

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ /
BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья

УДК 633.13: 633.16: 631.811.98

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-1-01>



**Действие биорегуляторов эпин-экстра и новосил
на биохимические показатели качества зерна овса и ячменя**

**Николай Николаевич Новиков, Артем Алексеевич Соколов,
Евгений Алексеевич Филатов**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Николай Николаевич Новиков;
tshanovikov@gmail.com

Аннотация

В 2021-2022 гг. проведены полевые опыты с овсом и ячменем на дерново-подзолистой почве со средним уровнем плодородности. Исследования выполнялись на фоне внесения перед посевом культур нитрата аммония, суперфосфата и хлорида калия в дозах 60 кг/га действующего вещества. В ходе исследований было выявлено, что применение на культуре овса во время выметывания метелок биорегулятора эпин-экстра инициировало при созревании зерновок ослабление синтеза альбуминов и легкорастворимых глобулинов и повышение концентрации глютелиновых белков. Под воздействием указанного биорегулятора также происходило усиление активности в формирующемся зерне всех α -амилаз и β -амилаз, активных при pH 5,5 и 7, пероксидаз (pH 8) и каталаз (pH 5,5). В процессе прорастания зерна овса отмечалось последствие эпин-экстра, в результате которого усиливалось действие β -амилаз, активных при pH 8, и всех пероксидаз и каталаз. Биорегулятор новосил, примененный в той же фазе развития растений овса, инициировал в созревающем зерне активизацию синтеза α -амилаз, активных при pH 5,5, и β -амилаз (pH 8), а в зерне 7-дневных проростков – пероксидаз (pH 7), каталаз (pH 5,5), α и β -амилаз (pH 8). Применение эпин-экстра во время колошения ячменя привело к активизации синтеза белков в созревающем зерне (увеличение содержания – на 0,6-1,2%), а также амилолитических и антиоксидантных ферментов: всех α -амилаз и активных при pH 7 и 8 β -амилаз, пероксидаз и каталаз. При этом в прорастающем зерне наблюдалась активизация α -амилаз и пероксидаз (pH 5,5), некоторых β -амилаз (pH 8) и каталаз (активных при pH 7 и 8). Биорегулятор новосил оказывал заметное действие на синтез белков и ферментов в созревающем зерне ячменя. Под его воздействием отмечалось усиление активности некоторых α -амилаз и каталаз (pH 8), активных при pH 7 и 8 пероксидаз и β -амилаз. В проведенных опытах отмечено более заметное действие на биохимические процессы в формирующихся зерновках овса и ячменя биорегулятора эпин-экстра.

Ключевые слова

белки овса и ячменя, биорегуляторы эпин-экстра и новосил, амилазы, каталазы, пероксидазы зерна

Для цитирования

Новиков Н.Н., Соколов А.А., Филатов Е.А. Действие биорегуляторов эпин-экстра и новосил на биохимические показатели качества зерна овса и ячменя // *Тимирязевский биологический журнал*. 2025. Т. 3, № 1. С. 202531101. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-1-01>

BYOLOGICAL RESOURCES

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-1-01>



Effect of the bioregulators Epin-extra and Novosil on biochemical indicators of oat and barley grain quality

Nikolay N. Novikov, Artem A. Sokolov, Evgeny A. Filatov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Nikolai N. Novikov; tshanovikov@gmail.com

Abstract

From 2021 to 2022, field experiments with oats and barley were conducted on sod-podzolic soil of average fertility. The experiments involved applying 60 kg/ha of ammonium nitrate, superphosphate, and potassium chloride before sowing the crops. The results showed that treating oat plants with the bioregulator Epin-Extra during the panicle formation phase reduced the synthesis of albumin and easily soluble globulins while increasing the concentration of glutelin proteins during grain maturation. The bioregulator increased the activity of α -amylases and β -amylases at pH 5.5 and 7, as well as of peroxidases at pH 8.0 and catalases at pH 5.5 in the developing grain. The aftereffect of Epin-Extra was observed in germinating oat grain, enhancing the activity of β -amylases at pH 8, as well as all peroxidases and catalases. When applied during the same phase of oat plant development, the bioregulator Novosil initiated the activation of α -amylase synthesis (active at pH 5.5) and β -amylase synthesis (active at pH 8) in ripening grain. It also activated peroxidase (active at pH 7) and catalase (active at pH 5.5) synthesis, as well as α - and β -amylase synthesis (active at pH 8), in grain of 7-day-old seedlings. Treating barley plants with Epin-Extra during the heading phase increased protein synthesis in ripening grain by 0.6-1.2%, as well as the synthesis of amylolytic and antioxidant enzymes. These enzymes include all α - and β -amylases, as well as peroxidases and catalases, which are active at pH 7 and 8. The activation of α -amylases and peroxidases (pH 5.5), some β -amylases (pH 8), and catalases (pH 7 and 8) was observed in germinating grain. The bioregulator Novosil markedly affected protein and enzyme synthesis in ripening barley grain. Under its influence, the activity of some α -amylases and catalases (pH 8), as well as peroxidases and β -amylases (pH 7 and 8), increased. The conducted experiments revealed a more significant impact of the Epin-extra bioregulator on the biochemical processes of ripening and germinating oat and barley grain.

Keywords

oat and barley proteins, bioregulators Epin-extra and Novosil, amylases, catalases, peroxidases of grain

For citation

Novikov N.N., Sokolov A.A., Filatov E.A. Effect of the bioregulators Epin-extra and Novosil on biochemical indicators of oat and barley grain quality. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(1):202531101. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-1-01>

Введение

Introduction

Оптимизация продуктивности растений и улучшение характеристик урожая сельскохозяйственных культур во многом зависят от использования фиторегуляторов – соединений природного или синтетического происхождения. В малых концентрациях они способны воздействовать на ход физиологических и биохимических процессов, стимулируя рост и развитие растений, что в итоге приводит к повышению урожайности и улучшению качества продукции сельскохозяйственных культур [1-5].

В связи с возможным влиянием фиторегуляторов на гормональную систему растений и процессы синтеза белков проводятся работы по их применению в растениеводстве. Основная задача этих

исследований – воздействие с помощью регуляторных препаратов на обмен азотистых и других веществ в тканях растений, в том числе активизация синтеза ферментов, катализирующих биохимические реакции формирования белкового комплекса при созревании зерна, а также процессы прорастания семян [6-9].

На посевах зерновых злаковых культур все более широкое применение находят такие биорегуляторы, как эпин-экстра и новосил.

Эпин-экстра представляет собой синтетический биорегулятор, у которого действующим веществом служит эпибрасинолид. Он влияет на выработку собственных гормонов в растениях, стимулируя синтез антиоксидантных ферментов, которые повышают устойчивость растений к действию стрессовых факторов окружающей среды и различным заболеваниям. Применение

этого биорегулятора может оказывать также влияние на физиолого-биохимические процессы формирования качества зерна [2, 5, 8, 10, 11].

Новосил – биорегулятор природного происхождения, состоящий из комплекса тритерпеновых кислот. Он повышает устойчивость растений к поражению вирусной, бактериальной, грибковой инфекцией, улучшает качественные показатели зерновой продукции, а также усиливает активность протеаз в растениях, поскольку ослабляет негативное воздействие на них абсцизовой кислоты [12-16].

В рамках наших исследований выяснялось влияние биорегуляторов эпин-экстра и новосила на количественный и качественный состав белков в зерне овса и ячменя, а также на активность ферментов: амилаз, каталаз и пероксидаз. Исследования проводились на созревших и пророщенных зерновках ячменя и овса, растения которых обрабатывали биорегуляторами в фазах колошения и выметывания метелок. **Цель исследований:** влияние биорегуляторов эпин-экстра и новосила на количественный и качественный состав белков в зерне овса и ячменя, а также на активность ферментов: амилаз, каталаз и пероксидаз.

Методика исследований

Research methods

Полевые испытания проводились в 2021-2022 гг. на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве объекта исследования были взяты сорта овса Яков и ячменя Златояр, выведенные в ФИЦ «Немчиновка». Почва экспериментального участка – дерново-подзолистая, средний суглинок. Содержание в почве гумуса составляет 2,2-2,3%, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,2-5,7; поглощенные основания – 7,5-7,8, гидролитическая кислотность – 3,8-2,1 мг-экв. на 100 г почвы; P_2O_5 – 275-270, K_2O – 115-125 мг/кг почвы (по ГОСТ 26207-91). Растения культивировались на фоне предварительного внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ (нитрат аммония, гранулированный суперфосфат и хлорид калия). Площадь каждой делянки составляла 1 м², а повторность опытов была пятикратной. На каждой делянке высевали 600 способных к прорастанию семян.

В фазы выметывания метелок и колошения растения овса и ячменя обрабатывали растворами биорегуляторов: новосила (ООО «Эколенд-Сибирь») и эпин-экстра (ННПП «НЭСТМ») при дозировках 40 и 5 мг/л рабочего раствора соответственно. При обработке одной делянки расходовалось 50 мл рабочего раствора. Последствие биорегуляторов на процесс прорастания семян оценивали по активности амилаз, каталаз и пероксидаз в зерне проростков, которые выращивали на воде при температуре 20°C в течение 7 дней.

Для определения содержания белкового азота и азота различных белковых фракций в зерне овса и ячменя, прошедшем стадию послеуборочного дозревания, использовали метод Кьельдаля. Белки последовательно извлекали из размолотого зерна с помощью обессоленной воды, 10% раствора хлорида калия, 70% этилового спирта и 0,2% раствора гидроксида натрия. Активность кислых (pH 5,5), нейтральных (pH 7) и щелочных (pH 8) амилаз, каталаз и пероксидаз исследовали с использованием усовершенствованных методик [17, 18]. Для создания необходимого pH в ходе реакций, катализируемых изучаемыми ферментами, применяли 1/15 М фосфатный буфер.

Статистическую обработку данных о зерновой продуктивности растений, содержании и составе белков в зерне, а также активности ферментов производили с применением программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Условия произрастания растений в годы проведения опытов существенно различались. В 2021 г. в период всходов овса и ячменя наблюдался заметный выраженный недостаток влаги, за которым последовал избыток осадков, что привело к значительным потерям азота ввиду вымывания нитратов и денитрификации. В 2022 г. условия вегетации растений оказались более благоприятными для их роста и развития, что обеспечило повышенные урожаи овса и ячменя.

Поскольку обработка растений биорегуляторами проводилась на поздних стадиях их развития, она не оказала существенного влияния на урожайность овса и ячменя (табл. 1), однако способствовала увеличению содержания белков в зерне ячменя на 0,6-1,2%. Биорегулятор эпин-экстра также инициировал небольшое повышение содержания белков в зерне овса.

При воздействии на растения овса биорегулятора эпин-экстра в его зерновках наблюдалось уменьшение содержания водорастворимых белков и увеличение накопления глютелинов (щелочнорастворимых белков). При применении новосила происходило небольшое возрастание количества глобулинов. В опытах с ячменем заметное влияние указанных биорегуляторов на состав белков зерна не выявлено (табл. 2, 3).

В созревшем зерне овса под воздействием биорегулятора эпин-экстра возрастала активность α -амилаз (кислых, нейтральных, щелочных). Она также была повышена в проросших зерновках овса урожая 2021 г. (кислые и щелочные α -амилазы), когда период созревания зерна характеризовался повышенной температурой воздуха и выраженным дефицитом влаги (табл. 4).

Таблица 1

**Урожайность и содержание белков в зерне овса и ячменя
при обработке растений биорегуляторами**

Варианты опытов	Выход зерна, г/м ²		Концентрация белков, % сух. массы	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Овес				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	211	636	9,8	10,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	208	639	10,1	10,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	206	634	9,9	10,1
НСР ₀₅	8	19	0,2	0,1
Ячмень				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	177	450	10,6	10,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	170	440	11,5	12,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	154	446	11,2	12,1
НСР ₀₅	24	11	0,2	0,2

Table 1

Yield and protein content in oat and barley grains when treated with bioregulators

Experiment options	Grain yield, g/m ²		Protein content, % dry weight	
	2021	2022	2021	2022
Oat				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	211	636	9.8	10.1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	208	639	10.1	10.5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	206	634	9.9	10.1
Least Significant Difference (LSD ₀₅)	8	19	0.2	0.1
Barley				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	177	450	10.6	10.9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	170	440	11.5	12.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	154	446	11.2	12.1
LSD ₀₅	24	11	0.2	0.2

Таблица 2

**Состав белков зерна овса в опытах
с применением биорегуляторов (азот фракций, % от общего азота белков)**

Варианты опытов	Белки, растворимые:				Белки остатка
	в воде	в солевом растворе	в спиртовом растворе	в щелочном растворе	
2021 г.					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17,8	24,4	12,2	37,6	7,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	16,5	23,8	12,9	39,2	7,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	17,1	25,3	12,8	38,7	6,0
НСР ₀₅	0,2	0,3	0,1	0,4	0,1
2022 г.					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,0	25,0	16,5	32,5	7,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	18,8	24,8	15,2	33,8	7,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	19,9	25,8	14,4	32,8	7,1
НСР ₀₅	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1

Table 2

**Protein composition of oat grain in experiments
with bioregulators (nitrogen fractions, % of total protein nitrogen)**

Experiment options	Proteins soluble in				Residue proteins
	water	saline solution	alcohol solution	alkaline solution	
2021					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17.8	24.4	12.2	37.6	7.9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	16.5	23.8	12.9	39.2	7.6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	17.1	25.3	12.8	38.7	6.0
LSD ₀₅	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1
2022					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19.0	25.0	16.5	32.5	7.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	18.8	24.8	15.2	33.8	7.4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	19.9	25.8	14.4	32.8	7.1
LSD ₀₅	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1

Таблица 3

**Состав белков в зерне ячменя в опытах
с применением биорегуляторов (азот фракций, % от общего азота белков)**

Варианты опытов	Белки, растворимые:				Белки остатка
	в воде	в солевом растворе	в спиртовом растворе	в щелочном растворе	
2021 г.					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,5	12,1	34,6	30,1	12,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	11,2	10,3	36,4	29,6	12,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	10,4	10,1	38,0	31,0	10,5
НСП ₀₅	1,4	2,9	3,9	3,4	1,4
2022 г.					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,4	12,0	34,2	29,9	13,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	11,3	10,7	35,6	30,3	12,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	10,8	11,4	35,3	29,9	12,6
НСП ₀₅	1,1	1,3	3,9	3,4	1,4

Table 3

**Protein composition of barley grain in experiments
with bioregulators (nitrogen fractions in% of total protein nitrogen)**

Experiment options	Proteins soluble in				Residue proteins
	water	saline solution	alcohol solution	alkaline solution	
2021					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10.5	12.1	34.6	30.1	12.7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	11.2	10.3	36.4	29.6	12.5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	10.4	10.1	38.0	31.0	10.5
LSD ₀₅	1.4	2.9	3.9	3.4	1.4
2022					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10.4	12.0	34.2	29.9	13.5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	11.3	10.7	35.6	30.3	12.1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	10.8	11.4	35.3	29.9	12.6
LSD ₀₅	1.1	1.3	3.9	3.4	1.4

Таблица 4

**Активность кислых, нейтральных, щелочных α -амилаз в зерне овса,
г крахмала, гидролизуемого за 1 ч, в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,29	0,25	0,13	23,1	18,2	10,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	0,43	0,29	0,17	27,0	18,3	12,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	0,37	0,25	0,13	23,2	16,7	11,0
HCP ₀₅	0,02	0,01	0,01	0,9	0,8	0,4
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,88	0,74	0,38	31,7	23,7	14,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	1,08	0,80	0,59	33,2	23,6	13,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	0,96	0,80	0,49	32,0	23,0	15,4
HCP ₀₅	0,07	0,04	0,02	1,6	1,0	0,7

Table 4

**Activity of acid, neutral, alkaline α -amylases
in oat grain (g of starch hydrolyzed in 1 hour per 1 g of dry weight)**

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0.29	0.25	0.13	23.1	18.2	10.1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	0.43	0.29	0.17	27.0	18.3	12.6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	0.37	0.25	0.13	23.2	16.7	11.0
LSD ₀₅	0.02	0.01	0.01	0.9	0.8	0.4
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0.88	0.74	0.38	31.7	23.7	14.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	1.08	0.80	0.59	33.2	23.6	13.7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	0.96	0.80	0.49	32.0	23.0	15.4
LSD ₀₅	0.07	0.04	0.02	1.6	1.0	0.7

В созревшем зерне овса под воздействием эпин-экстра отмечалось увеличение активности кислых и нейтральных β -амилаз (табл. 6). В зерне проростков активность щелочных β -амилаз возрастала. При обработке растений овса биорегулятором новосил в зрелых зерновках наблюдалось повышение активности кислых α -амилаз, но уменьшалась активность щелочных изоферментов β -амилазы, а в зерне проростков отмечалось возрастание активности щелочных изоформ α и β -амилазы.

В созревших зерновках ячменя под воздействием эпин-экстра повышалась активность кислых, нейтральных и щелочных α -амилаз, а также кислых и нейтральных β -амилаз. В проросшем зерне наблюдалось повышение активности кислых α -амилаз и щелочных β -амилаз (табл. 5, 7).

При обработке растений ячменя биорегулятором новосил в зрелом зерне возрастала активность нейтральных, щелочных изоферментов β -амилазы и щелочных изоформ α -амилазы, в то время как в зерне проростков заметно выраженные изменения в активности амилаз не выявлены.

В созревшем зерне овса под воздействием эпин-экстра возрастала активность кислых изоферментов каталазы, а в результате последствия этого биорегулятора в зерне проростков повышалась активность всех каталаз (табл. 8). В проросшем зерне также выявлено последствие новосила, который заметно повышал активность кислых изоферментов каталазы.

В опытах с ячменем выяснено, что биорегулятор эпин-экстра стимулировал увеличение активности в созревшем и проросшем зерне нейтральных и щелочных изоформ каталазы (табл. 9). Действие новосила было менее эффективным, он повысил активность щелочных каталаз в зрелом зерне, а также нейтральных и щелочных каталаз в зерне проростков.

Применение эпин-экстра повышало активность щелочных пероксидаз в созревшем зерне овса и всех изоферментов пероксидазы в проросшем зерне (табл. 10). Действие новосила на пероксидазы овса было ограниченным, наблюдалось его положительное воздействие на нейтральные пероксидазы в прорастающих зерновках овса. Заметный эффект наблюдался при использовании новосила и эпин-экстра при обработке растений ячменя, которые активизировали нейтральные и щелочные пероксидазы в созревшем зерне (табл. 11). Кроме того, эпин-экстра повышал активность кислых пероксидаз в зерне проростков.

Таким образом, в результате обработки растений овса в фазе выметывания метелок раствором эпин-экстра в созревших зерновках отмечалось небольшое повышение общего содержания белков, обусловленное увеличением доли глобулинов, при этом концентрация водорастворимых белков уменьшалась. Заметно большее влияние этот биорегулятор оказывал в созревающем зерне овса

на активность амилаз и антиоксидантных ферментов. Он стимулировал повышение активности всех α -амилаз, нейтральных и кислых изоферментов β -амилазы, кислых изоформ каталазы и щелочных изоформ пероксидазы.

Исследование проростков овса показало, что обработка растений эпин-экстра существенно повысила в прораставшем зерне активность кислых, нейтральных, щелочных каталаз и пероксидаз, а также щелочных β -амилаз. В зерне проростков, которое сформировалось в условиях дефицита влаги, под действием эпин-экстра повысилась активность α -амилаз.

При воздействии на растения овса в фазе выметывания метелок биорегулятором новосил отмечалось некоторое увеличение доли глобулинов в белковом комплексе зрелого зерна и повышение активности кислых изоформ α -амилазы. Одновременно наблюдалось уменьшение активности щелочных изоферментов β -амилазы. После обработки новосилом в прораставших зерновках фиксировался рост активности как щелочных изоферментов α и β -амилаз, так и кислых изоформ каталазы, а также нейтральных изоформ пероксидазы.

Сравнивая полученные данные, можно отметить, что на культуре овса выявлено более эффективное действие на биохимические процессы как в созревающем, так и прорастающем зерне биорегулятора эпин-экстра. При этом наиболее целесообразным является его применение при выращивании семенного зерна овса, так как в созревших зерновках данный биорегулятор повышал активность амилаз, что ухудшало товарные качества зерна, в то время как в прорастающем зерне это способствовало повышению его всхожести.

Фиторегулятор эпин-экстра также оказывал заметное влияние на биохимические процессы в созревающем и прорастающем зерне ячменя. При обработке растений ячменя этим фиторегулятором в фазе колошения в созревших зерновках увеличивалось накопление белков на 0,6-1,2%, а также возрастала активность всех α -амилаз, нейтральных и щелочных изоферментов β -амилазы, щелочных и нейтральных изоформ каталазы и пероксидазы.

В результате последствия эпин-экстра в зерне проростков ячменя отмечалось увеличение активности кислых α -амилаз, щелочных β -амилаз, нейтральных и щелочных каталаз, а также кислых пероксидаз. В зерне, сформировавшемся в условиях дефицита влаги, последствие эпин-экстра стимулировало активность кислых и щелочных α -амилаз. Поскольку под действием данного биорегулятора повышалась активность амилаз в созревшем зерне ячменя, что ухудшало его потребительские свойства, наиболее целесообразным является применение эпин-экстра при обработке растений ячменя, предназначенного для выращивания семенного материала.

Таблица 5

**Активность кислых, нейтральных, щелочных α -амилаз в зерне ячменя,
г крахмала, гидролизуемого за 1 ч, в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,58	0,50	0,32	37,9	31,6	27,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	0,59	0,52	0,34	39,0	30,8	29,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	0,70	0,56	0,37	41,1	35,8	31,4
HCP ₀₅	0,05	0,04	0,02	3,2	2,5	1,6
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,69	0,59	0,29	49,6	42,4	27,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	0,89	0,59	0,34	57,1	36,8	21,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	1,00	0,69	0,41	59,7	41,2	24,4
HCP ₀₅	0,07	0,05	0,03	4,0	3,0	1,9

Table 5

**Activity of acid, neutral, alkaline α -amylases
in barley grain (g of starch hydrolyzed in 1 hour per 1 g of dry weight)**

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0.58	0.50	0.32	37.9	31.6	27.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	0.59	0.52	0.34	39.0	30.8	29.3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	0.70	0.56	0.37	41.1	35.8	31.4
LSD ₀₅	0.05	0.04	0.02	3.2	2.5	1.6
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0.69	0.59	0.29	49.6	42.4	27.1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	0.89	0.59	0.34	57.1	36.8	21.7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	1.00	0.69	0.41	59.7	41.2	24.4
LSD ₀₅	0.07	0.05	0.03	4.0	3.0	1.9

Таблица 6

**Активность кислых, нейтральных, щелочных β -амилаз в зерне овса,
г крахмала, гидролизуемого за 1 ч, в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,92	0,70	0,40	9,0	5,4	3,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + эпин-экстра	1,00	0,76	0,40	7,2	4,9	3,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + новосил	0,92	0,69	0,35	10,0	5,9	4,1
HCP_{05}	0,04	0,02	0,01	0,7	0,5	0,2
2022 г.						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,88	2,23	1,39	11,0	8,0	4,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + эпин-экстра	3,25	2,47	1,18	12,2	8,6	8,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + новосил	3,03	2,07	1,25	11,8	6,9	5,0
HCP_{05}	0,10	0,07	0,05	1,0	0,7	0,4

Table 6

**Activity of acid, neutral, alkaline β -amylases
in oat grain (g of starch hydrolyzed in 1 hour per 1 g of dry weight)**

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0.92	0.70	0.40	9.0	5.4	3.4
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Epin-extra	1.00	0.76	0.40	7.2	4.9	3.8
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Novosil	0.92	0.69	0.35	10.0	5.9	4.1
LSD_{05}	0.04	0.02	0.01	0.7	0.5	0.2
2022						
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2.88	2.23	1.39	11.0	8.0	4.3
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Epin-extra	3.25	2.47	1.18	12.2	8.6	8.3
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Novosil	3.03	2.07	1.25	11.8	6.9	5.0
LSD_{05}	0.10	0.07	0.05	1.0	0.7	0.4

Таблица 7

**Активность кислых, нейтральных, щелочных β -амилаз в зерне ячменя,
г крахмала, гидролизуемого за 1 ч, в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,63	2,92	1,42	14,9	10,1	6,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	3,52	3,22	1,61	15,2	10,4	7,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	3,70	3,34	1,77	15,7	10,7	7,5
HCP ₀₅	0,20	0,15	0,08	0,9	0,7	0,5
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,77	3,06	1,56	24,7	20,6	9,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	3,66	3,36	1,75	25,1	21,5	9,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	4,31	3,48	2,12	25,6	22,0	10,3
HCP ₀₅	0,19	0,15	0,07	0,8	0,8	0,5

Table 7

**Activity of acid, neutral, alkaline β -amylases
in barley grain (g of starch hydrolyzed in 1 hour per 1 g of dry weight)**

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3.63	2.92	1.42	14.9	10.1	6.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	3.52	3.22	1.61	15.2	10.4	7.1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	3.70	3.34	1.77	15.7	10.7	7.5
LSD ₀₅	0.20	0.15	0.08	0.9	0.7	0.5
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3.77	3.06	1.56	24.7	20.6	9.7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	3.66	3.36	1.75	25.1	21.5	9.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	4.31	3.48	2.12	25.6	22.0	10.3
LSD ₀₅	0.19	0.15	0.07	0.8	0.8	0.5

Таблица 8

**Активность кислых, нейтральных, щелочных каталаз в зерне овса,
мкмоль за 1 мин в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	в созревшем зерне			в зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,4	75,0	79,8	27,0	79,8	82,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	22,8	76,8	72,6	35,4	82,8	87,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	21,0	75,6	72,6	31,8	78,0	81,6
HCP ₀₅	1,2	1,8	1,2	1,2	1,8	1,8
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18,0	68,4	70,2	25,2	74,4	81,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	19,2	69,0	81,0	30,6	82,8	88,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	18,6	67,2	75,0	31,2	79,2	85,8
HCP ₀₅	0,6	1,2	1,2	1,8	3,0	2,4

Table 8

Activity of acid, neutral, alkaline catalases in oat grain (μmol in 1 minute per 1 g of dry weight)

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20.4	75.0	79.8	27.0	79.8	82.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	22.8	76.8	72.6	35.4	82.8	87.6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	21.0	75.6	72.6	31.8	78.0	81.6
LSD ₀₅	1.2	1.8	1.2	1.2	1.8	1.8
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18.0	68.4	70.2	25.2	74.4	81.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	19.2	69.0	81.0	30.6	82.8	88.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	18.6	67.2	75.0	31.2	79.2	85.8
LSD ₀₅	0.6	1.2	1.2	1.8	3.0	2.4

Таблица 9

**Активность кислых, нейтральных, щелочных каталаз в зерне ячменя,
мкмоль за 1 мин в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30,0	42,0	42,0	30,0	84,0	96,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	30,0	42,0	48,0	36,0	102,0	108,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	30,0	48,0	48,0	30,0	102,0	108,0
HCP ₀₅	0,6	0,6	0,6	0,6	1,8	1,8
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,0	48,0	48,0	30,0	84,0	96,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	36,0	78,0	90,0	30,0	102,0	114,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	36,0	66,0	66,0	36,0	108,0	114,0
HCP ₀₅	1,2	1,2	1,8	1,2	2,4	3,6

Table 9

Activity of acid, neutral, alkaline catalases in barley grain (μmol in 1 minute per 1 g of dry weight)

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30.0	42.0	42.0	30.0	84.0	96.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	30.0	42.0	48.0	36.0	102.0	108.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	30.0	48.0	48.0	30.0	102.0	108.0
LSD ₀₅	0.6	0.6	0.6	0.6	1.8	1.8
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24.0	48.0	48.0	30.0	84.0	96.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	36.0	78.0	90.0	30.0	102.0	114.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	36.0	66.0	66.0	36.0	108.0	114.0
LSD ₀₅	1.2	1.2	1.8	1.2	2.4	3.6

Таблица 10

**Активность кислых, нейтральных, щелочных пероксидаз в зерне овса,
мкмоль за 1 мин в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	31,8	225,6	326,4	152,4	297,6	514,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	34,8	231,0	347,4	166,2	306,0	540,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	31,2	226,2	325,2	153,6	285,6	523,2
HCP ₀₅	3,6	7,2	13,2	4,8	7,8	8,4
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,8	168,6	292,8	115,8	219,0	402,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	32,4	192,6	313,2	141,0	259,2	427,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	28,8	184,2	306,6	126,0	235,8	412,2
HCP ₀₅	3,0	6,0	12,0	7,8	10,8	16,2

Table 10

Activity of acidic, neutral, alkaline peroxidases in oat grain (μmol in 1 minute per 1 g of dry weight)

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	31.8	225.6	326.4	152.4	297.6	514.2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	34.8	231.0	347.4	166.2	306.0	540.6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	31.2	226.2	325.2	153.6	285.6	523.2
LSD ₀₅	3.6	7.2	13.2	4.8	7.8	8.4
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25.8	168.6	292.8	115.8	219.0	402.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	32.4	192.6	313.2	141.0	259.2	427.8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	28.8	184.2	306.6	126.0	235.8	412.2
LSD ₀₅	3.0	6.0	12.0	7.8	10.8	16.2

Таблица 11

**Активность кислых, нейтральных, щелочных пероксидаз в зерне ячменя,
мкмоль за 1 мин в расчете на 1 г сухой массы**

Варианты опытов	В созревшем зерне			В зерне 7-дневных проростков		
	кислые	нейтральные	щелочные	кислые	нейтральные	щелочные
2021 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30,0	198,0	300,0	126,0	288,0	396,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	30,0	246,0	336,0	138,0	288,0	384,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	30,0	240,0	336,0	138,0	294,0	396,0
HCP ₀₅	1,2	6,0	12,6	6,6	8,4	16,2
2022 г.						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30,0	252,0	330,0	144,0	306,0	450,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + новосил	36,0	288,0	372,0	144,0	312,0	468,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + эпин-экстра	42,0	282,0	360,0	150,0	348,0	474,0
HCP ₀₅	1,2	3,0	7,8	2,4	4,2	9,0

Table 11

Activity of acidic, neutral, alkaline peroxidases in barley grain (μmol in 1 minute per 1 g of dry weight)

Experiment options	in riping grain			in grain of 7-day-old seedlings		
	acid	neutral	alkaline	acid	neutral	alkaline
2021						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30.0	198.0	300.0	126.0	288.0	396.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	30.0	246.0	336.0	138.0	288.0	384.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	30.0	240.0	336.0	138.0	294.0	396.0
LSD ₀₅	1.2	6.0	12.6	6.6	8.4	16.2
2022						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30.0	252.0	330.0	144.0	306.0	450.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Novosil	36.0	288.0	372.0	144.0	312.0	468.0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Epin-extra	42.0	282.0	360.0	150.0	348.0	474.0
LSD ₀₅	1.2	3.0	7.8	2.4	4.2	9.0

При применении биорегулятора новосил для обработки растений ячменя в фазе колошения в созревших зерновках наблюдалось увеличение содержания белков на 0,9-1,1%, а также повышение активности щелочных изоферментов α -амилазы, щелочных и нейтральных изоформ β -амилазы, щелочных изоформ каталазы, щелочных и нейтральных пероксидаз. В то же время в зерне проростков ячменя не выявлено влияние новосила на активность амилаз и пероксидаз, но отмечено повышение активности щелочных и нейтральных изоферментов каталазы. С учетом того, что новосил стимулировал увеличение активности амилаз в созревшем зерне, снижавшее его качество, и не оказывал существенного воздействия на эти ферменты в прорастающем зерне, применение указанного биорегулятора на ячмене является менее эффективным по сравнению с эпин-экстра.

В ряде других опытов было показано, что при обработке растений пивоваренного ячменя биорегулятором эпин-экстра в зрелых зерновках возрастала активность амилаз и каталаз, а под воздействием новосила повышалась активность α -амилаз, но снижалась активность β -амилаз [16]. В результате последствия эпин-экстра в проросшем зерне пивоваренного ячменя возрастала активность амилаз и пероксидаз [8, 16]. При обработке растений пшеницы в фазе колошения эпин-экстра в зерне проростков активность амилаз не повышалась, тогда как под воздействием новосила происходило увеличение активности этих ферментов [13].

Выводы

Conclusions

1. Применение на культуре овса во время выметывания метелок биорегулятора эпин-экстра инициировало при созревании зерновок ослабление

синтеза альбуминов и легкорастворимых глобулинов и повышение концентрации глютелиновых белков. Происходило также усиление активности всех α -амилаз и некоторых β -амилаз, пероксидаз и каталаз. В процессе прорастания зерна усиливалось действие всех пероксидаз и каталаз, а также β -амилаз, активных при pH 8.

2. Биорегулятор новосил, примененный в той же фазе развития растений овса, инициировал в созревающем зерне активизацию синтеза α -амилаз, активных при pH 5,5, и β -амилаз (pH 8), а в зерне 7-дневных проростков – пероксидаз (pH 7), каталаз (pH 5,5), α и β -амилаз (pH 8).

3. Применение эпин-экстра во время колошения ячменя привело к активизации синтеза белков в созревающем зерне (увеличение содержания – на 0,6-1,2%), а также амилолитических и антиоксидантных ферментов: всех α -амилаз и активных при pH 7 и 8 β -амилаз, пероксидаз и каталаз. При этом в прорастающем зерне наблюдалась активизация α -амилаз и пероксидаз (pH 5,5), некоторых β -амилаз (pH 8) и каталаз (активных при pH 7 и 8).

4. Биорегулятор новосил оказывал заметное действие на синтез белков и ферментов в созревающем зерне ячменя. Под его воздействием отмечалось увеличение концентрации белков на 0,9-1,1% и усиление синтеза некоторых α -амилаз и каталаз (pH 8), активных при pH 7 и 8 пероксидаз и β -амилаз.

5. При проведении опытов отмечено более заметное действие на биохимические процессы в формирующихся зерновках овса и ячменя биорегулятора эпин-экстра, причем полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективно его применение при выращивании семенного зерна.

Список источников

1. Tabur S., Demir K. Role of some growth regulators on cytogenetic activity of barley under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2010;60:99-104. <https://doi.org/10.1007/s10725-009-9424-6>
2. Пономарева Ю.Н., Захарова О.А. Действие минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество пивоваренного ячменя в условиях засухи // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2015. № 3(27). С. 36-42. EDN: UXKGHD
3. Сорокин А.И., Цевденнова А.С. Применение регуляторов роста под яровой ячмень на светло-каштановых почвах // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 1. С. 35-38. EDN: VQAVLP

References

1. Tabur S., Demir K. Role of some growth regulators on cytogenetic activity of barley under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2010;60:99-104. <https://doi.org/10.1007/s10725-009-9424-6>
2. Ponomareva Yu.N., Zaharova O.A. The effect of mineral fertilizers and growth regulator on yield and quality of malt barley when drought. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2015;(3(27)):36-42. (In Russ.)
3. Sorokin A.I., Tsevdanova A.S. Use of growth regulators for spring barley on light-brown soils. *Grain Economy of Russia*. 2016;(1):35-38. (In Russ.)

4. Шешегова Т.К., Щенникова И.Н. Реакция нового сорта ячменя Родник Прикамья на применение регуляторов роста // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 64, № 3. С. 28-33. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.28-33>
5. Евдокимова М.А., Марьина-Чермных О.Г. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов ярового ячменя // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. Т. 44, № 4. С. 91-97. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-4-91-97>
6. Watanabe Y., Miura S., Yukawa T., Takenaka S. Effects of plant hormones on Pythium snow rot resistance of barley. *Japanese Journal of Crop Science*. 2008;1:78-83. <https://doi.org/10.1626/jcs.77.78>
7. Козлов Ф.П., Конова А.М., Самойлов Л.Н., Ладонин В.Ф. Влияние средств химизации на урожайность и качество культур полевого севооборота // *Агрохимия*. 2003. № 7. С. 24-31. EDN: ONKUQL
8. Гамзаева Р.С. Влияние фиторегуляторов эпин и циркон на амилотическую активность и содержание редуцирующих сахаров в прорастающих зернах пивоваренного ячменя // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2016. № 44. С. 27-32. EDN: XHPWFH
9. Alam P., Balawi T., Ashraf M., Ahinad P. 24-Epibrassinolide (EBR) reduces oxidative stress damage induced by Cadmium toxicity by restricting uptake and modulating some key antioxidant enzymes in maize plants. *Pakistan Journal of Botany*. 2021;53(1):59-66. [http://dx.doi.org/10.30848/pjb2021-1\(27\)](http://dx.doi.org/10.30848/pjb2021-1(27))
10. Персикова Т.Ф., Сергеева И.И. Применение регуляторов роста и бакпрепаратов на посевах ячменя и гороха // *Плодородие*. 2006. № 1 (28). С. 19-20. EDN: HTRNAD
11. Novikov N.N., Zharikhina A.A. Protein composition and grain quality of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the level of nitrogen nutrition and phytohormones use in case of cultivation on sod-podzol medium loamy soil. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;(5):142-152. EDN: RVBEJR
12. Шатилова Т.И., Карпиленко Г.П., Витол С.Б., Шаненко Е.Ф. и др. Влияние регуляторов метаболизма на белково-протеиназный комплекс ячменя, выращенного на разном агрофоне // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2005. № 3. С. 82-90. EDN: HVJGGP
13. Шатилова Т.И., Белопухов С.Л., Романова Е.В., Витол И.С. и др. Амилолитические и протеолитические ферменты ячменного солода, полученного с применением препаратов фиторегуляторов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2013. № 3. С. 31-38. EDN: QZPMNX
4. Sheshegova T.K., Shchennikova I.N. The response of a new barley variety Rodnik Prikamiya to the use of plant growth regulators. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;64(3):28-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.28-33>
5. Evdokimova M.A., Maryina-Chermnykh O.G. Influence of growth regulators on photosynthetic activity of spring barley crops. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018;4(44):91-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-4-91-97>
6. Watanabe Y., Miura S., Yukawa T., Takenaka S. Effects of plant hormones on Pythium snow rot resistance of barley. *Japanese Journal of Crop Science*. 2008;1:78-83. <https://doi.org/10.1626/jcs.77.78>
7. Kozlov F.P., Konova A.M., Samoilov L.N., Ladonin V.F. The effect of chemicals on the yield and quality of crops in field crop rotation. *Agrohimia*. 2003;(7):24-31. (In Russ.)
8. Gamzaeva R.S. Effect of phytohormones Epin and Zircon on amylolytic activity and content of reducing sugars in germinating malting barley grains. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2016;(44):27-32. (In Russ.)
9. Alam P., Balawi T., Ashraf M., Ahinad P. 24-Epibrassinolide (EBR) reduces oxidative stress damage induced by Cadmium toxicity by restricting uptake and modulating some key antioxidant enzymes in maize plants. *Pakistan Journal of Botany*. 2021;53(1):59-66. [http://dx.doi.org/10.30848/pjb2021-1\(27\)](http://dx.doi.org/10.30848/pjb2021-1(27))
10. Persikova T.F., Sergeeva I.I. Application of growth regulators and bacterial preparations on barley and pea crops. *Plodородие*. 2006;1(28):19-20. (In Russ.)
11. Novikov N.N., Zharikhina A.A. Protein composition and grain quality of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the level of nitrogen nutrition and phytohormones use in case of cultivation on sod-podzol medium loamy soil. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;(5):142-152.
12. Shatilova T.I., Karpilenko G.P., Vitol S.B., Shanenko E.F. et al. Effect of metabolic regulators on the protein-proteinase complex of barley grown under different agricultural conditions. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2005;(3):82-90. (In Russ.)
13. Shatilova T.I., Belopukhov E.V., Romanova Ye.V., Vitol I.S. et al. Amylolytic and proteolytic enzymes of barley malt obtained with the use of phytohormones. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;(3):31-38. (In Russ.)

14. Витол И.С., Карпиленко Г.П. Белково-протеиназный комплекс ячменя, выращенного на разном агрофоне с применением препаратов регуляторного действия // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2007. Т. 43. № 3. С. 356-364. EDN: HFKRD
15. Витол И.С., Бобков А.А., Карпиленко Г.П. Углеводно-амилазный комплекс и технологические показатели качества пивоваренного ячменя, выращенного в условиях Нечерноземья // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2007. № 2 (297). С. 24-27. EDN: KUYUHD
16. Новиков Н.Н., Соловьева Н.Е. Формирование пивоваренных свойств зерна ячменя в зависимости от режима питания и применения фиторегуляторов при выращивании на дерново-подзолистой почве // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020. № 2. С. 5-19. <https://doi.org/10.26897/0021-342x-2020-2-5-19>
17. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. *Лабораторный практикум по биохимии растений*: Учебное пособие. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. 2012. 97 с. EDN: WQCLXF
18. Новиков Н.Н. Новый метод определения активности пероксидаз в растениях // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016. № 3. С. 36-46. EDN: WLZTAR
14. Vitol I.S., Karpilenko G.P. The protein-proteinase complex of the barley grown on a different agronomic background using regulatory preparations. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2007;43(3):356-364. (In Russ.)
15. Vitol I.S., Bobkov A.A., Karpilenko G.P. Carbohydrate-amylase complex and technological indicators of the quality of brewing barley grown in the conditions of the Non-Black Earth Region. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2007;2(297):24-27. (In Russ.)
16. Novikov N.N., Solovyeva N.Ye. Formation of brewing properties of barley grain when grown on sod-podzolic soil depending on nutrition pattern and phyto regulator application. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;(2):5-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342x-2020-2-5-19>
17. Novikov N.N., Tarazanova T.V. *Laboratory workshop on plant biochemistry: a study guide*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2012:97. (In Russ.)
18. Novikov N.N. The new method of peroxydases activity determination in plants. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2016;(3):36-46. (In Russ.)

Информация об авторах

Николай Николаевич Новиков, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 125500, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tshanovikov@gmail.com

Артем Алексеевич Соколов, аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 125500, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sakred.gladiator@mail.ru

Евгений Алексеевич Филатов, аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 125500, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: filatov@rgau-msha.ru

Information about the authors

Nikolay N. Novikov, DSc (Bio), Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: tshanovikov@gmail.com

Artem A. Sokolov, postgraduate student of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: sakred.gladiator@mail.ru

Evgeny A. Filatov, postgraduate student of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: filatov@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 08.03.2025
Одобрена после рецензирования 23.03.2025
Принята к публикации 30.03.2025

The article was submitted to the editorial office March 08, 2025
Approved after reviewing March 23, 2025
Accepted for publication March 30, 2025