

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>
УДК 631.811.98:635.21-02

А.А. Верижникова*, Е.Г. Прудникова

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»
Орел, Россия

*Автор для переписки: Anast94koR@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Верижникова А.А., Прудникова Е.Г. Влияние инновационных регуляторов роста растений на физиолого-биохимические показатели и урожайность *Solanum tuberosum* L. *Овощи России*. 2022;(4):86-90. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>

Поступила в редакцию: 16.03.2022

Принята к печати: 04.06.2022

Опубликована: 20.07.2022

Anastasia A. Verizhnikova*, Elena G. Prudnikova

Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin"
Orel, Russia

*Corresponding author: Anast94koR@mail.ru

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

Authors' Contributions: all authors participated in the planning and setting of the experiment, as well as in the analysis of experimental data and the writing of the article.

For citations: Verizhnikova A.A., Prudnikova E.G. Influence of innovative plant growth regulators on physiological and biochemical parameters and yield of *Solanum tuberosum*. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):86-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>

Received: 16.03.2022

Accepted for publication: 04.06.2022

Published: 20.07.2022

Влияние инновационных регуляторов роста растений на физиолого-биохимические показатели и урожайность *Solanum tuberosum* L.



Резюме

Актуальность. *Solanum tuberosum* L. является одной из основных продовольственных сельскохозяйственных культур, поэтому изучение влияния инновационных регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и урожайность растений очень важно для агропромышленного комплекса.

Материал и методы. Исследования проведены на серой лесной почве Орловской области в условиях вегетационного домика на базе КФХ Стебаков В.И. в период 2020-2021 годов. В качестве объекта исследования использовали картофель сорта Невский. Обработку регуляторами роста проводили путем замачивания клубней в водных растворах мелафена (10⁻⁶%), Энергии М (10⁻³%) в течение 8 часов. При закладке опытов в почву вносили оптимальное количество для картофеля азота (2,3 г), фосфора (0,7 г) и калия (3,1 г). Определяли активность каталазы, пероксидазы. Количество гидроперекисей- промежуточного продукта ПОЛ, оценивали по реакции взаимодействия с роданистым аммонием, содержание малонового диальдегида – по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Опыт проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного однофакторного анализа с использованием компьютерной программы «MS Excel».

Результаты. Исследования показали, что в листьях наблюдается повышение активности каталазы и пероксидазы во всех варианта опыта по сравнению с контролем, а в клубнях – активность ферментов снижается. Отмечено снижение содержания малонового диальдегида во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Анализ конечной продуктивности выявил, что общее количество клубней на одном кусте в вариантах с регуляторами роста меняется незначительно, в то время как масса клубней увеличивается, так вариант с регулятором роста мелафен повысил данный показатель на 37% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: регулятор роста, ферменты, каталаза, пероксидаза, МДА, картофель, урожайность

Influence of innovative plant growth regulators on physiological and biochemical parameters and yield of *Solanum tuberosum*

Abstract

Relevance. *Solanum tuberosum* L. – it is one of the main food crops, therefore, the study of the influence of innovative growth regulators on physiological and biochemical parameters and plant yield is very important for the agro-industrial complex.

Material and methods. The research was carried out on the gray forest soil of the Orel region in the conditions of a vegetation house on the basis of the farm Stebakov V.I. in the period 2020-2021. Potato of the Nevsky variety was used as the object of the study. Treatment with growth regulators was carried out by soaking *Solanum tuberosum* tubers in aqueous solutions of melafene (10⁻⁶%), Energy-M (10⁻³%) for 8 hours. When laying the experiments, the optimal amount of nitrogen (2.3 g), phosphorus (0.7 g) and potassium (3.1 g) was introduced into the soil for potato. Was determined catalase, peroxidase activity. The amount of hydroperoxides, an intermediate product of POL, was estimated by reaction with ammonium rhodanide, the content of malonic dialdehyde by reaction with thiobarbituric acid. The experiment was carried out three times. Statistical processing of the results was carried out by the method of one-factor analysis of variance using the computer program "MS Excel".

Results. Studies have shown that there is an increase in the activity of catalase and peroxidase in all variants of the experiment compared with the control in leaves, in tubers – the activity of enzymes decreases. There was a decrease in the content of malondialdehyde in all variants of the experiment compared with the control. The analysis of the final productivity revealed that the total number of tubers on one bush of the potato in the variants with growth regulators changes slightly, while the mass of tubers increases, so the variant with the growth regulator melafen increased this indicator by 37% compared to the control.

Keywords: growth regulator, enzymes, catalase, peroxidase, MDA, potato, yield

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является эколого-пластичной и важной продовольственной культурой. Несмотря на значительные площади возделывания, в засушливые годы и при проявлении других экстремальных условий, заметно снижается её урожайность.

На сегодняшний день к новым агрономическим технологиям, способствующим повышению урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур, в растениеводстве относится использование биорегуляторов, поскольку их применение не отражается на биоценозе. При этом биорегуляторы существенно снижают сферу воздействия пестицида на экосистемы, загрязнение почв и водоемов. Действие регуляторов роста существенно отличается от действия удобрений. Регуляторы – не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. Используя удобрения и создавая высокую агротехнику, мы тем самым повышаем эффективность применения синтетических регуляторов роста и улучшаем образование природных ростовых веществ [1].

Действие регуляторов роста на сельскохозяйственные культуры проявляется в способности в малых дозах влиять на полевую всхожесть семян, ускорять массовое появление всходов, прохождение фаз, влиять на процессы роста и развития, формировать более мощный ассимиляционный аппарат [2,3]. При этом регуляторы роста рассматриваются как экологически чистый и экономически выгодный способ повышения урожайности сельскохозяйственных культур, позволяющий полнее реализовывать потенциальные возможности растительных организмов [4,5].

Среди инновационных регуляторов роста растений выделяются мелафен (меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты) и *Энергия-М* (кремнийауксин). Они обладают высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях.

Мелафен – регулятор роста растений, обладающий высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях. Как установлено в ряде работ, препарат оказывает стимулирующий эффект на рост клеток, на всхожесть и интенсивность прорастания семян [6,7,8,9].

Мелафен повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам (низкие, высокие температуры), при этом растения приобретают более развитую корневую систему и высоту проростков [10,11,12]. Установлено, что препарат оказывает широкое действие на биохимические реакции клеток растений, сходные с различными проявлениями действия фитогормонов и АТФ [13].

Регулятор роста *Энергия-М* (ортокрезоксисукусной кислоты триэтаноламмониевая соль + хлорметилксилатран) обладает высокой иммунопротекторной активностью, замедляет преждевременное старение и гибель растений от экстремальных факторов внешней среды. Данный препарат обладает высокой биологической активностью, позволяющей воздействовать на растение на протяжении всего вегетационного периода: положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть семян [14], способствует лучшему использо-

ванию питательных веществ растениями, ускоряет их рост и повышает устойчивость к заболеваниям [15,16,17], на более поздних стадиях развития препарат способствует увеличению экзогенного продуцирования этилена, что ускоряет процесс развития и созревания плодов [18]. Также из литературных данных известно, что наилучшие показатели сохранности столовых корнеплодов в зимний период наблюдали в вариантах с применением кремнийорганического препарата *Энергия-М* [19]. При этом препарат не создает экологических проблем, поскольку используемые концентрации безопасны для флоры и фауны [20].

Исследования с регуляторами роста нового поколения проводились с различными видами сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации. Однако, несмотря на рост числа публикаций по вопросам использования соединений кремния и фосфора, механизмы их действия на растениях *Solanum tuberosum* остаются недостаточно изученными. Практически отсутствуют сведения об их влиянии на активность антиоксидантных ферментов, хотя и известно, что кремний играет антистрессовую роль.

Цель исследований – определение особенностей влияния инновационных регуляторов роста растений на некоторые компоненты антиоксидантной системы и урожайность картофеля сорта Невский, выращенного на темно-серых лесных почвах Орловской области.

В соответствии с поставленной целью выделены следующие **задачи**: изучить особенности влияния регуляторов роста на активность ферментов-антиоксидантов в органах *Solanum tuberosum*; изучить влияние регуляторов роста растений на содержание продуктов перекисного окисления липидов, выявить регулятор роста, оказывающий наибольший эффект на продукционный процесс в растении картофеля.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрали клубни картофеля среднераннего сорта Невский отечественной селекции, включенного в Государственный реестр селекционных достижений в 1982 году [21]. Сорт допущен к возделыванию во всех без исключения регионах РФ, в том числе и Центрально-Черноземном, к которому относится Орловская область.

Опыт закладывали на серой лесной почве Орловской области в 2020-2021 годах, на базе КФХ Стебаков В.И. – в вегетационных условиях (почвенная культура) в период 2020-2021 годов.

Обработку регуляторами роста проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах следующих концентраций: мелафена – 10-6%, *Энергия-М* – 10-3% в течение 8 часов. Также во время закладки опытов в почву вносили оптимальное количество для культуры азота, фосфора и калия (N90P60K150), соответственно 2,3 г, 0,7 г, 3,1 г элемента на сосуд. В вегетационном сосуде, массой 10 кг почвы, выращивали 1 растение картофеля и поддерживали влажность почвы 60% от полной влагоёмкости.

Учёт урожая производился после увядания побегов возобновления.

Активность каталазы определяли газометрическим методом по объему выделенного кислорода с дальней-

шим перерасчетом на пероксид водорода [22]. Активность пероксидазы – методом Бояркина, основанном на определении скорости реакции окисления бензидина под действием фермента [23]. Содержание гидроперекисей оценивали по реакции взаимодействия с роданистым аммонием, содержание малонового диальдегида выявляли по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Опыт проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке методом дисперсионного однофакторного анализа [24] с использованием компьютерной программы «MS Excel».

Результаты и их обсуждение

Особенности влияния регуляторов роста на активность ферментов-антиоксидантов в органах *Solanum tuberosum* определяли по следующим показателям: содержание каталазы, пероксидазы.

Применение регуляторов роста нового поколения в сверхмалых концентрациях оказывают определенное воздействие на антиоксидантную систему растений картофеля сорта Невский.

Так, исследование активности каталазы в листьях в варианте с мелафеном понизилась в 1,67 раза по сравнению с контролем, а регулятор роста Энергия-М увеличил данный показатель (в 1,08 раза). В клубнях, аналогично варианту с листьями, активность каталазы в варианте с мелафеном незначительно понизилась (в 1,02 раза), в варианте Энергия-М увеличилась – (в 1,13 раза) (рис. 1).

Повышение активности каталазы связано с накоплением пероксидов, с увеличением интенсивности дыхания и увеличивается и активация метаболических процессов. Каталазная активность преобладает при высоких концентрациях перекиси водорода в клетке. Падение же активности каталазы в органах картофеля, скорее всего, связано с уменьшением содержания пероксида в клетках, утилизируемого пероксидазой.

В результате исследования активности пероксидазы установлено, что обработка растений *Solanum*

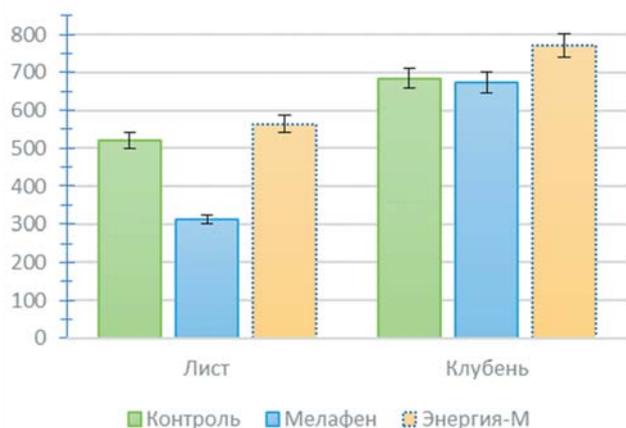


Рис. 1. Влияние регуляторов роста мелафена и Энергия-М на активность каталазы в органах растения *Solanum tuberosum*, мкМ H₂O₂/г сырой массы
Fig. 1. The effect of the growth regulator Melafen, and Energy-M on the activity of catalase in the organs of the plant *Solanum tuberosum*, microns H₂O₂/g of raw mass

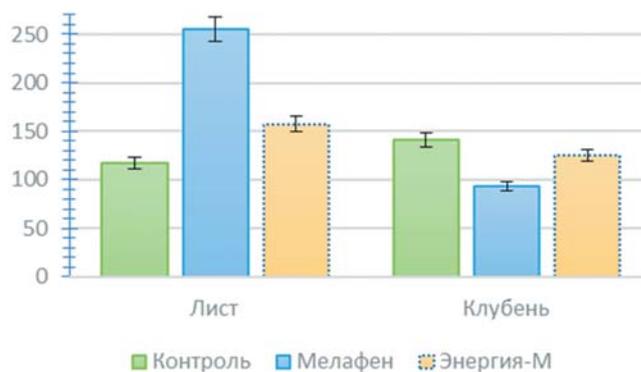


Рис. 2. Влияние регулятора роста мелафена, и Энергия М на активность пероксидазы в органах растения *Solanum tuberosum*
Fig. 2. The effect of the growth regulator melafen, and Energy M on the activity of peroxidase in the organs of the plant *Solanum tuberosum*

tuberosum регуляторами роста во всех случаях повышает активность пероксидазы в листьях и понижает её активность в клубнях. В варианте с кремнийорганическим регулятором роста Энергия-М активность пероксидазы в листьях повысилась незначительно (в 1,32 раза), больший эффект оказала обработка фосфорорганическим регулятором роста мелафен (в 2,17 раза). В клубнях в вариантах с мелафеном активность пероксидазы понизилась в 1,52 раза, в варианте с Энергия-М – в 1,13 раза (рис.2).

Так как значительная часть пероксидазной системы связана с процессами биосинтеза, то можно отметить, что пероксидаза играет существенную роль при адаптации растения картофеля ко всем видам абиотического стресса. Есть данные, что повышение активности данного фермента, усиливает окислительные свойства, что, по-видимому, приводит к устойчивости растения [25].

Мониторинг продуктов перекисного окисления липидов позволяет сделать вывод об устойчивости тканей к действию стрессоров. К промежуточным продуктам перекисного окисления липидов относятся гидроперекиси высокомолекулярных жирных кислот, а конечным продуктом липопероксидации является малоновый диальдегид.

Как показали исследования, содержание гидроперекисей в листьях существенно не меняется. Так, в варианте с мелафеном их содержание повысилось незначительно (в 1,06 раз), а регулятор роста Энергия-М несколько увеличил данный показатель (в 1,17 раза) (табл.1).

Вместе с тем, содержание малонового диальдегида – конечного продукта липопероксидации мембран, понизилось во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Так, фосфорорганический регулятор роста мелафен понизил данный показатель в 1,25 раза, а кремнийорганический регулятор роста Энергия-М – в 1,08 раза (табл. 1).

Снижение уровня малонового диальдегида в листьях связано, вероятно, с активизацией ферментов анти-

Таблица 1. Влияние регуляторов роста на продукты перекисного окисления липидов в листьях растения *Solanum tuberosum* (фаза цветения)
 Table 1. The effect of growth regulators on lipid peroxidation products in the leaves of the *Solanum tuberosum* plant (flowering phase)

№	Вариант	Содержание гидроперекисей D,480 нм	Содержание МДА, нМ/г сырой массы
1	Контроль	4,5±0,3	99,1±6
2	Энергия-М	5,3±0,3	91,3±4
3	Мелафен	4,8±0,3	79,8±5
	НСР _{0,5}	0,60	10,6

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на продуктивность растения *Solanum tuberosum*
 Table 2. The effect of growth regulators on the productivity of the *Solanum tuberosum*

№	Вариант	Масса ботвы, г/куст	Общее количество клубней, шт./куст	Общая масса клубней, г/куст
1	Контроль	41,50±2,12	6,00	330±16,50
2	Энергия-М	37,25±1,81	5,00	378±18,20
3	Мелафен	31,50±1,53	7,00	452±21,90
	НСР _{0,5}	0,50	1,00	8,67

оксидантной защиты, а, прежде всего, с активностью пероксидазы, которая повысилась во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, а также – каталазы.

Результатом продукционного процесса растений является их урожайность. Анализ конечной продуктивности *Solanum tuberosum* выявил, что урожайность в вариантах, обработанных регуляторами роста мелафен и Энергия-М, возросла, больший эффект оказал регулятор роста мелафен – на 37% по сравнению с контролем. Масса ботвы при этом снизилась на 1,1-1,3 раза, что указывает на усиление оттока ассимилятов в клубни (табл.2).

Заключение

Таким образом, сравнительное изучение действия регуляторов роста мелафена и Энергия-М на активность антиоксидантной системы показало, что более эффективным является регулятор роста мелафен, особенно это проявилось в отношении активности пероксидазы, в свою очередь Энергия-М также повышает активность каталазы и пероксидазы, что способствует интенсивности и продуктивности общего обмена в организме растения *Solanum*

tuberosum и защите от повреждения перекисью водорода, образовавшейся в результате окислительно-восстановительных реакций.

При активизации ферментов антиоксидантной защиты происходит снижение уровня малонового диальдегида в листьях, что, вероятно, связано с активностью пероксидазы и каталазы.

Регуляторы роста нового поколения инициировали процесс клубнеобразования, что повлияло на увеличение урожайности растения *Solanum tuberosum*. Больший эффект при этом оказал регулятор роста мелафен – на 37% по сравнению с контролем.

На основании полученных результатов исследования, можно сделать вывод о том, что регуляторы роста мелафен и Энергия-М повышают устойчивость картофеля сорта Невский, увеличивают конечную продуктивность, то есть имеют практическую значимость и могут быть востребованы в растениеводстве. Однако, можно отметить, что регулятор роста мелафен произвел больший эффект на инициацию клубнеобразования, что имеет огромное значение для сельского хозяйства.

Об авторах:

Анастасия Александровна Верижникова – аспирант, автор для переписки, Anast94koR@mail.ru
Елена Геннадьевна Прудникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

About the authors:

Anastasia A. Verzhnikova – Postgraduate Student, Correspondence Author, Anast94koR@mail.ru
Elena G. Prudnikova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor

• **Литература**

1. Шаповал О.А., Можарова И.П., Барчукова А.Я. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур. ВНИИА, 2015.
2. Вакуленко В.В. Регуляторы роста. *Защита и карантин растений*. 2004;(1):24-26.
3. Воронина Л.Н., Малеванная Н.Н. Продолжительность обработки семян редиса, огурца, овса препаратом цирконом в различной концентрации. *Доклады РАСХН*. 2003;(5):13-15.
4. Павликова Е.В., Ткачук О.А., Орлов А.Н. Эффективность систем зяблевой обработки почвы и регуляторов роста растений в технологии возделывания яровой пшеницы. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2012;1(17):34-38.
5. Церковнова О.М. Влияние регуляторов роста на зимостойкость, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья. Пенза, 2009. 22 с.
6. Алексеева О.М., Кривандин А.В., Шаталова О.В., Рыков В.А., Фаттахов С.Г., Буракова Е.Б., Коновалов А.И. Исследование взаимодействия мелафена с фосфолипидными мембранами. *Доклады РАН*. 2009;427(6):839.
7. Вакуленко В.В., Шаповал О.А. Новые регуляторы роста в сельскохозяйственном производстве. Научное обеспечение и совершенствование методологии агрохимического обслуживания земледелия России: сб. ст. М., 2000. С.71-89.
8. Кременцова А.В., Семенов В.А., Ерохин В.Н. Влияние мелафена на развитие солидной карциномы Льюис мышей. Мелафен: механизм действия и области применения. Казань: «Печать сервис XXI век», 2014. 343 с.
9. Казакова В.И., Устюгов В.М., Полиевктова Э.Г. Регуляторы роста-важный резерв растениеводства. *Химия в сельском хозяйстве*. 1984;(4):176.
10. Каримова Ф.Г., Гильманова Р.И., Федина Е.О. Мелафен - индуцированное тирозинное фосфорилирование белков темновой стадии фотосинтеза. Мелафен: механизм действия и области применения. Изд-во: Печать-Сервис XXI век, Казань, 2014. С.69-82.
11. Кириллова И.Г., Аблова Ю.В., Стольников Е.С., Конюхова А.Н. Взаимодействие регуляторов роста мелафена и фитогормонов в регуляции физиологических процессов картофеля. Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. Материалы IV Международной очной научно-практической конференции. М.: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева» г. Орел, Россия. 2016. С.160-165.
12. Осипов А.И., Евдокимова З.З., Шелабина Т.А. Перспективы селекции и семеноводства картофеля на Северо-Западе российской Федерации. *Картофельводство в регионах России. Актуальные проблемы науки и практики*. М., 2006. 246 с.
13. Фаттахов С.Г., Лосева Н.Л., Резник В.С. и др. Меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты (мелафен) в качестве регулятора роста и развития растений и способ ее получения. Патент РФ №2158735 от 10.11.2000. г. Москва.
14. Логинов С.В., Петриченко В.Н., Стукалов М.Ю. Энергия-М в технологии выращивания сахарной свеклы. *Защита и карантин растений*. 2013;(5):52-54.
15. Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях. Материалы Междунар. научно-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, г.Тверь, 15-16 сентября 2016 г. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2016. С.82-86.
16. Логинов С.В., Колобов С.В. Рентабельность сельскохозяйственного производства с регулятором роста растений "Энергия-М". *Аграрный журнал "Поле деятельности"*. 2012;(7):28-29.
17. Шаповал О.А., Логинов С.В., Вакуленко В.В., Барчукова А.Я. Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий (К 80-летию ВНИИА)/ Под ред. В.Г.Сычева. М.: ВНИИА, 2011. С.189-205.
18. Применение регулятора роста Энергия-М при возделывании озимой пшеницы и ячменя ярового в условиях Волгоградской области [Электронный ресурс]// *Поле деятельности*. 2013 г. №8/9.
19. Туркина О.С. Применение микроудобрений и регуляторов роста растений на столовых корнеплодах. 2011. С.17, 20.
20. Производитель регуляторов роста растений ООО "Флора-Си"[Электронный ресурс], 2011. URL: <http://florasi.ru/images/rek/4.pdf>.
21. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. С.159.
22. Третьяков Н.И. Каталаса. Практикум по физиологии растений. М.: *Агропромиздат*. 1990. 271 с.
23. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы. *Биохимия*. 1951;16(4):352-355.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: *Агропромиздат*, 1985. 351 с.
25. Smith H.H. [et al.]Multiple molecular forms of peroxidases and esterases among Nicotiana species and amphiploids. *Plant Physiol*. 1976;57(6):203-212.

• **References**

1. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Barchukova A.Ya. Plant growth regulators in agrotechnologies of basic agricultural crops. M.: VNIIA, 2015. (In Russ.)
2. Vakulenko V.V. Growth regulators. *Plant protection and quarantine*. 2004;(1):24-26. (In Russ.)
3. Voronina L.N., Malevannaya N.N. Duration of treatment of radish, cucumber, oat seeds with zircon preparation in various concentrations. *Reports of the RAAS*. 2003;(5):13-15.
4. Pavlikova E.V., Tkachuk O.A., Orlov A.N. Efficiency of systems of winter tillage and plant growth regulators in the technology of spring wheat cultivation. *Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2012;1(17):34-38. (In Russ.)
5. Tserkovnova O.M. Influence of growth regulators on winter hardiness, yield and quality of winter wheat grain in the forest-steppe of the Middle Volga region. Penza, 2009. 22 p. (In Russ.)
6. Alekseeva O.M., Krivandin A.V., Shatalova O.V., Rykov V.A., Fattakhov S.G., Burlakova E.B., Konovalev A.I. Investigation of the interaction of melafen with phospholipid membranes. *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 2009;427(6):839. (In Russ.)
7. Vakulenko V.V., Shaoval O. A. New growth regulators in agricultural production/ Scientific support and improvement of the methodology of agrochemical maintenance of agriculture in Russia: collection of articles. M., 2000. pp.71-89. (In Russ.)
8. Kremensova A.V., Semenov V.A., Erokhin V.N. The influence of melafen on the development of solid Lewis mouse carcinoma. Melafen: mechanism of action and fields of application. Edited by S.G. Fattakhov, V.V. Kuznetsov, N.V. Zagotskina. Kazan: "Printing service XXI century". 2014. 343 p. (In Russ.)
9. Kazakova V.I., Ustyugov V.M., Polyevktova E.G.. Growth regulators - an important reserve of crop production. *Chemistry in agriculture*. 1984;(4):176. (In Russ.)
10. Karimova F.G., Gilmanova R.I., Fedina E.O. Melafen – induced tyrosine phosphorylation of proteins of the dark stage of photosynthesis. Melafen: mechanism of action and fields of application. Publishing House: Print-Service XXI century, Kazan, edited by S.G. Fattakhov, V.V. Kuznetsov, N.V. Zagotskina, 2014. Pp.69-82. (In Russ.)
11. Kirillova I.G., Ablova Yu.V., Stolnikova E.S., Konyukhova A.N. Interaction of growth regulators melafen and phytohormones in the regulation of physiological processes of potatoes. Actual problems of natural science education, environmental protection and human health. Materials of the IV International intramural scientific and practical conference. Moscow: Oryol State University imebni I. S. Turgenev, Orel, Russia. 2016. pp. 160-165. (In Russ.)
12. Osipov A.I., Evdokimova Z.Z., Shelabina T.A. Prospects of potato breeding and seed production in the North-West of the Russian Federation. *Potato growing in the regions of Russia. Actual problems of science and practice*. M., 2006. 246 p. (In Russ.)
13. Fattakhov S.G., Loseva N.L., Reznik B.C. et al. Melamine salt of bis(oxymethyl) phosphic acid (melafen) as a regulator of plant growth and development and a method for its preparation. Patent of the Russian Federation No. 2158735 dated 10.11.2000. Moscow. (In Russ.)
14. Loginov S.V., Petrichenko V.N., Stukalov M.Yu. Energy-M in the technology of sugar beet cultivation. *Protection and quarantine of plants*. 2013;(5):52-54. (In Russ.)
15. Innovative agro- and biotechnologies in adaptive landscape farming on reclaimed lands. Materials of the International Scientific and Practical Conference of the FGBNU VNIIMZ, Tver, September 15-16, 2016, Tver: Tver State University, 2016. pp.82-86. (In Russ.)
16. Loginov S.V., Kolobov S.V. Profitability of agricultural production with plant growth regulator "Energiya- M". *Agrarian journal "Field of activity"*. 2012;(7):28-29. (In Russ.)
17. Shapoval O.A., Loginov S.V., Vakulenko V.V., Barchukova A.Ya. Innovative solutions for regulating soil fertility of agricultural lands (To the 80th anniversary of VNIIA). Edited by V.G. Sychev. M.: VNIIA, 2011. pp.189-205.
18. Application of the growth regulator Energiya-M in the cultivation of winter wheat and spring barley in the conditions of the Volgograd region [Electronic resource]. *Field of activity*. 2013. No.8/9. (In Russ.)
19. Turkina O.S. Application of micronutrients and plant growth regulators on table root crops. 2011. p.17, 20. (In Russ.)
20. Manufacturer of plant growth regulators LLC "Flora-Si"[Electronic resource], 2011. URL: <http://florasi.ru/images/rek/4.pdf> (In Russ.)
21. State register of selection achievements approved for use. T.1. "Varieties of Plants" (official publication). M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2021. P.159. (In Russ.)
22. Tretyakov N.I. Katalase. M.: *Agropromizdat*. 1990. 271 p. (In Russ.)
23. Boyarkin A.N. Rapid method for determining peroxidase activity. *Biochemistry*. 1951;16(4):352-355. (In Russ.)
24. Dospikhov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). M.: *Agropromizdat*, 1985. 351 p. (In Russ.)
25. Smith H.H. [et al.]Multiple molecular forms of peroxidases and esterases among Nicotiana species and amphiploids. *Plant Physiol*. 1976;57(6):203-212.