

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОРМООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ, РОСТОВЫЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОНТОГЕНЕЗЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Аннотация.

Актуальность и цели. Реализация генетической программы развития в растительном организме осуществляется через множественные коррелятивные связи между физиолого-биохимическими процессами и органами, которые обеспечивают экологическую адаптацию и реализацию эпигенетических функций организма. Активизация морфофизиологических функций посредством внешнего воздействия на растительные организмы может оказать существенное влияние на показатели их конечной продуктивности. Цель исследований состояла в изучении влияния синтетических регуляторов роста при предпосевной обработке семян на активизацию физиолого-биохимических, ростовых и формообразовательных процессов в онтогенезе растений яровой мягкой пшеницы и ячменя в почвенно-климатических условиях Пензенской области.

Материалы и методы. Объекты исследований – яровая мягкая пшеница, сорт Экада 113, яровой ячмень, сорт Сурский фаворит. В качестве регуляторов роста использованы препараты в концентрациях: рибав-Экстра – 0,3 мл/л, эпин-Экстра – 0,5 мл/л, мивал-Агро – 0,5 г/л, крезацин – 1,0 мл/л. В лабораторных исследованиях изучены активность гидролитических ферментов в семенах при прорастании, энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян. В полевых опытах проведен анализ динамики формирования листовой поверхности, сырой массы и воздушно-сухого вещества одного растения, а также чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала в агроценозе.

Результаты. Обработка семян пшеницы и ячменя регуляторами роста вызывает активацию метаболических процессов при прорастании семян, которая регистрируется данными суммарной активности α - и β -амилаз, что соответствует повышению энергии прорастания и лабораторной всхожести. В среднем за два года исследований ассимиляционная поверхность листьев одного растения пшеницы была сформирована в пределах от 61,40 до 94,67 см², ячменя – от 52,23 до 81,27 см². При использовании регуляторов роста она возрастала на 41,7–54,2 и 52,8–55,6 % соответственно (фаза колошения). Максимальные значения сырой массы на обеих культурах отмечены в фазу колошения, воздушно-сухого вещества – в фазу молочной спелости. Фотосинтетический потенциал растений пшеницы составлял от 1221,15 тыс. до 2073,67 тыс. м²/га, ячменя – от 1058,71 тыс. до 1808,31 тыс. м²/га. Под действием регуляторов роста он увеличивался на 50,6–69,8 % (пшеница) и на 65,6–70,8 % (ячмень). Чистая продуктивность фотосинтеза составляла по вариантам опыта 4,91–7,80 г/м² · сутки.

Выводы. Экспериментально подтверждено изменение ростовых и фотосинтетических функций в онтогенезе растений яровой мягкой пшеницы Экада 113

и ячменя Сурский фаворит при предпосевной обработке семян регуляторами роста рибав-Экстра, мивал-Агро и крезацин.

Ключевые слова: регуляторы роста, суммарная активность α - и β -амилаз, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, площадь листовой поверхности, сырая масса, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

G. A. Karpova, D. G. Teplitskaya

THE INFLUENCE OF PRE-SEEDING GROWTH-REGULATING CHEMICAL TREATMENT ON PHYSIOLOGICAL AND GROWTH PROCESSES OF SOFT SPRING WHEAT AND BARLEY PLANTS ONTOGENESIS

Abstract.

Background. The implementation of the program of genetic development of any plant is performed through multiple ties between physiological and biochemical processes and different organs that ensure their interaction, ecological adaptation as well as the implementation of epigenetic functions. The activation of morpho-physiological functions of a plant applying external stimulation may have a significant impact on their productivity. The aim of the research is to study the impact of synthetic growth regulators on soft spring wheat and barley plants growth and biochemical processes under pre-seeding growth-regulating chemical treatment in Penza region.

Materials and methods. The objects of the research are the plants of soft spring wheat Ekada 113 and spring barley Surskiy favorit. The following growth regulators were used (the concentration is also stated): ribav-Extra – 0,3 ml/l, epin-Extra – 0,5 ml/l, mival-Agro – 0,5 g/l, Crezacin – 1,0 ml/l. The strength of the hydrolytic enzymes in the seed during the process of germination, the process itself and seed germination capacity were studied under laboratory conditions. As for field experiments, here the research dealt with the analysis of the process of the formation of the leaf surface, wet weight and air-dry item of a single plant as well as pure photosynthetic potential in agroecogenesis.

Results. The treatment of wheat and barley seeds with growth regulators causes the activation of metabolic processes during seed germination, which is marked by the data on total activity of α - and β -amylases, which corresponds to an increase in germination energy (by 6,90–8,34 and 6,50–8,85 % respectively) and laboratory germination (6,95–10,45 and 10,60–13,40 % respectively). On average, during a two-year research the assimilation surface of leaves of wheat plant was formed in the range from 61,40 to 94,67 cm², barley plant – from 52,23 to 81,27 cm². When using growth regulators in a panicle stage, it increased by 41,7–54,2 and 52,8–55,6 % respectively. Maximum values of wet weight of both plants were noted during the panicle stage and of dry-air item during the milky stage. In the experimental variants, the indicators increased by 6,3–53,2 and 14,9–44,6 %. Photosynthetic potential of wheat plants ranged from 1221,15 thousand to 2073,67 thousand m²/ha and from 1058,71 thousand to 1808,31 thousand m²/ha for barley plants. Under the influence of growth regulators, it increased by 50,6–69,8 % (wheat) and by 65,6–70,8 % (barley). According to the experiment the net productive capacity of photosynthesis was 4,91–7,80 g/m² per day.

Conclusions. The experiment proved the presence of changes in growth and photosynthetic functions of soft spring wheat Ekada 113 plants and barley Surskiy favo-

rit plants under pre-seeding growth-regulating chemical treatment using ribav-Extra, mival-Agro and Crezacin during ontogenesis.

Keywords: growth regulators, total activity of α - and β -amylases, germination energy, laboratory germination, leaf surface area, wet weight, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity.

Введение

Потенциальная продуктивность современных сортов зерновых культур в значительной степени детерминирована геномом.

В современной физиологии проблема роста растений является одной из центральных, так как рост представляется ведущим процессом в реализации наследственной программы организма, обеспечивая его морфо- и онтогенез [1].

Изучение физиологических основ формирования продуктивности зерновых культур в условиях почвенно-климатической зоны конкретного региона при использовании регуляторов роста может послужить теоретической основой интенсификации сельскохозяйственного производства данного региона. Сведения о положительном влиянии регуляторов роста на биологическую и хозяйственную продуктивность зерновых культур в литературе имеются. Однако полученные результаты, как правило, специфичны, т.е. имеют различную степень проявления в разных климатических условиях и на различных культурах.

Детальное изучение процессов роста и развития растений при использовании природных и синтетических регуляторов роста позволит целенаправленно и эффективно применять данные препараты для управления онтогенезом растений.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач проводили лабораторные опыты на базе кафедры «Общая биология и биохимия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» и закладка полевых опытов на коллекционном участке ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ» в 2017–2018 гг.

Объекты исследований:

– яровая мягкая пшеница, сорт Экада 113. Сорт среднепоздний, районирован в Пензенской области. Vegetационный период – 75–89 дней. Средняя урожайность в Средневолжском регионе составляет 22,8 ц/га;

– яровой ячмень, сорт Сурский фаворит. Сорт среднеспелый, районирован в Пензенской области. Vegetационный период – 67–84 дня. Средняя урожайность в регионе – 25,9 ц/га.

В качестве регуляторов роста использовали препараты в соответствующих концентрациях: рибав-Экстра – 0,3 мл/л, эпин-Экстра – 0,5 мл/л, мивал-Агро – 0,5 г/л, крезацин – 1,0 мл/л.

Лабораторный эксперимент включал в себя проведение и анализ всех изучаемых параметров в 3-кратной повторности. Выборочная повторность в опытах составляла от 10 до 100 единиц изучаемых растений. В полевых условиях наблюдения, учет и анализ проводили по основным фазам развития растений в течение вегетационного периода [2].

Закладка полевых мелкоделяночных опытов проводилась методом рендомизации, при учетной площади делянки 1 м^2 , посевной площади – $1,5 \text{ м}^2$. В опыте соблюдалась четырехкратная повторность.

Лабораторные исследования включали в себя изучение и анализ следующих показателей: активность гидролитических ферментов в семенах при прорастании, энергия прорастания, лабораторная всхожесть. Полевые исследования были направлены на изучение и анализ площади листовой поверхности одного растения, сырой массы и воздушно-сухого вещества одного растения, чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала в агроценозе. Все учеты и анализы проведены согласно общепринятым методикам [3]. Достоверность полученных данных подтверждена результатами статистической обработки [2].

Результаты и обсуждения

Прорастание семян пшеницы и ячменя осуществляется в результате гипогейального прорастания путем растяжения клеток зародышевого корня. Физиологические процессы, определяющие инициацию прорастания, начинаются в самих осевых органах зародыша [4]. В первую очередь происходит активация дыхания на фоне повышающейся активации митохондриальных ферментов. Структурные изменения митохондрий обеспечивают высокую интенсивность работы дыхательной цепи, способную удовлетворить потребности активно растущих клеток зародыша. Однако для осуществления дыхания необходим материальный субстрат, которым являются запасные питательные вещества семени. Быстрая мобилизация питательных веществ семени может оказать непосредственное влияние на активацию прорастания.

В результате проведенных исследований на семенах пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста было установлено изменение активности гидролитических ферментов (суммарная активность α - и β -амилаз).

Измерения, проводимые в течение 72 ч, показали, что суммарная активность гидролитических ферментов возрастает во временном интервале от 24 к 72 ч по всем вариантам опыта, включая контроль. Максимальные значения зафиксированы через 72 ч от начала эксперимента. Под действием регуляторов роста происходит увеличение изучаемого показателя на 16,4–42,4 % в семенах пшеницы и на 21,7–47,5 % в семенах ячменя. На обеих культурах максимальные значения суммарной активности α - и β -амилаз отмечены в вариантах с рибавом-Экстра и крезацином.

Через 72 ч от момента прорастания у злаковых культур отмечается такой важный показатель, как энергия прорастания, которая наряду с лабораторной всхожестью относится к показателям посевных качеств семян.

В результате проведенных исследований установлено повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, обработанных регуляторами роста (табл. 1).

Обработка семян эпином-Экстра и мивалом-Агро не оказала влияния на посевные качества семян изучаемых культур. Регистрируемые значения в данных вариантах незначительно повышали изучаемые показатели, однако результаты статистически не были достоверны ($P > 0,05$). В вариантах с рибавом-Экстра энергия прорастания и лабораторная всхожесть увеличивались на пшенице и ячмене на 10,30–10,45 и 8,85–13,40 % соответственно ($P < 0,05$).

Крезацин способствовал увеличению данных значений на 6,90–6,95 и 6,50–10,60 % соответственно ($P < 0,05$).

Таблица 1

Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян пшеницы Экада 113, ячменя Сурский фаворит (2017–2018 гг.)

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
яровая мягкая пшеница Экада 113		
Контроль (обработка семян водой)	81,00	86,25
Рибав-Экстра	89,34	96,70
Эпин-Экстра	80,75	86,75
Мивал-Агро	81,12	87,66
Крезацин	87,90	93,20
яровой ячмень Сурский фаворит		
Контроль (обработка семян водой)	82,50	83,75
Рибав-Экстра	91,35	97,15
Эпин-Экстра	80,50	84,00
Мивал-Агро	83,14	85,45
Крезацин	89,00	94,35

Регистрация линейных, объемных и весовых показателей роста в течение вегетации дает возможность оценить степень воздействия внешних факторов на организм в целом и спрогнозировать возможный урожай в конкретных агроклиматических условиях. Наиболее значимыми с этой точки зрения являются показатели листовой поверхности, сырой массы и накопления воздушно-сухого вещества одного растения.

Формирование ассимиляционного аппарата растений пшеницы и ячменя в течение вегетационного периода идет поступательно до фазы колошения или цветения. Динамика нарастания листовой поверхности в значительной степени определяется температурным фактором и влагообеспеченностью. Поэтому даже на одной культуре одного сорта она колеблется достаточно в широких пределах в зависимости от гидротермических условий года.

Так, в условиях 2017 г. листовая поверхность одного растения пшеницы в фазу колошения составила 72,40–110,02 см², ячменя – 77,26–118,39 см² по вариантам опыта. В условиях 2018 г. – 50,40–91,26 и 27,20–44,97 см² соответственно. В среднем за два года ассимиляционная поверхность листьев одного растения пшеницы была сформирована в пределах от 61,40 до 94,67 см², ячменя – от 52,23 до 81,27 см² (табл. 2).

Предпосевная обработка семян регуляторами роста в значительной степени изменяла показатели листовой поверхности. При использовании мивла-Агро площадь листьев одного растения пшеницы возрастала на 41,7 %, рибав-Экстра – на 52,2 %, крезацина – на 54,2 % (фаза колошения) ($P < 0,05$).

Листовая поверхность одного растения ячменя увеличивалась под действием рибав-Экстра на 52,8 %, крезацина – на 55,6 % ($P < 0,05$). Результаты

в других вариантах были менее значительны или находились в пределах ошибки опыта ($P > 0,05$).

Таблица 2

Площадь ассимиляционной поверхности растений
пшеницы Экада 113 и ячменя Сурский фаворит
по фазам вегетации (одно растение, см²) (2017–2018 гг.)

Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза молочной спелости
яровая мягкая пшеница Экада 113				
Контроль (обработка семян водой)	19,51 ± 5,28	44,22 ± 7,21	61,40 ± 6,88	37,61 ± 1,23
Рибав-Экстра	27,56 ± 7,75	71,90 ± 13,34	93,44 ± 11,96	48,37 ± 1,20
Эпин-Экстра	23,12 ± 12,80	49,67 ± 12,41	66,54 ± 11,18	39,34 ± 1,59
Мивал-Агро	32,07 ± 9,71	67,06 ± 12,01	87,01 ± 11,11	49,03 ± 1,21
Крезацин	33,32 ± 7,52	81,45 ± 13,51	94,67 ± 15,57	52,59 ± 1,24
яровой ячмень Сурский фаворит				
Контроль (обработка семян водой)	17,03 ± 1,50	37,50 ± 3,12	52,23 ± 2,50	30,59 ± 0,93
Рибав-Экстра	24,43 ± 1,14	59,27 ± 3,11	79,83 ± 4,42	35,55 ± 1,11
Эпин-Экстра	17,35 ± 1,00	43,69 ± 2,69	56,79 ± 2,58	32,96 ± 0,88
Мивал-Агро	14,12 ± 0,53	43,13 ± 1,38	56,63 ± 1,58	28,67 ± 0,71
Крезацин	28,33 ± 3,30	64,17 ± 7,39	81,27 ± 6,15	41,31 ± 0,98

Динамика накопления сырой массы одного растения пшеницы и ячменя связана с показателями формирования ассимиляционного аппарата (табл. 3). Максимальные значения по всем вариантам опыта были отмечены в фазу колошения на обеих культурах. Снижение биомассы в фазу молочной спелости закономерно в силу потери растением части листьев при переходе к формированию колоса и наливу зерна.

В среднем за два года исследований сырая масса одного растения пшеницы на контроле составила 4,53 г, ячменя – 4,55 г. Во всех опытных вариантах на ячмене изучаемый показатель достоверно увеличивался на 6,3–43,1 % ($P < 0,05$). На пшенице сырая масса одного растения в опытных вариантах возрастала на 13,5–53,2 %. По всем вариантам опыта полученные результаты были статистически достоверны ($P < 0,05$).

Накопление воздушно-сухого вещества растениями пшеницы и ячменя шло в течение всего вегетационного периода, и максимальные значения отмечались в фазу молочной спелости (табл. 4).

Прирост сухого вещества до фазы молочной спелости возможен как за счет текущего фотосинтеза в период после колошения, так и за счет реутилизации ассимилятов, накопленных растениями в биомассе до фазы колошения. С этой точки зрения активный рост листовой поверхности в первую половину вегетации может явиться предпосылкой для накопления воздушно-сухого вещества, часть из которого обязательно составит будущий урожай.

Таблица 3

Сырая масса растений пшеницы Экада 113 и ячменя Сурский фаворит по фазам вегетации (одно растение, г) (2017–2018 гг.)

Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза молочной спелости
яровая мягкая пшеница Экада 113				
Контроль (обработка семян водой)	1,62 ± 0,19	3,66 ± 0,05	4,53 ± 0,15	3,84 ± 0,19
Рибав-Экстра	2,32 ± 0,40	5,07 ± 0,14	6,66 ± 0,09	5,14 ± 0,22
Эпин-Экстра	2,18 ± 0,55	4,11 ± 0,11	5,14 ± 0,21	4,41 ± 0,10
Мивал-Агро	2,62 ± 0,39	5,15 ± 0,24	6,82 ± 0,24	5,42 ± 0,35
Крезацин	2,70 ± 0,33	5,56 ± 0,22	6,94 ± 0,17	5,79 ± 0,33
яровой ячмень Сурский фаворит				
Контроль (обработка семян водой)	1,41 ± 0,04	3,15 ± 0,12	4,55 ± 0,09	3,40 ± 0,21
Рибав-Экстра	1,95 ± 0,19	4,54 ± 0,10	6,47 ± 0,09	4,47 ± 0,28
Эпин-Экстра	1,55 ± 0,10	3,49 ± 0,09	4,84 ± 0,08	3,97 ± 0,12
Мивал-Агро	1,39 ± 0,15	3,55 ± 0,15	4,83 ± 0,03	3,97 ± 0,21
Крезацин	2,2 ± 0,25	4,89 ± 0,07	6,51 ± 0,13	4,76 ± 0,21

Таблица 4

Сухая масса растений пшеницы Экада 113 и ячменя Сурский фаворит по фазам вегетации (одно растение, г) (2017–2018 гг.)

Вариант	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Фаза молочной спелости
яровая мягкая пшеница Экада 113				
Контроль (обработка семян водой)	0,51 ± 0,18	1,14 ± 0,11	1,33 ± 0,13	2,49 ± 0,13
Рибав-Экстра	0,81 ± 0,43	1,59 ± 0,23	1,93 ± 0,25	3,06 ± 0,09
Эпин-Экстра	0,63 ± 0,47	1,29 ± 0,21	1,52 ± 0,10	2,86 ± 0,16
Мивал-Агро	0,73 ± 0,30	1,65 ± 0,37	1,96 ± 0,25	3,25 ± 0,27
Крезацин	0,78 ± 0,30	1,97 ± 0,34	2,11 ± 0,21	3,60 ± 0,33
яровой ячмень Сурский фаворит				
Контроль (обработка семян водой)	0,43 ± 0,08	1,00 ± 0,11	1,35 ± 0,08	2,29 ± 0,27
Рибав-Экстра	0,58 ± 0,16	1,40 ± 0,18	1,84 ± 0,20	2,97 ± 0,29
Эпин-Экстра	0,46 ± 0,07	1,02 ± 0,12	1,44 ± 0,08	2,65 ± 0,12
Мивал-Агро	0,41 ± 0,11	1,05 ± 0,11	1,44 ± 0,14	2,74 ± 0,21
Крезацин	0,64 ± 0,25	1,45 ± 0,07	1,88 ± 0,16	3,10 ± 0,18

В вариантах с использованием регуляторов роста рибав-Экстра и крезацин на пшенице отмечено превышение контрольных значений на 21,7 и 44,6 % соответственно ($P < 0,05$). В вариантах с использованием эпина-Экстра и мивала-Агро изучаемый показатель увеличивался на 14,9 и 30,5 % ($P < 0,05$).

При предпосевной обработке семян ячменя регуляторами роста показатели накопления воздушно-сухого вещества во всех опытных вариантах достоверно превышали контрольные данные на 15,4–35,0 % ($P < 0,05$). Максимальные результаты фиксировались в вариантах рибав-Экстра и крезацин.

На конечный урожай любой культуры влияют три основных фактора фотосинтетической продуктивности: продолжительность работы листьев, продуктивность работы каждой единицы листовой поверхности и характер распределения ассимилятов [5].

Величина фотосинтетического потенциала (ФП) наиболее точно отражает продолжительность работы листовой поверхности в агроценозе как основного источника фотосинтеза в растениях.

В среднем за вегетацию за два года исследований величина фотосинтетического потенциала растений пшеницы составляла от 1221,15 тыс. до 2073,67 тыс. м²/га, растений ячменя – от 1058,71 тыс. до 1808,31 тыс. м²/га. Под действием регуляторов роста фотосинтетический потенциал растений пшеницы в посевах увеличивался на 50,6–69,8 %, в посевах ячменя – на 65,6–70,8 %.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) растений пшеницы в среднем за вегетационный период составляла 4,91–7,80 г/м²·сутки, растений ячменя – 6,72–7,80 г/м²·сутки. При этом важно отметить, что в вариантах с максимальными значениями ФП отмечались меньшие значения чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Полученные данные по ЧПФ в целом сочетаются с литературными данными о снижении данного показателя при мощном развитии листовой поверхности растений в силу эффекта «затенения» и отсутствия запроса на ассимиляты, который покрывается не интенсивностью процессов фотосинтеза, а формированием добавочной листовой поверхности в период вегетации под действием внешних факторов [5–7].

Таким образом, в результате лабораторных исследований было установлено, что обработка семян пшеницы и ячменя регуляторами роста вызывает активацию метаболических процессов при прорастании, которая подтверждается данными суммарной активности α - и β -амилаз, стимулирует ростовые функции проростков, что соответствует повышению энергии прорастания и лабораторной всхожести.

Эксперимент, проведенный в полевых условиях, показал, что регуляторы роста рибав-Экстра, мивал-Агро и крезацин при предпосевной обработке семян пшеницы Экада 113 и ячменя Сурский фаворит в агроклиматических условиях Пензенской области оказывают положительное влияние на ростовые и физиологические процессы в онтогенезе растений, которые регистрируются изменениями площади листовой поверхности, сырой массы, накопления воздушно-сухого вещества одного растения и показателями фотосинтетического потенциала.

Библиографический список

1. **Шевелуха, В. С.** Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В. С. Шевелуха. – Москва : Колос, 1992. – 598 с.
2. **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Л. А. Паничкин, М. Н. Кондратьев, Е. И. Кошкин, Т. В. Карнаухова, Е. Е. Крастина, Н. В. Пильщикова, Л. В. Можаяева, И. Г. Тараканов, Л. А. Гриценко, О. С. Жадова, Н. К. Фаттахова, В. Г. Земский, А. Е. Петров-Спиридонов, Я. М. Геллерман, М. И. Калинин, К. И. Каменская. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : КолосС, 2003. – 288 с.
4. **Обручева, Н. В.** Физиология инициации прорастания семян / Н. В. Обручева, О. В. Антипова // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 3. – С. 287–302.
5. **Кумаков, В. А.** Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В. А. Кумаков. – Москва : Росагропромиздат, 1988.
6. **Образцов, А. С.** Потенциальная продуктивность культурных растений / А. С. Образцов ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 502 с.
7. **Кошкин, Е. И.** Патопфизиология сельскохозяйственных культур / Е. И. Кошкин. – Москва : РГ-Пресс, 2016. – 360 с.

References

1. Shevelukha V. S. *Rost rasteniy i ego regulyatsiya v ontogeneze* [Plant growth and its regulation in ontogenesis]. Moscow: Kolos, 1992, 598 p. [In Russian]
2. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [The field experience technique]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p. [In Russian]
3. Tret'yakov N. N., Panichkin L. A., Kondrat'ev M. N., Koshkin E. I., Karnaukhova T. V., Krastina E. E., Pil'shchikova N. V., Mozhaeva L. V., Tarakanov I. G., Gritsenko L. A., Zhadova O. S., Fattakhova N. K., Zemskiy V. G., Petrov-Spiridonov A. E., Gellerman Ya. M., Kalinkevich M. I., Kamenskaya K. I. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Plant physiology tutorial]. 4th ed., rev. and suppl. Moscow: KolosS, 2003, 288 p. [In Russian]
4. Obrucheva N. V., Antipova O. V. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology]. 1997, vol. 44, no. 3, pp. 287–302. [In Russian]
5. Kumakov V. A. *Biologicheskie osnovy vozdelevaniya yarovoy pshenitsy po intensivnoy tekhnologii* [Biological foundations of spring wheat cultivation using an intensive technology]. Moscow: Rosagropromizdat, 1988. [In Russian]
6. Obraztsov A. S. *Potentsial'naya produktivnost' kul'turnykh rasteniy* [Potential productivity of cultivated plants]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2001, 502 p. [In Russian]
7. Koshkin E. I. *Patofiziologiya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Pathophysiology of agricultural plants]. Moscow: RG-Press, 2016, 360 p. [In Russian]

Карпова Галина Алексеевна

доктор сельскохозяйственных наук,
доцент, заведующий кафедрой общей
биологии и биохимии, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: pollylina@mail.ru

Karpova Galina Alekseevna

Doctor of agricultural sciences, associate
professor, head of sub-department
of general biology and biochemistry,
Penza State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Теплицкая Дарья Геннадьевна

ассистент, кафедра общей биологии
и биохимии, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: egf-kaf-bot@yandex.ru

Teplitskaya Dar'ya Gennad'evna

Assistant, sub-department of general
biology and biochemistry, Penza State
University (40 Krasnaya street, Penza,
Russia)

Образец цитирования:

Карпова, Г. А. Влияние регуляторов роста на формообразовательные, ростовые и физиологические процессы в онтогенезе растений пшеницы и ячменя / Г. А. Карпова, Д. Г. Теплицкая // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 4 (28). – С. 16–25. – DOI 10.21685/2307-9150-2019-4-2.