frac{200}{100}$
4	0,001	$\frac{8}{4,0}$	$\frac{29}{14,5}$	$\frac{66}{33,0}$	$\frac{130}{65,0}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{186}{93,0}$	$\frac{200}{100}$
5	0,0001	$\frac{35}{17,5}$	$\frac{72}{36,0}$	$\frac{108}{54,0}$	$\frac{147}{73,5}$	$\frac{183}{91,5}$	$\frac{187}{93,5}$	$\frac{200}{100}$
6	Контроль	$\frac{4}{2,0}$	$\frac{27}{13,5}$	$\frac{58}{29,0}$	$\frac{119}{59,5}$	$\frac{162}{81,0}$	$\frac{176}{88,0}$	$\frac{200}{100}$

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что использование комбинированного фиторегулятора обеспечивает общую полевую всхожесть семян 92,5 до 99,0 % при 88 % на контроле. Кроме того, использование комбинированного фиторегулятора в дозе 0,1 % позволяет сократить срок про-

растания семян с семи до четырех суток. При этом на вторые сутки прорастает 64 % всех высеванных семян.

Эффективность применения лучших концентраций фиторегулятора можно оценить по материалам табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Эффективность лучших концентраций фиторегуляторов на всхожесть и период прорастания семян космеи дваждыперистой

The effectiveness of the best concentrations of phyto regulators on the germination and germination period of the seeds of the double-feathered cosmea

Вид фиторегулятора Type of phyto regulator	Оптимальная концентрация, % Optimal concentration, %	Период прорастания семян, сут Seed germination period, days	Всхожесть, % Germination, %
Раствор из проростков яровой пшеницы Solution of spring wheat seedlings	0,01	2–4	99
Раствор из проростков яровой пшеницы с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings with 0,5 % formalin solution	0,01	2–4	99
Раствор из хвои ели сибирской A solution of Siberian spruce needles	0,01	3–5	98

Окончание табл. 3

The end of table 3

Вид фиторегулятора Type of phyto regulator	Оптимальная концентрация, % Optimal concentration, %	Период прорастания семян, сут Seed germination period, days	Всхожесть, % Germination, %
Раствор из проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (1:1) с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings and Siberian spruce needles (1:1) with 0,5 % formalin solution	0,1	2–4	99
Раствор из проростков яровой пшеницы и хвои ели сибирской (2:1) с 0,5 %-ным раствором формалина A solution of spring wheat seedlings and Siberian spruce needles (2:1) with 0,5 % formalin solution	0,01	3–5	96,5
Контроль Control	0	2–8	88–90

Материалы табл. 3 наглядно свидетельствуют о положительном влиянии фиторегуляторов на появление дружных всходов и общую всхожесть семян, что способствует ускорению выращивания рассады. С учетом низких оптимальных доз фиторегуляторов они могут найти широкое применение при выращивании рассады, а также при посеве растений на формируемые клумбы и другие объекты озеленения.

Выводы

1. Современные технологии выращивания посадочного материала базируются на использовании биологически активных добавок, или фиторегуляторов.

2. Использование фиторегуляторов позволяет увеличить всхожесть семян на 11 % и тем самым сократить их расход.

3. За счет использования фиторегуляторов ускоряется прорастание семян и период, за который прорастают все всхожие семена.

4. Сокращение срока прорастания семян при выращивании рассады позволяет увеличить период цветения травянистых растений и, в частности, сортов и форм космеи дваждыперистой.

5. Важность использования биологически активных добавок при обработке семян в процессе выращивания посадочного материала вызывает необходимость продолжения исследований в данном направлении.

Список источников

- Вакуленко В. В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. № 1. С. 24–26.
- Верзилов В. Ф. Регуляторы роста и их применение в растениеводстве. М. : Наука, 1971. 120 с.
- Воробьев А. П., Калачев А. А., Залесов С. В. Фитоминеральный гель для инкрустации корней сеянцев ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) // Лесной журнал. 2019. № 6. С. 255–261. DOI: 10.17238/issn0536.2019.6.255
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 2 (132). С. 45–48.
- Кан В. М., Залесов С. В., Рахимжанов А. Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Ак кайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения: 03.03.2025).

- Китапбаева А. А., Лутай С. С., Алитина К. Б.* Применение фитостимуляторов роста природного происхождения для повышения всхожести семян ели сибирской // Вестник государственного университета им. Шакарима города Семей. 2019. № 3 (87). С. 240–245.
- Лутай С. С., Воробьев А. Л.* Влияние фиторегулятора природного происхождения на всхожесть, динамику роста и развития садово-парковых культур // Вестник ВКГТУ им. Серикбаева. 2013. № 1 (59). С. 72–76.
- Никелл Л.* Регуляторы роста растений (применение в сельском хозяйстве). М. : Наука, 1984. 190 с.
- Никитенко Е. А., Гуль Л. П., Король Л. А.* Изучение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала дальневосточных древесных пород // Сборник трудов ДальНИИЛХ. Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2005. Вып. 38. С. 171–175.
- Оплетаев А. С., Залесов С. В., Жигулин Е. В.* Состояние лесных питомников на территории Свердловской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3 (93). Ч. 1. С. 77–84. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.93.3.011
- Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Алтайском крае / *Е. М. Ананьев, С. В. Залесов, Н. А. Луганский [и др.]* // Аграрный вестник Урала. 2017. № 8 (162). С. 4–10.
- Пентелькина Н. В., Буторина А. Н., Родионова М. В.* Повышение всхожести семян путем обработки стимуляторами роста // Проблемы экологии в современном мире. Тамбов : Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина, 2005. С. 48–52.
- Рахимжанов А. Н., Залесов С. В., Зарубина Л. В.* Опыт мелиорации темно-каштановых слитных почв лесного питомника «Ак кайын» // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 7 (97). Ч. 1. С. 145–150. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.97.7.023
- Регуляторы роста растений / под ред. акад. ВАСХНИЛ В. С. Шевелухи. М. : Агропромиздат, 1990. 195 с.
- Хессайон Д. Г.* Все о клумбовых растениях. М. : Кладезь, 1998. 140 с.
- Якушкина Н. И., Артемова Э. К.* Физиология роста и развития растений. М. : Наука, 1985. 199 с.

References

- Hessayon D. G.* All about flowerbed plants. Moscow : Kladez, 1998. 140 p.
- Kan V. M., Zalesov S. V., Rakhimzhanov A. N.* Meliorative methods of combating crust formation at the Ak Kayyn forest nursery in the Republic of Kazakhstan // Modern problems of science and education. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (accessed 03.03.2025).
- Kitapbaeva A. A., Lutai S. S., Alipina K. B.* The use of natural growth stimulants to increase the germination of Siberian spruce seeds // Bulletin of the Sha-Karima of the city of Families. 2019. № 3 (87). P. 240–245. (In Russ.)
- Lutai S. S., Vorobyov A. L.* The influence of a phyto regulator of natural origin on germination, growth dynamics and development of horticultural crops // Vestnik VKGTU im. Serikbayeva. 2013. № 1 (59). P. 72–76. (In Russ.)
- Nickell L.* Plant growth regulators (application in agriculture). Moscow : Nauka, 1984. 190 p.
- Nikitenko E. A., Gul L. P., Korol L. A.* The study of growth stimulants in the cultivation of planting material of Far Eastern woodlands // Proceedings of the Far East. Khabarovsk : DalnIILKh, 2005. Issue 38. P. 171–175. (In Russ.)
- Opletaev A. S., Zalesov S. V., Zhigulin E. V.* The state of forest reserves in the Sverdlovsk region // International Scientific Research Journal. 2020. № 3 (93). Part 1. P. 77–84. DOI: 10.23670/IRJ. 2020.93.3.011 (In Russ.)

- Pentelkina N. V., Butorina A. N., Rodionova M. V.* Increasing seed germination by treatment with growth stimulants // Environmental problems in the modern world. Tambov : Tambov State University named after G. R. Derzhavin, 2005. P. 48–52. (In Russ.)
- Plant growth regulators / Edited by akad. VASHNIL V. S. Sheveluha. Moscow : Agropromizdat, 1990. 195 p.
- Rakhimzhanov A. N., Zalesov S. V., Zarubina L. V.* The experience of reclamation of dark chestnut fused soils of the Ak Kayyn forest nursery // International Scientific Research Journal. 2020. № 7 (97). Part 1. P. 145–150. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.023 (In Russ.)
- The experience of growing planting material with a closed root system in the Altai Territory / *E. M. Ananyev, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky* [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. № 8 (162). P. 4–10. (In Russ.)
- Vakulenko V. V.* Growth regulators // Plant protection and quarantine. 2004. № 1. P. 24–26. (In Russ.)
- Verzilov V. F.* Growth regulators and their application in crop production. Moscow : Nauka, 1971. 120 p.
- Vorobyov A. P., Kalachev A. A., Zalesov S. V.* Phytomineral gel for incrustation of the roots of seedlings of spruce seabird (*Picea obovate* Ledeb.) // Lesn. zhurn. 2019. № 6. P. 255–261. DOI: 10.17238/issn0536.2019.6.255 (In Russ.)
- Yakushkina N. I., Artyomova E. K.* Physiology of plant growth and development. Moscow : Nauka, 1985. 199 p.
- Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A.* The effectiveness of using unconventional fertilizers in the cultivation of planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 2 (132). P. 45–48. (In Russ.)

Информация об авторах

С. С. Лутай – аспирант.

Information about the authors

S. S. Lutai – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 20.02.2025; принята к публикации 03.04.2025.

The article was submitted 20.02.2025; accepted for publication 03.04.2025.