Оригинальная статья
https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-65-72
УДК 633.34

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

М.Е. Белышкина
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5, Россия

Аннотация. Цель работы – оценить влияние предпосевной подготовки посевного материала яровой пшеницы и ячменя ярового посредством воздействия электромагнитного облучения на посевные качества семян, параметры роста, развития и фотосинтетическую деятельность растений, структуру урожая и биохимический состав зерна. В статье рассмотрены вопросы воздействия электромагнитного воздействия на рост, развитие и фотосинтетическую деятельность яровых зерновых культур: пшеницы и ячменя. Обработка семян сельскохозяйственных культур низкочастотными магнитными и электрическими импульсами, наряду с традиционными операциями по предпосевной подготовке, способна активизировать ростовые и качественные характеристики посева. Были проанализированы лабораторная и полевая всхожесть, показатели фотосинтетической деятельности, структура урожая и биохимический состав семян. Установлено, что электромагнитное облучение оказывает стимулирующее воздействие на посевной материал яровой пшеницы и ячменя ярового и способствует повышению полевой всхожести. Требует дальнейшего исследования предполагаемая тенденция ускорения перехода к генеративному развитию у сортов яровой пшеницы и ячменя ярового, семена которых подверглись электромагнитному воздействию перед посевом. Ввиду сформировавшихся благоприятных гидротермических условий в период формирования и налива зерна не было выявлено значимых различий между сортами и культурами по динамическим параметрам роста, развития и фотосинтетической деятельности. Биологическая урожайность изучаемых сортов зерновых культур значительно варьировала по вариантам и составила у яровой пшеницы 6,1-11,0 т/га, у ячменя ярового – 2,9-10,3 т/га. Максимальная урожайность была зафиксирована у яровой пшеницы сорта Эстер в варианте с облучением, минимальная – у сорта Радмира в варианте без облучения, составив 11,0 и 6,1 т/га соответственно. Наибольшая биологическая урожайность у ячменя ярового была у сорта Магнит в обоих вариантах, составив 8,2-10,3 т/га, у других сортов урожайность составила в среднем 2,9-3,2 т/га.

Ключевые слова: яровая пшеница, яровой ячмень, электромагнитное облучение, всхожесть, фотосинтетическая деятельность, структура урожая, биохимический состав

Формат цитирования: Белышкина М.Е. Анализ влияния электрофизического воздействия на фотосинтетическую деятельность и параметры структуры урожая зерновых сельскохозяйственных культур // Природообустройство. 2025. № 4. С. 65-72. https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-65-72

Scientific article

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ELECTROPHYSICAL EFFECTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND PARAMETERS OF THE GRAIN CROP STRUCTURE

M.E. Belyshkina
Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Moscow, 1st Institute Pas., 5, Russia

Abstract. The aim of the work is to evaluate the effect of pre-sowing preparation of spring wheat and spring barley crops, through exposure to electromagnetic radiation, on seed quality, growth parameters, development and photosynthetic activity of plants, crop structure and biochemical composition of grain. The article discusses the effects of electromagnetic radiation on the growth, development and photosynthetic activity of spring grain crops – wheat and barley. The treatment of agricultural seeds with low-frequency magnetic and electric pulses, along with traditional pre-sowing operations, is able to activate the growth and quality characteristics of sowing. Laboratory and field germination, indicators of photosynthetic activity, crop structure and biochemical composition of seeds were analyzed. It has been established that

© Белышкина М.Е., 2025

electromagnetic radiation has a stimulating effect on the seed material of spring wheat and spring barley and helps to increase field germination. The alleged tendency to accelerate the transition to generative development in spring wheat and spring barley varieties, whose seeds were exposed to electromagnetic radiation before sowing, requires further investigation. Due to the favorable hydrothermal conditions during the period of grain formation and filling, no significant differences were found between varieties and crops in terms of dynamic parameters of growth, development, and photosynthetic activity. The biological yield of the studied grain varieties varied significantly by variants and amounted to 6.1-11.0 t/ha for spring wheat, 2.9-10.3 t/ha for spring barley. The maximum yield was recorded for spring wheat of the Ester variety in the irradiated variant, the minimum for the Radmir variety in the non-irradiated variant, and amounted to 11.0 and 6.1 t/ha, respectively. The highest biological yield of spring barley was in the Magnit variety in both variants, amounting to 8.2-10.3 t/ha, while in other varieties the yield averaged 2.9-3.2 t/ha.

Keywords: spring wheat, spring barley, electromagnetic irradiation, germination, photosynthetic activity, crop structure, biochemical composition

Format of citation: Belyshkina M.E. Analysis of the effect of electrophysical effects on photosynthetic activity and parameters of the grain crop structure // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 4. P. 65-72. https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-65-72

Введение. Применение электрофизических способов воздействия на посевной материал сельскохозяйственных культур рассматривается многими учеными как фактор, способствующий интенсификации ростовых процессов на разных этапах развития: от прорастания и появления всходов до формирования урожая [1-3]. Электрофизическое воздействие обусловлено электромагнитными колебаниями различной частоты, которые согласуются с биоэлектрическими потенциалами в растительном организме, приводя к различным формам отклика растения, которые проявляются в различных формах его жизнедеятельности, в том числе в хозяйственно ценных [4].

По данным многочисленных исследований, наиболее доступным и менее энергозатратным способом электрофизической стимуляции является электромагнитное воздействие. Механизм воздействия данного вида стимуляции обусловлен усилением водопоглотительной функции корневой системы, активизации дыхательных процессов на начальных стадиях развития проростка. Активизация ростовых процессов на ранней стадии способствует обеспечению устойчивости растений к угнетающему воздействию сорняков, болезней и вредителей в процессе вегетации [5]. Однако в настоящее время механизм электрофизического воздействия на семена недостаточно изучен [6].

Цель исследований: оценить влияние предпосевной подготовки посевного материала яровой пшеницы и ячменя ярового посредством воздействия электромагнитного облучения на посевные качества семян, параметры роста, развития и фотосинтетическую деятельность растений, структуру урожая и биохимический состав зерна.

Материалы и методы исследований. Исследования по агроэкологическому испытанию сортов яровой пшеницы и ячменя ярового проводились в 2023 г. на экспериментальной базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в Рязанском районе, с. Подвязье. Почва опытного участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Реакция почвенного раствора pHсол. (ГОСТ 26483) – 5,2, содержание гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213) – 5,8%. Содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) – 191,4 мг/кг, содержание обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210) – 108,5 мг/кг, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг почвы (ГОСТ 26489-85). Режим облучения семян имел следующие параметры: частота колебаний электромагнитного поля (F) – 16 Гц; индукция магнитного поля (B) – 10 мТл; период облучения (T) – 25 мин.

Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12-15°С. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, норма высева – 6 млн всхожих семян на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м^2. В ходе исследований определены основные показатели фотосинтетической деятельности, проанализирована структура урожая и установлена биологическая урожайность.

Объектом исследований явились подвергнутые электромагнитному воздействию семена зерновых сельскохозяйственных культур, относящихся к хлебам I группы: яровой пшеницы (сорта Эстер, Радмира, Маэстро, Рима) и ячменя ярового (сорта Магнит, Златояр, Надежный, Знатный).

Все изучаемые сорта относятся к группе среднеспелых с продолжительностью

вегетационного периода от 71 до 107 дней [7]. Закладка полевых опытов, выполнение биометрических исследований, учетов и обработка полученных данных выполнялись в соответствии с требованиями методики полевого опыта [8-10].

В качестве основных агроклиматических показателей, характеризующих природно-ресурсный потенциал территории, были приняты тепло- и влагообеспеченность. Были рассчитаны среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков по месяцам и за вегетационный период, суммы активных температур, гидротермические коэффициенты [11].

Агрохимические показатели почвы определялись с использованием следующих методов: реакция почвенного раствора pHсол. – по ГОСТ 26483; содержание гумуса – по методу Тюрина (ГОСТ 26213), подвижного фосфора – по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011), обменного калия – по Масловой (ГОСТ 26210), азота нитратного – по ГОСТ 26951-86, азота аммонийного – по ГОСТ 26489-85.

Метеорологические условия вегетационного периода 2023 г. были достаточной засушливостью, количество выпавших осадков за вегетацию составило 156 мм, а значение ГТК лишь в июле составило 1,3, в остальные месяцы не превышало 0,6. Начиная с мая, когда проводился посев, и до III декады июня осадки практически не выпадали, при этом температура воздуха составляла 15-20°С. В то же время фазы генеративного развития – выход в трубку, колошение и молочная спелость – пришлись на достаточно благоприятные метеорологические условия. Начиная с III декады июня и до конца июля количество осадков соответствовало среднемноголетним значениям для региона или даже превышало их на 12-20 мм.

Режим облучения для полевого эксперимента обусловлен тем фактором, что значение частоты устанавливалось с использованием фиксированных показателей двух приборов, выбрана частота 16 Гц для обеспечения сходного количества поступающей энергии. Значение времени облучения было установлено исходя из полученных временных отрезков с наилучшими показателями отклика семян при проращивании – 20 и 30 мин; остановились на отрезке времени 25 мин, чтобы не сообщать семенам дополнительную энергию и одновременно с этим находиться в пределах оптимальных показателей. Значение магнитной индукции определили, исходя из требований к выбранной частоте; допустимо для излучателей использовать 2-20 мТл. Во время проведения эксперимента по подбору оптимального режима частот и индуктивностей остановились на режиме 10 мТл.

Результаты и их обсуждение. Засушливые условия в начале вегетационного периода зачастую приводят к появлению изреженных и неравномерных всходов. Посев в 2023 г. проводился 10 мая, когда за первую декаду выпало только 2,4 мм осадков, что на 8,6 мм ниже среднемноголетних значений. Однако в почве содержалось достаточное количество влаги, так как в третьей декаде апреля выпало 35,8 мм осадков, что выше среднемноголетних значений на 25,8 мм.

Благодаря структуре почвы и накопленной влаге полевая всхожесть составила от 77 до 90%. Наименьшие значения полевой всхожести были у сорта ячменя ярового Знатный, что скорее всего зависело от качества семян, так как лабораторная всхожесть этого сорта также была невысокой и составила 82% (табл. 1).

Облученные семена показали лучшую полевую всхожесть, которая была на 4% выше. Аналогичная тенденция была отмечена у сорта яровой пшеницы Эстер, когда полевая всхожесть составила 85% у необлученных семян и 89% – у облученных. Подобные различия также были выявлены у сортов яровой пшеницы Радмира и Маэстро, а также у сорта ячменя ярового Магнит.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что воздействие электромагнитных полей оказывает стимулирующее воздействие на семена зерновых культур и способствует повышению полевой всхожести на 2-4%. Однако данное заключение требует проверки и подтверждения в следующие вегетационные периоды.

В процессе фотосинтетической деятельности посевов образуется сухое вещество растений и формируется потенциальная урожайность. В то же время следует отметить, что данная взаимосвязь не является прямой. Поэтому большую роль при проведении полевых исследований играет оценка продукционного процесса, а именно показателей, характеризующих фотосинтетическую деятельность растений в посевах [12].

На адаптацию растений к условиям вегетационного периода оказывают влияние различные факторы, среди которых – температурно-влажностный режим, параметры обработки почвы, плотность агроценоза и т.д. Плотность посева определяет морфологические, физиологические и биохимические характеристики клеточных адаптивных механизмов растений к переносу воды, ее дефициту, который проявляется непосредственно на молекулярном уровне, связанном с прямой защитной реакцией на стресс,

Таблица 1. **Лабораторная и полевая всхожесть сортов яровой пшеницы и ячменя ярового**

Table 1. **Laboratory and field germination of spring wheat and spring barley varieties**

Культура *Crop*	**Сорт** *Variety*	**Энергия прорастания, %** *Germination energy, %*	**Лабораторная всхожесть, %** *Laboratory germination, %*	**Полевая всхожесть, %** *Field germination, %*
Яровая пшеница *Spring wheat*	**Эстер (к)** / *Esther* (*k*)	93	94	85
	Эстер (о) / *Esther* (*o*)	93	93	89
	Радмира (к) / *Radmira* (*k*)	94	95	89
	Радмира (о) / *Radmira* (*o*)	94	95	90
	Маэстро (к) / *Maestro* (*k*)	92	93	86
	Маэстро (о) /*Maestro* (*o*)	92	93	88
	Рима (к) / *Rima* (*k*)	92	94	82
	Рима (о) / *Rima* (*o*)	92	94	82
Ячмень яровой *Spring barley*	**Магнит (к)** / *Magnet* (*k*)	92	93	86
	Магнит (о) / *Magnet* (*o*)	92	93	89
	Златояр (к) / *Zlatoyar* (*k*)	92	92	84
	Златояр (о) / *Zlatoyar* (*o*)	92	92	84
	Надежный(к) / *Reliable* (*k*)	91	92	86
	Надежный (о) / *Reliable* (*o*)	91	92	86
	Знатный (к) / *Noble* (*k*)	82	85	76
	Знатный (о) / *Noble* (*o*)	82	85	80

вызванный недостатком воды в клетках. В опытах, проведенных с озимой пшеницей, была отмечена ее способность быстро начинать рост и ассимиляцию; в то же время было отмечено заметное изменение продолжительности фенофаз в зависимости от метеорологической ситуации в течение вегетации [13].

Наибольшая урожайность сельскохозяйственных культур может быть обеспечена при создании следующих оптимальных условий: увеличение листовой поверхности в посевах; удлинение времени активной работы фотосинтетического аппарата в течение каждых суток и вегетационного периода (поддержка агротехникой и минеральными удобрениями); обеспечение высокой интенсивности и продуктивности фотосинтеза, максимальных суточных приростов сухого вещества; создание условий для максимального притока продуктов фотосинтеза из всех фотосинтезирующих органов в хозяйственно важные органы и высокого уровня использования ассимилянтов в ходе биосинтетических процессов.

Продолжительность вегетационного периода составила 87-91 день у яровой пшеницы и 79-85 дней у ячменя ярового. Культуры имели небольшие различия по продолжительности генеративных периодов. У всех исследуемых сортов яровой пшеницы сокращалась в среднем на 3-4 дня продолжительность периода кущения – выхода в трубку в вариантах с электромагнитным воздействием на семена перед посевом. У сортов ячменя ярового такая тенденция не была выявлена.

Таким образом, требует дальнейшего наблюдения предполагаемая тенденция ускорения перехода к генеративному развитию у сортов зерновых культур, семена которых подверглись электромагнитному воздействию перед посевом.

Все исследуемые сорта созрели во II декаде августа; установившиеся погодные условия позволили провести уборку в необходимый срок. Прогностическим показателем потенциальной продуктивности растений в период вегетации является площадь листовой поверхности отдельного растения и агроценоза. В целом динамика формирования листовой поверхности агроценоза достигала максимальных значений в фазу колошения, составив у яровой пшеницы 22,3-25,8 тыс. $м^2$/га, у ярового ячменя – 17,8-18,5 тыс. $м^2$/га (рис. 1). Максимальные значения площади листовой поверхности сформировал сорт яровой пшеницы Маэстро (25,6-25,8 тыс. $м^2$/га). Все сорта ячменя ярового показали схожие значения нарастания листовой поверхности; достоверных различий по динамике нарастания листовой поверхности в зависимости от электромагнитного воздействия не выявлено.

Важным показателем фотосинтетической деятельности посевов является чистая продуктивность фотосинтеза, которая не всегда находится в прямой зависимости от величины урожая. В опыте с яровой пшеницей наибольшая

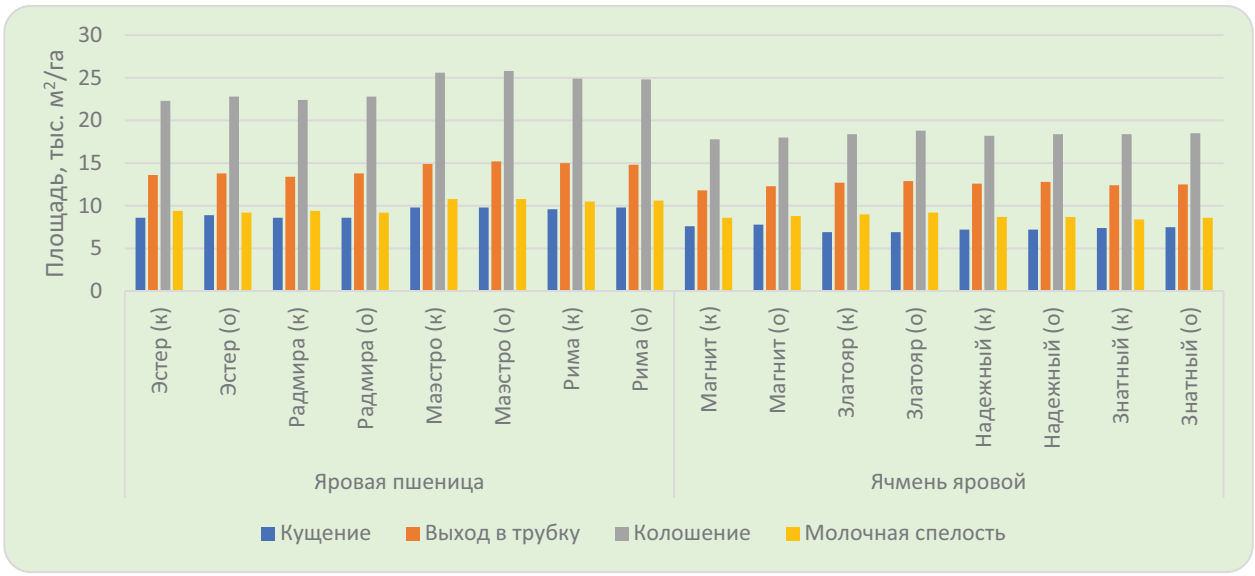

Рис. 1. **Динамика нарастания площади листовой поверхности яровой пшеницы и ячменя ярового**

Fig. 1. **Dynamics of the increase in the leaf surface area of spring wheat and spring barley**

чистая продуктивность фотосинтеза была у сортов Эстер и Радмира, составив 7,6-8,3 г/м^2 в сутки (табл. 2). У ярового ячменя чистая продуктивность фотосинтеза была ниже, составив по сортам 6,2-6,8 г/м^2 в сутки. Сортовых отличий у ячменя ярового выявлено не было – так же, как и в вариантах с облучением и без облучения.

Структура урожая и урожайность являются результирующим показателем при оценке воздействия различных факторов на рост и развитие растений. Наибольшая масса зерен с 1 растения была выявлена у сортов яровой пшеницы Эстер и Рима в вариантах с облучением, составив 2,90 и 2,75 г соответственно (табл. 3). У ячменя ярового максимальная масса зерен с 1 растения была зафиксирована у сорта Магнит в варианте без облучения и составила 2,70 г; остальные сорта уступали по этому показателю в среднем на 25-35%.

Масса 1000 зерен варьировала по сортам яровой пшеницы от 38 до 45 г, ячменя ярового – от 37 до 53 г. Максимальная масса 1000 зерен была зафиксирована у яровой пшеницы сортов Эстер (вариант с облучением) и Маэстро (вариант без облучения), составив 45 г, и у ячменя ярового сорта Магнит в варианте с облучением, составив 53 г.

Биологическая урожайность изучаемых зерновых культур значительно варьировала по вариантам и составила у яровой пшеницы 6,1-11,0 т/га, у ячменя ярового – 2,9-10,3 т/га. Максимальная урожайность была зафиксирована у яровой пшеницы сорта Эстер (вариант с облучением), минимальная – у сорта Радмира (вариант без облучения), составив 11,0 и 6,1 т/га соответственно. Наибольшая биологическая урожайность у ячменя ярового была у сорта Магнит в обоих вариантах, составив 8,2-10,3 т/га, что обусловлено большей массой зерен на 1 растении; другие сорта значительно уступали, и урожайность составила в среднем 2,9-3,2 т/га.

В результате биохимического анализа зерна было установлено содержание белка и жира в семенах изучаемых культур, а также содержание влаги, клетчатки, золы и крахмала. Различия между сортами яровой пшеницы по содержанию белка в зерне достигали 2-3%, ячменя ярового – 1,5-2%. Наибольшее содержание белка было зафиксировано у сорта Эстер, составив 15,22% в варианте без облучения и 15,31% в варианте с облучением. У ячменя ярового наибольшее содержание белка было отмечено в зерне сорта Магнит в варианте с облучением, составив 11,70%. Однако различия между вариантами с облучением и без облучения не были статистически значимыми.

Наибольшее содержание жира в зерне было зафиксировано также у сорта яровой пшеницы Эстер, составив 2,55% в варианте без облучения и 2,49% в варианте с облучением; у ячменя ярового наибольшее содержание жира было в зерне сорта Надежный, составив 1,78 и 1,67% соответственно. Таким образом, по содержанию жира также достоверных различий между вариантами не было выявлено.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что электромагнитное облучение оказывает стимулирующее воздействие на посевной

Таблица 2. **Основные показатели фотосинтетической деятельности сортов яровой пшеницы и ячменя ярового**

Table 2. **The main indicators of photosynthetic activity of spring wheat and spring barley varieties**

Культура *Crop*	**Сорт** *Variety*	**Максимальная площадь листьев, тыс. м²/га** *Maximum leaf area, thousand m²/ha*	**Фотосинтетический потенциал, тыс. м² дней/га** *Photosynthetic potential, thousand m² days/ha*	**Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² в сутки** *Net productivity of photosynthetic processes, g/m² per day*	**Максимальная сухая биомасса, т/га** *Maximum dry biomass, t/ha*
Яровая пшеница / *Spring wheat*	**Эстер (к)** *Esther (k)*	22,3	918,4	8,3	5,24
	Эстер (о) *Esther (o)*	22,8	964,8	7,8	5,34
	Радмира (к) *Radmira (k)*	22,4	958,6	7,9	5,87
	Радмира (о) *Radmira (o)*	22,8	965,8	7,6	5,96
	Маэстро(к) *Maestro(k)*	25,6	1086	7,4	6,75
	Маэстро(о) *Maestro(o)*	25,8	1098	7,2	6,84
	Рима (к) *Rima (to)*	24,9	984,8	7,5	5,78
	Рима (о) *Rima (o)*	24,8	980,2	7,6	5,84
Ячмень яровой / *Spring barley*	**Магнит (к)** *Magnet (k)*	17,8	756,5	6,2	4,27
	Магнит (о) *Magnet (o)*	18,0	786,3	6,5	4,20
	Златояр (к) *Zlatoyar (k)*	18,4	793,6	6,7	3,98
	Златояр (о) *Zlatoyar (o)*	18,8	796,8	6,8	4,08
	Надежный(к) *Reliable (k)*	18,2	785,1	6,4	4,26
	Надежный(о) *Reliable (o)*	18,4	788,5	6,5	4,28
	Знатный (к) *Noble (k)*	18,4	790,7	6,6	4,38
	Знатный (о) *Noble (o)*	18,5	792,4	6,8	4,30
$НСР_{05}$		0,94	38,4	0,32	0,28

материал яровой пшеницы и ячменя ярового и способствует повышению полевой всхожести. Требует дальнейшего исследования предполагаемая тенденция ускорения перехода к генеративному развитию у сортов яровой пшеницы и ячменя ярового, семена которых подверглись электромагнитному воздействию перед посевом.

Ввиду сформировавшихся благоприятных гидротермических условий в период формирования и налива зерна не было выявлено значимых различий между сортами и культурами по динамическим параметрам роста, развития и фотосинтетической деятельности.

Биологическая урожайность изучаемых сортов зерновых культур значительно варьировала по вариантам и составила у яровой пшеницы 6,1-11,0 т/га, у ячменя ярового – 2,9-10,3 т/га. Максимальная урожайность была зафиксирована у яровой пшеницы сорта Эстер в варианте с облучением, минимальная – у сорта Радмира в варианте без облучения, составив 11,0 и 6,1 т/га соответственно. Наибольшая биологическая урожайность у ячменя ярового была у сорта Магнит в обоих вариантах, составив 8,2-10,3 т/га; у других сортов урожайность составила в среднем 2,9-3,2 т/га.

Таблица 3. **Элементы структуры урожая и урожайность сортов яровой пшеницы и ячменя ярового**

Table 3. **Elements of the crop structure and yield of spring wheat and spring barley varieties**

Культура *Crop*	**Сорт** *Variety*	**Высота растений, см** *Plant height, cm*	**Число колосьев, шт./раст.** *Number of ears, pcs./plant.*	**Число зерен в колосе, шт./раст.** *Number of grains per ear, pcs./plant.*	**Масса зерен, г/раст.** *Grain weight, g/plant.*	**Масса 1000 зерен, г** *Weight of 1000 grains, g*	**Биологическая урожайность, т/га** *Biological yield, t/ha*
Яровая пшеница / *Spring wheat*	**Эстер (к)** *Esther* (*k*)	77	1,9	32,6	2,74	41	10,4
	Эстер (о) *Esther* (*o*)	80	1,6	39,1	2,90	45	11,0
	Радмира (к) *Radmira* (*k*)	84	1,1	36,1	1,57	41	6,1
	Радмира (о) *Radmira* (*o*)	79	1,4	33,5	1,99	38	7,6
	Маэстро (к) *Maestro* (*k*)	82	1,1	35,5	1,76	45	6,7
	Маэстро (о) *Maestro* (*o*)	82	1,2	32,1	1,70	44	6,5
	Рима (к) *Rima* (*k*)	84	1,6	37,7	2,61	44	9,9
	Рима (о) *Rima* (*o*)	84	1,5	42,8	2,75	41	10,5
Ячмень яровой / *Spring barley*	**Магнит (к)** *Magnet* (*k*)	56	3,5	14,1	2,70	49	10,3
	Магнит (о) *Magnet* (*o*)	58	3,6	12,6	2,16	53	8,2
	Златояр (к) *Zlatoyar* (*k*)	63	2,1	18,8	1,74	45	6,6
	Златояр (о) **Zlatoyar (o)**	53	1,1	16,1	0,83	45	3,2
	Надежный (к) *Reliable* (*k*)	42	1,5	14,1	0,84	40	3,2
	Надежный (о) *Reliable* (*o*)	40	1,2	14,1	0,78	48	2,9
	Знатный (к) *Noble* (*k*)	49	1,1	15,9	0,80	37	3,0
	Знатный (о) *Noble* (*o*)	46	1,0	16,7	0,76	47	2,9
$НСР_{05}$		3,5	0,06	1,4	0,05	2,4	0,32

Список использованных источников

1. Козырский В.В. Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур / В.В. Козырский, В.В. Савченко, А.Ю. Синявский // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 2 (27). С. 132-136.

2. Barishev M.G., Dzhimak S.S., Kasyanov G.I., Shashkov D.I. The influence of low frequency electromagnetic field on the agricultural crops seeds germination // Journal of Agricultural Science and Technology. 2012. Т. 2. № 3. Pp. 385-390.

3. Semenov A., Kozhushko G., Sakhno T. Influence of UV radiation in pre-sowing treatment of seeds of crops // Technology audit and production reserves. 2019. Т. 1. № 3 (45). Pp. 30-32.

References

1. Kozyrsky V.V. The influence of pre-sowing treatment in a magnetic field on the sowing qualities of agricultural seeds / V.V. Kozyrsky, V.V. Savchenko, A.Yu. Sinyavsky // Bulletin of RES. 2017. No. 2 (27). P. 132-136.

2. Barishev M.G., Dzhimak S.S., Kasyanov G.I., Shashkov D.I. The influence of low frequency electromagnetic field on the agricultural crops seeds germination // Journal of Agricultural Science and Technology. 2012. Vol. 2. No. 3. P. 385-390.

3. Semenov A., Kozhushko G., Sakhno T. Influence of UV radiation in pre-sowing treatment of seeds of crops // Technology audit and production reserves. 2019. Vol. 1. No. 3 (45). P. 30-32.

4. Рубцова Е.И. Использование физических факторов в сельском хозяйстве/ Е.И. Рубцова, Ю.А. Безгина, В.Н. Авдеева. и др. // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 84-86.

5. Хайновский В.И. Предпосевная стимуляция семян сои импульсным электрическим полем / В.И. Хайновский, Г.П. Стародубцева, Е.И. Рубцова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 10. С. 17-18.

6. Дорохов А.С. Обработка семян зерновых культур в низкочастотном электромагнитном поле / А.С. Дорохов, М.Е. Чаплыгин, А.Г. Аксенов др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 4. С. 4-11.

7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений // Электронный ресурс: https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/ (Дата обращения: 11.10.2023 г.)

8. Альт В.В. Планирование работ при возделывании зерновых культур: программные компоненты / В.В. Альт, С.П. Исакова // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 4. С. 12-18. EDN: GQRORK

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1989. 335 с.

10. Шитикова А.В. Технология производства продукции растениеводства: учебное пособие / А.В. Шитикова, М.Е. Белышкина, В.Н. Мельников. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. 150 с. EDN: DGFVZV

11. Belyshkina M., Zagoruiko M., Mironov D., Bashmakov I., Rybalkin D., Romanovskaya A. The study of possible soybean introduction into new cultivation regions based on the climate change analysis and the agro-ecological testing of the varieties // Agronomy. 2023. Т. 13. № 2. С. 610.

12. Белышкина М.Е. Биология и морфология полевых культур. Учебное пособие. Иркутск: Изд-во ООО «Мегапринт». 2018. 139 с.

13. Чаплыгин М.Е. Закономерности влияния густоты посева озимой пшеницы на ее урожайность /М.Е. Чаплыгин Э.В. Жалнин, Л.С. Шибряева, А.В. Подзоров // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 4. С. 490-507. EDN: SBDAKV

4. Rubtsova E.I. The use of physical factors in agriculture/ E.I. Rubtsova Yu.A. Bezgina, V.N. Avdeeva. and others // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2015. Vol. 29. No. 9. P. 84-86.

5. Khainovsky V.I. Pre-sowing stimulation of soybean seeds with a pulsed electric field / V.I. Khainovsky, G.P. Starodubtseva, E.I. Rubtsova // Mechanization and electrification of agriculture. 2007. No. 10. P. 17-18.

6. Dorokhov A.S. Processing of grain seeds in a low-frequency electromagnetic field / A.S. Dorokhov, M.E. Chaplygin, A.G. Aksenov et al. // Agricultural machinery and technologies. 2023. Vol. 17. No. 4. P. 4-11.

7. The State Register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties // Electronic resource: https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni / (Date of request: 11.10.2023)

8. Alt V.V. Planning of work in the cultivation of grain crops: software components / V.V. Alt, S.P. Isakova // Agricultural machinery and technology. 2023. Vol. 17. No. 4. P. 12-18. EDN: GQRORK

9. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Kolos, 1989. 335 p.

10. Shitikova A.V. Technology of crop production: textbook / A.V. Shitikova, M.E. Belyshkina, V.N. Melnikov. Moscow: Publishing House of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2018. 150 p. EDN: DGFVZV

11. Belyshkina M., Zagoruiko M., Mironov D., Bashmakov I., Rybalkin D., Romanovskaya A. The study of possible soybean introduction into new cultivation regions based on the climate change analysis and the agro-ecological testing of the varieties // Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 2. 610 p..

12. Belyshkina M.E. Biology and morphology of field crops. The training manual. Irkutsk: Publishing house of Megaprint LLC. 2018. 139 p.

13. Chaplygin M.E. Patterns of influence of winter wheat sowing density on its yield /M.E. Chaplygin E.V. Zhalnin, L.S. Shibryaeva, A.V. Podzorov// Engineering technologies and systems. 2023. Vol. 33. No. 4. P. 490-507. EDN: SBDAKV

Об авторе

Марина Евгеньевна Белышкина, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник; ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Researcher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; bely-mari@yandex.ru

About the authors

Marina E. Belyshkina, DSs (Agro), chief researcher; ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Researcher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; bely-mari@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Белышкина М.Е. выполнила теоретические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несёт ответственность за плагиат.

Belyshkina M.E. conducted theoretical research, based on which she summarized and wrote the manuscript. She has the copyright to the article and is responsible for plagiarism.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 20.02.2025
Поступила после рецензирования / Received after peer review 22.08.2025
Принята к публикации / Accepted for publication 22.08.2025