

Научная статья

Original article

УДК 633.16

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10394

**САПРОПЕЛЬ КАК СТИМУЛЯТОР РОСТА ЯЧМЕНЯ
ОБЫКНОВЕННОГО**

SAPROPEL AS A HORDEUM VULGARE GROWTH STIMULATOR



Рассохина Ирина Игоревна, аспирант ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (150003, Россия, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14), м.н.с. ФГБУН «Вологодский научный центр РАН» (160014, Россия, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6129-6912>, rasskhinairina@mail.ru

Никулина Анастасия Сергеевна, инженер-исследователь ФГБУН «Вологодский научный центр РАН» (160014, Россия, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6329-3328>, nkln.nsts@gmail.com

Сухарева Любовь Владимировна, аспирант ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина» (160555, Россия, г. Вологда, Молочное, ул. Шмидта, д. 2), м.н.с. ФГБУН «Вологодский научный центр РАН» (160014, Россия, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1069-0856>, suhareva@yandex.ru

Платонов Арсений Андреевич, студент ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)» (105005, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1073-2921>, platonov70@yandex.ru

Rassokhina Irina Igorevna, Graduate Student P.G. Demidov Yaroslavl State University (150003, Russian Federation, Yaroslavl, Sovetskaya Street, 14), Junior Research Associate of the Federal State Budgetary Institution of Science «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences» (160014, Russian Federation, Vologda, Gorky Street, 56A), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6129-6912>, rasskhinairina@mail.ru

Nikulina Anastasia Sergeevna, research engineer of the Federal State Budgetary Institution of Science «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences» (160014, Russian Federation, Vologda, Gorky Street, 56A), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6329-3328>, nkln.nsts@gmail.com

Sukhareva Lyubov Vladimirovna, Graduate Student Vologda SDFa (160555, Russian Federation, Vologda, Molochnoe, Shmidta, 2), Junior Research Associate of the Federal State Budgetary Institution of Science «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences» (160014, Russian Federation, Vologda, Gorky Street, 56A), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1069-0856>, suxareva@yandex.ru

Platonov Arseny Andreevich, Student Bauman Moscow State Technical University (105005, Russia, Moscow, 2nd Baumanskaya, 5, building 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1073-2921>, platonov70@yandex.ru

Аннотация

В работе представлены результаты лабораторного исследования влияния сапропеля при разных способах его внесения на ростовые процессы ячменя обыкновенного сорта Нур. Опыт проведен в 2021 году в условиях климатостата в Вологодском научном центре РАН. Исследование проводили методом почвенной культуры. В контрольном варианте для постановки опыта использовали грунт торфяной компании ООО «Норд палп», в опытных

вариантах в грунт дополнительно вносился сапропель (как составная часть грунта, при поливе или сочетая оба варианта). Каждый вариант включал 10 сосудов, в каждом сосуде – по 10 растений. На 10-е, 15-е и 20-е сутки опыта у растений снимали морфометрические параметры и проводили расчеты среднесуточных приростов. В результате исследования установлено, что сапропель оказал ростостимулирующее влияние на растения ячменя. Вероятно, наблюдаемый эффект связан с наличием в сапропеле биологически активных соединений.

Abstract

The paper presents the results of a laboratory study of the influence of sapropel with different methods of its introduction on the growth processes of barley of the common variety Nur. The experiment was carried out in 2021 under climatic conditions at the Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The study was carried out by the method of soil culture. In the control variant, the soil of the Nord Pulp LLC peat company was used for setting up the experiment; in the experimental variants, sapropel was additionally introduced into the soil (as an integral part of the soil; during irrigation; combining both options). Each variant included 10 vessels, 10 seeds were placed in each vessel. On the 10th, 15th and 20th days of the experiment, the morphometric parameters were taken from the plants and the average daily increments were calculated. As a result of the study, it was found that sapropel had a growth-stimulating effect on barley plants. Probably, the observed effect is associated with the high content of biologically active compounds in sapropel.

Ключевые слова: сапропель, *Hordeum vulgare*, морфометрические параметры, рост.

Key words: sapropel, *Hordeum vulgare*, morphometric parameters, growth.

Введение

Проблема повышения продуктивности зерновых культур является достаточно актуальной для Вологодской области. Потенциал региона выше, чем выход реализуемой продукции [1]. В настоящее время все больше

внимания уделяется биологизации сельского хозяйства, частичной замене химических удобрений органическими и биоудобрениями [3; 6; 11]. В последнее время в качестве одного из возможных биологических удобрений все чаще рассматривают сапропель, который представляет донные отложения пресноводных водоемов, образовавшиеся из отмершей растительности и планктона много веков назад [10].

В сапропеле можно выделить три составляющие части: органическую, минеральную, а также биологически активную, которые взаимодействуют друг с другом. Органическое вещество сапропеля представляет собой совокупность растительных и животных остатков, а также продуктов их распада [5]. В состав органической части сапропеля входят гуминовые вещества, которые за счет богатства биологически активными соединениями способны благоприятно влиять на рост и продуктивность растений, их устойчивость к различным негативным факторам и патогенам [8]. Так, например, в исследованиях Е.Д. Дмитриевой с соавт. (2017) показано повышение ширины листьев томатов на 70 % а также увеличение содержания фотосинтетических пигментов на 58-69 % при действии гуминовых веществ сапропеля [2]. В.А. Соколов и А.А. Чепуров (2018) показали, что предпосевное внесение в почву сапропеля способствовало более высокому развитию факторов продуктивности яровой пшеницы, так относительно контроля увеличилась продуктивная кустистость на 18-25 %, количество зерновок в колосе главного стебля на 6-7 %, зерновая продуктивность растения на 22-30 % [10].

Кроме того, показано, что сапропель способен улучшать буферные и ионообменные свойства почвы, повышать мобилизацию минеральных элементов, в том числе за счет активации деятельности микроорганизмов [1; 5]. Так, результаты исследования А.Ф. Минаковского с соавт. (2020), свидетельствуют об успешном использовании сапропеля в качестве источника углерода для культивирования фосфатмобилизующих микроорганизмов [5].

Одной из основных зерновых культур Вологодской области является ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.). Цель нашего исследования – оценить действие сапропеля в лабораторных условиях на ростовые параметры начальных этапов развития ячменя.

Методика и методы исследования

Исследования действия сапропеля на ростовые параметры ячменя начальных этапов онтогенеза осуществлялись в 2021 году в рамках серии лабораторных опытов в ФГБУН «ВолНЦ РАН». Объект исследования – ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) сорт Нур, который допущен к использованию в Северо-Западном регионе России. Исследование проводили методом почвенной культуры, в качестве почвенного субстрата использовали грунт торфяной компании ООО «Норд палп» (г. Санкт-Петербург) с содержанием питательных элементов в 1 литре не менее: NH_2+NO_3 – 150 мг, P_2O_5 – 270 мг, K_2O – 300 мг, кислотность почвы – 6,0-6,5.

Растения выращивали в 4-х вариантах: № 1 – почва, полив водой (контроль); № 2 – смесь почвы с сапропелем, полив водой; № 3 – почва, полив раствором сапропеля; № 4 – смесь почвы с сапропелем, полив раствором сапропеля. Смесь почвы с сапропелем готовили при смешивании 70 г почвы с 30 г сапропеля, раствор сапропеля – при настаивании 40 г сухого сапропеля в 100 мл водопроводной воды. Каждый вариант включал 10 сосудов, в каждый сосуд помещали по 10 накинущихся семян. Культивирование растений осуществляли в контролируемых условиях климатостата (КС-200) при поддержании температуры 23 °С днем и 17 °С ночью, освещение – 16 ч в сутки. У растений в течение вегетации определяли количество и площадь листьев, сырую и сухую массу надземных органов. За периоды 0-10 суток, 10-15 суток и 15-20 суток рассчитывали среднесуточные приросты сырой и сухой массы.

Статистическую обработку данных осуществляли по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel'2010. В таблицах представлены средние значения показателей и

величин их средних арифметических ошибок. Оценку достоверности различия выборочных средних проводили при значении доверительной вероятности 0,95.

Результаты и обсуждение

Сапропель, используемый в исследованиях, был получен из недр озера Бобровое (7 км от Тарногского Городка). Площадь озера составляет более 13 га, объем полезной толщи сапропеля – 226 тыс. м³. На основании геологической разведки 2017 года по содержанию естественных радионуклидов и тяжелых металлов можно утверждать, что сапропель пригоден для использования в сельскохозяйственных нуждах [4]. Согласно результатам химического анализа сапропеля, его влажность составила 56,1 %, рН – 5,95, в сухом веществе составе органических веществ – 35,3 %, золы – 64,7 %, в 1 кг сапропеля натуральной влажности содержание фосфора – 0,9 г, кальция – 5,3 г и магния – 2,6 г.

Результаты исследования показывают, что в целом, сапропель оказал ростстимулирующее влияние на растения ячменя. Так, в почвенной культуре на 10-е сутки (таблица 1) площадь первого листа опытных растений при внесении сухого сапропеля в почву (вариант №2) превосходила данный показатель контрольных растений на 19 %, общая площадь листовой поверхности и сухая масса растений – на 12 %. В варианте, с внесением сапропеля в растворе (вариант №3), ростовые показатели были на уровне контроля, в варианте, с внесением сапропеля в состав почвы и путем полива (вариант №4), общая площадь листовой поверхности была на уровне контроля, а сухая масса растений опережала его на 14 %.

Таблица 1 – Морфометрические и весовые показатели побегов ячменя в условиях почвенной культуры

Показатель	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4
<i>10-е сутки</i>				
Количество листьев, шт.	2,0±0,01	2,0±0,05	2,0±0,01	2,0±0,01
Площадь первого листа, мм ²	681,3±25,05	813,1±69,1	697,2±28,8	697,2±26,5

Площадь второго листа, мм ²	142,7±17,0	112,2±13,2	76,1±10,1**	129,2±23,3
Общая площадь листьев одного растения, мм ²	824,0±31,8	925,3±171,0	773,3±35,3	826,4±45,2
Сырая масса надземной части одного растения, мг	265,5±25,1	282,8±53,9	278,7±44,2	295,3±38,9
Сухая масса надземной части одного растения, мг	18,9±2,1	21,1±5,9	19,5±4,8	21,5±5,2
<i>15-е сутки</i>				
Количество листьев, шт.	2,2±0,1	2,5±0,1**	2,2±0,1	2,2±0,1
Площадь первого листа, мм ²	737,4±35,1	700,6±34,3	754,5±26,5	753,1±57,4
Площадь второго листа, мм ²	756,8±47,4	881,2±74,8	908,5±44,4**	690,3±47,0
Площадь третьего листа, мм ²	131,3±17,4	112,3±20,4	91,6±31,2	177,8±37,0
Общая площадь листьев одного растения, мм ² *	1513,9±76,9	1637,9±141,5	1663,0±49,2	1570,0±83,8
Сырая масса надземной части одного растения, мг	425,9±19,3	482,8±43,6	475,8±17,3	444,1±22,3
Сухая масса надземной части одного растения, мг	32,0±2,0	38,9±4,1	36,3±1,6	34,5±2,2
<i>20-е сутки</i>				
Количество листьев, шт.	3,5±0,1	3,5±0,1	3,6±0,2	3,8±0,1
Площадь первого листа, мм ²	648,5±47,8	643,3±37,9	676,7±47,2	722,4±42,0
Площадь второго листа, мм ²	832,7±72,8	835,9±71,5	883,5±110,0	873,6±85,3
Площадь третьего листа, мм ²	731,9±116,8	944,7±82,2	882,6±87,3	850,0±91,2
Площадь четвертого листа, мм ²	440,4±153,2	339,9±92,8	444,8±135,8	450,1±146,2
Общая площадь листьев одного растения, мм ² *	2603,8±185,9	2843,8±171,3	2887,2±234,2	2899,5±191,1
Сырая масса надземной части одного растения, мг	541,9±33,9	686,0±60,8**	708,2±77,5**	751,7±93,1**
Сухая масса надземной части одного растения, мг	44,1±3,1	55,9±6,9**	56,4±8,6**	58,5±8,4**

Примечание: * – показатель «Общая площадь листьев одного растения» не равен сумме площадей листьев, указанных в таблице, т.к. у части растений на момент измерения начал формироваться лист следующего порядка (четвертый на 15-е сутки опыта и пятый на 20-е сутки опыта); ** – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

На 15-е сутки площадь общей листовой поверхности одного растения в опытном варианте № 2 была выше контроля на 8 %, в варианте № 3 – на 10 %, в варианте № 4 – на 4 %. Сухая масса опытных растений вариантов № 2, № 3 и № 4 была выше контроля на 22 %, 13 % и 8 % соответственно. К моменту начала образования пятого листа (20-е сутки) опытные варианты существенно опережали контроль по сырой и сухой массе (таблица 3). Так, сырая и сухая массы растений в варианте № 2 были выше контроля на 26 % и

27 %, в варианте № 3 – 31 % и 28 %, в варианте № 4 – 39 % и 33 % соответственно. При этом площадь общей фотосинтетической поверхности в варианте № 2 опережала контроль на 9 %, в варианте № 3 и № 4 – на 11 %.

Растения, с большей листовой поверхностью, имеют преимущества в накоплении органического вещества. Как известно, величина листовой поверхности растения определяет активность поглощения солнечных лучей и является основным фактором, от которого зависит биологический урожай. При хорошей обеспеченности посева теплом, водой и минеральными веществами площадь листьев может достигать значительной величины [7; 12]. Увеличение площади листовой поверхности у растений, в свою очередь, может способствовать повышению накоплению органического вещества. Подтверждением этого является наблюдаемая тенденция повышения показателей приростов биомассы у опытных растений (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели среднесуточных приростов

Вариант	Прирост сырой массы, мг/сутки	Прирост сухой массы, мг/сутки
<i>0-10-е сутки</i>		
Вариант № 1	26,6±0,9	1,7±0,2
Вариант № 2	28,3±2,0	2,2±0,2
Вариант № 3	27,9±1,6	2,1±0,1
Вариант № 4	29,5±1,4	2,2±0,2
<i>10-15-е сутки</i>		
Вариант № 1	37,3±8,2	2,8±0,4
Вариант № 2	52,6±9,8	4,4±1,2
Вариант № 3	50,4±7,7	3,3±0,5
Вариант № 4	42,6±8,9	3,1±0,4
<i>15-20-е сутки</i>		
Вариант № 1	44,6±11,8	4,6±1,1
Вариант № 2	51,9±12,7	5,4±1,0
Вариант № 3	62,5±19,0	5,5±1,8
Вариант № 4	106,5±31,9	5,6±1,2

В варианте с внесением сапропеля в почву (вариант № 2) среднесуточные приросты по сухой массе за первые десять суток культивирования были выше контроля на 31 %, за период роста между 10-ми и 15-ми сутками данный показатель превышал контроль на 60 %, между 15-

ми и 20-ми сутками – на 17 %. В варианте № 3, где сапропель вносился в момент полива, среднесуточные приросты по сухой массе за первые десять суток превосходил контроль на 27 %, между 10-ми и 15-ми сутками – на 18 %, между 15-ми и 20-ми – на 20 %. При внесении сапропеля двумя способами (вариант № 4) среднесуточные приросты по сухой массе за весь период опыта были выше контроля на 12-30 %.

Вероятно, исследуемый сапропель в своем составе содержал биологически активные соединения, в том числе и гуминовые кислоты, которые могли оказать ростстимулирующее влияние на растения. О возможном наличии биологически активных веществ свидетельствуют результаты химического состава используемого сырья.

Заключение

Результаты исследования показывают ростстимулирующее действие сапропеля озера Бобровое Тарногского района Вологодской области на ячмень сорта Нур. У растений опытных групп наблюдается увеличение площади листовой поверхности, сырой и сухой массы, среднесуточных приростов. Наиболее ощутимое воздействие оказал вариант опыта при сочетании внесения сапропеля в качестве компонента в почву и при поливе настоем сапропеля.

В ходе дальнейших исследований планируется оценка влияния сапропеля на рост и развитие сельскохозяйственных культур в условиях вегетационного и полевого экспериментов.

Список литературы

1. Борисенко В.В., Хусид С.Б., Лысенко Ю.А., Фолиянц Б.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №110. С. 1167-1177.
2. Дмитриева Е.Д., Сюдюкова К.В., Акатова Е.В., Леонтьева М.М., Волкова Е.М., Музафаров Е.Н. Биологическая активность гуминовых

веществ сапропеля реки Упы Тульской области // Химия растительного сырья. 2017. №1. С. 137-144.

3. Ковалева И.В., Стрельцова Т.В. Биологизация земледелия и органического сельского хозяйства в условиях развития туристско-рекреационных зон региона как рынков сбыта // Индустриальная экономика. 2021. Т. 2. №. 3. С. 73-80.

4. Литонина А.С. Химический состав сапропеля оз. Бобровое Тарногского района Вологодской области и перспективы его использования в сельскохозяйственном производстве региона // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы : материалы V науч.-практ. конф., г. Вологда, 3-4 июня 2021 г. Вологда, ВолНЦ РАН, 2021.

5. Минаковский А.Ф., Игнатовец О.С., Шатило В.И., Сергиевич Д.С., Босак В.Н. Применение сапропеля для активации почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 101-106.

6. Мудрых Н.М. Биологизация земледелия - основа сохранения плодородия почв Нечерноземной зоны // Вестник АГАУ. 2017. №9 (155). С. 28-34.

7. Павловская Н.Е., Тимаков А.Г., Яковлева И.В., Мамеев В.В. Изучение эффективности применения биопрепаратов на фотосинтетическую деятельность и урожай ярового ячменя // Вестник ИрГСХА. 2019. № 90. С. 44-55.

8. Перминова И.В., Калмыков С.Н., Карпюк Е.А. Получение алкоксисилильного производного гуминовых веществ для сорбции NP (V) и PU (V) // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы. 2013. №1. С. 148-158.

9. Рассохина И.И., Платонов А.В. Проблема повышения продуктивности зерновых культур Вологодской области // Молодые ученые – экономике региона: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф., г. Вологда, 25-27 ноября 2020 года. Вологда: ВолНЦ РАН, 2021. С. 337-341.

10. Соколов В.А., Чепуров А.А. Изучение влияния сапропеля на продуктивность яровой пшеницы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018. № 1. С. 60-64.

11. Соколов Н.А., Дьяченко О.В., Бабьяк М.А. Тенденции биологизации земледелия Брянской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 65-73.

12. Табаленкова Г.Н., Головки Т.К. Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. 2010. 231 с.

References

1. Borisenko V.V., Khusid S.B., Lysenko YU.A., Foliyants B.V. Biologicheskaya aktivnost' guminovogo kompleksa razlichnogo proiskhozhdeniya i yego vliyaniye na rost i razvitiye rasteniy [Biological activity of the humic complex of various origins and its influence on the growth and development of plants] // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. №110. S. 1167-1177 (in Russian).

2. Dmitriyeva Ye.D., Syundyukova K.V., Akatova Ye.V., Leont'yeva M.M., Volkova Ye.M., Muzafarov Ye.N. Biologicheskaya aktivnost' guminovykh veshchestv sapropelya reki Upy Tul'skoy oblasti [Biological activity of humic substances in the sapropel of the Upa River in the Tula region] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2017. №1. S. 137-144 (in Russian).

3. Kovaleva I.V., Strel'tsova T.V. Biologizatsiya zemledeliya i organicheskogo sel'skogo khozyaystva v usloviyakh razvitiya turistkorekreatsionnykh zon regiona kak rynkov sbyta [Biologization of agriculture and organic agriculture in the conditions of development of tourist and recreational zones of the region as sales markets] // Industrial'naya ekonomika. 2021. T. 2. №. 3. S. 73-80 (in Russian).

4. Litonina A.S. Khimicheskiy sostav sapropelya oz. Bobrovoye Tarnogskogo rayona Vologodskoy oblasti i perspektivy yego ispol'zovaniya v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve regiona [The chemical composition of the sapropel of the lake. Bobrovoe, Tarnogsky district of the Vologda region and the

prospects for its use in agricultural production in the region] // Agrarnaya nauka na sovremennom etape: sostoyaniye, problemy, perspektivy : materialy V nauch.-prakt. konf., g. Vologda, 3-4 iyunya 2021 g. Vologda, VolNTS RAN, 2021 (in Russian).

5. Minakovskiy A.F., Ignatovets O.S., Shatilo V.I., Sergiyevich D.S., Bosak V.N. Primeneniye sapropelya dlya aktivatsii pochvennykh fosfatmobilizuyushchikh mikroorganizmov [The use of sapropel for the activation of soil phosphate-mobilizing microorganisms] // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. № 2. S. 101-106 (in Russian).

6. Mudrykh N.M. Biologizatsiya zemledeliya - osnova sokhraneniya plodorodiya pochv Nechernozemnoy zony [Biologization of agriculture is the basis for preserving soil fertility in the Non-Black Earth Zone] // Vestnik AGAU. 2017. №9 (155). S. 28-34 (in Russian).

7. Pavlovskaya N.Ye., Timakov A.G., Yakovleva I.V., Mameyev V.V. Izucheniye effektivnosti primeneniya biopreparatov na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i urozhay yarovogo yachmenya [Study of the effectiveness of the use of biological products on photosynthetic activity and harvest of spring barley] // Vestnik IrGSKHA. 2019. № 90. S. 44-55 (in Russian).

8. Perminova I.V., Kalmykov S.N., Karpyuk Ye.A. Polucheniye alkoxisilil'nogo proizvodnogo guminovykh veshchestv dlya sorbtsii NP (V) i PU (V) [Obtaining an alkoxysilyl derivative of humic substances for the sorption of NP (V) and PU (V)] // Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Seriya: Materialovedeniye i novyye materialy. 2013. №1. S. 148-158 (in Russian).

9. Rassokhina I.I., Platonov A.V. Problema povysheniya produktivnosti zernovykh kul'tur Vologodskoy oblasti [The problem of increasing the productivity of grain crops in the Vologda region] // Molodyye uchenyye – ekonomike regiona: materialy XX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Vologda, 25-27 noyabrya 2020 goda. Vologda: VolNTS RAN, 2021. S. 337-341 (in Russian).

10. Sokolov V.A., Chepurov A.A. Izucheniye vliyaniya sapropelya na produktivnost' yarovoy pshenitsy [Study of the influence of sapropel on the productivity of spring wheat] // Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). 2018. №. 1. S. 60-64 (in Russian).

11. Sokolov N.A., D'yachenko O.V., Bab'yak M.A. Tendentsii biologizatsii zemledeliya Bryanskoy oblasti [Trends in biologization of agriculture in the Bryansk region] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. № 2. S. 65-73 (in Russian).

12. Tabalenkova G.N., Golovko T.K. Produktsionnyy protsess kul'turnykh rasteniy v usloviyakh kholodnogo klimata [The production process of cultivated plants in a cold climate]. 2010. 231 s. (in Russian).

© *Рассохина И.И., Никулина А.С., Сухарева Л.В., Платонов А.А., 2021. International agricultural journal, 2021, № 6, С. 219-231.*

Для цитирования: Рассохина И.И., Никулина А.С., Сухарева Л.В., Платонов А.А. Сапропель как стимулятор роста ячменя обыкновенного // International agricultural journal. 2021. № 6, С. 219-231.