

ПРЕПАРАТЫ ФИТОРЕГУЛЯТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ И ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Т.И. ШАТИЛОВА, к.б.н.; Я.П. ГЕРЧИУ*, к.с.-х.н.; А.А. БОБКОВ, асп.;
Е.А. ТЮЛЕНЕВА*; С.А. ПОПОВА*; И.С. ВИТОЛ, к.б.н.; Г.П. КАРПИЛЕНКО», д.т.н.

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Исследовано влияние препаратов регуляторных веществ (АОБ, новосил, циркон, лакрисин) на технологические и биохимические показатели качества пивоваренного ячменя сортов Михайловский, Скарлет и яровой пшеницы сорта Тризо. Установлено, что применение препаратов повышает урожайность, улучшает основные технологические и биохимические показатели качества зерна пшеницы и ячменя, положительно влияет на процесс проращивания ячменя и качество получаемого солода. Показана возможность использования этих препаратов для формирования качества зерновых культур.

В растениях обнаружены соединения различной химической природы, участвующие в регуляции различных физиологических процессов, роста и развития растений, повышающие устойчивость растений к воздействию негативных факторов окружающей среды, играющие значительную роль в защите растений от вредителей и болезней. Это, в первую очередь, фитогормоны, фенольные соединения, ароматические соединения различной химической природы.

Фитогормонами называют вещества, которые синтезируются в растениях, транспортируются по ним в малых концентрациях и способны вызывать ростовые или формативные эффекты. Действие фитогормонов на растение поливалентно. Все они влияют на рост и деление клеток, на процессы адаптации и старения, на транспорт веществ, дыхание, синтез нуклеиновых кислот и белков и многие другие процессы. Вместе с тем у каждой группы этих веществ имеются свои специфические особенности.

Регуляторы роста и развития растений можно охарактеризовать как

природные и синтетические органические соединения, которые в малых количествах влияют на жизненные процессы растений, но не оказывают в используемых концентрациях токсичного действия и не являются источником питания.

Большинство разрабатываемых, испытываемых и применяемых природных и синтетических регуляторов роста растений относится: к аналогам ауксина и препаратам, связанным с метаболизмом ауксинов и реализацией их физиологической активности; к аналогам гиббереллина и препаратам, связанным с метаболизмом и реализацией фитогормонального эффекта гиббереллинов; к препаратам, связанным с обменом этилена (этиленпродуценты, ингибиторы этилена); к активаторам и ингибиторам метаболизма.

Такое деление достаточно условно, особенно регуляторов метаболизма, механизм множественного действия которых наиболее сложен в идентификации. Физиологическая активность подавляющего большинства фиторегуляторов обусловлена их способностью влиять на какой-либо ком-

понент фитогормональной системы. Это влияние может быть достигнуто за счет: повышения уровня фитогормона при введении извне его аналога; воздействия на биосинтез фитогормона (стимулирование или подавление); конкуренции за присоединение к рецептору фитогормона; инактивации фитогормон-рецепторного комплекса и других причин [8, 9].

Использование экзогенных препаратов регуляторных веществ различной химической природы позволяет направленно воздействовать на метаболизм с целью повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и формирования качества зерновых культур для получения в условиях Нечерноземья зерна, удовлетворяющего требованиям перерабатывающей промышленности.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на образцах пивоваренного ячменя сорта Михайловский, выращенного на базе лаборатории программирования полевых культур РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева в учхозе «Михайловское» Подольского района Московской обл., урожая 2005 г. и образцах пивоваренного ячменя сорта Скарлет и яровой пшеницы сорта Тризо, выращенных в агрофирме «Зерноком—Денисово» Елецкого района Липецкой обл., урожаем 2006 г.

В работе использовали препараты: АОБ — С₇, циркон, новосил и лариксин [11].

АОБ - С₇ относится к группе фенольных липидов, иначе называемых алкилрезорцинами или алкилоксибензолами. Алкилрезорцины обнаружены в пшеничных отрубях, в зернах ржи, ячменя, в зеленых тканях растений, во фруктах. Кроме того, была показана способность микроорганизмов синтезировать и накапливать в культуральной жидкости и внутриклеточно

ауторегуляторы, контролирующие процессы цитодифференцировки.

Механизм действия АОБ при развитии покоя клеток обусловлен тем, что алкилоксибензолы влияют на организацию мембран (модифицируя их); взаимодействуют с липидами мембран за счет образования сети межмолекулярных связей между гидроксигруппами ароматического кольца АОБ и молекулами липидов. Модификация мембран приводит к подавлению энергетических, синтетических и гидролитических процессов. АОБ обладают антиоксидантным действием, действуют как низкомолекулярный естественный модификатор, изменяющий структуру белковых макромолекул, что приводит к неспецифическому ингибированию активности ферментов. Стабилизированный АОБ-белок (за счет водородных и гидрофобных взаимодействий) приобретает повышенную устойчивость к неблагоприятным воздействиям (стресс, механические повреждения, температура) [17].

Циркон представляет собой фенолкарбоновые соединения, производные гидроксикоричных кислот (орто-диенольные соединения), получаемые из растительного сырья — эхинацеи пурпурной [9]. Механизм действия, ростстимулирующий и рострегулирующий эффекты связаны с активацией фитогормонов и защитой ИУК через механизм ингибирования активности ауксиноксидазы. Антибактериальное, противовирусное и фунгипротекторное действие данный препарат проявляет опосредованно через стимуляцию иммунитета растений и ингибирования интегразы вируса. Антиоксидантное действие препарата проявляется за счет активирования ряда антиоксидантных ферментов, таких как каталаза, супероксиддисмутазы, при этом положительное действие проявляется в различных звеньях клеточного метаболизма. В стрессовых условиях способствует восполнению недостающих биологически активных соедине-

ний иммуномоделирующего и адаптационного характера, усиливая адаптационный потенциал клеток, повышает устойчивость к действию ионизирующего излучения, неоптимального температурного, водного и светового режима и других видов стрессов. Способствует увеличению урожайности [7, 9].

Новосил представляет собой сумму тритерпеновых кислот, является стимулятором роста и индуктором иммунитета растений, обладает защитным эффектом к комплексу бактериальных, вирусных и грибных болезней, повышает защитные функции организма при воздействии неблагоприятных условий среды. Повышает активность протеолитических ферментов.

Механизм активации протеолитической активности предположительно связан с тем, что тритерпеновые кислоты в определенных условиях могут выступать в роли конкурентных ингибиторов абсцизовой кислоты, например на стадии образования гормонрецепторного комплекса и, тем самым, снимать известный ингибирующий эффект АБК по отношению к протеолитическим ферментам [9].

Лариксин — биофлавоноид дигидроквертицин, получаемый из древесины лиственницы сибирской. Действующее вещество — дигидроквертицин, входящий в состав препарата, индуцирует у культурных растений экспрессию генов защиты. При воздействии на растение происходит повышение активности генов стрессоустойчивости, растение синтезирует специальные вещества, функцией которых является организация связи между факторами внешней среды и активностью отдельных генов или их блоков. Явление повышения устойчивости связано с постоянной экспрессией генов устойчивости или защиты. Индуцированная устойчивость коррелирует с накоплением в тканях м-РНК, кодируемых генами, обеспечивающими устойчивость [7, 9].

Обработку ячменя препаратами новосил и циркон проводили при солодоращении, добавляя их в последнюю замочную воду; время контакта с препаратом — 4ч, концентрация — 0,05 мг/мл.

Обработку ячменя и пшеницы в период вегетации (стадия колошения) проводили препаратами АОБ — С₇, новосил и лариксин в 3-кратной повторности; концентрация — 300, 100 и 100 мг/мл соответственно.

Данные регуляторы роста использовали совместно с обработкой полей гербицидами в фазу кушения культуры. На опытных и контрольных участках применяли одинаковую технологию возделывания. Удобрения были внесены под предпосевную культивацию по 2 ц азофоски на 1 га.

Зерновые характеристики зерна (натура, масса 1000 зерен, стекловидность, способность к прорастанию, пленчатость и др.) определяли общепринятыми методами в соответствии с действующими ГОСТами. Содержание общего белка определяли методом Кьельдаля, водорастворимого белка — методом Лоури, крахмала — методом Эверса, восстанавливающих сахаров — методом Бертрана, экстрактивность — по методу Павловского, пленчатость — по методу Омарова.

Результаты и их обсуждение

Результаты, полученные при проведении полевых опытов по обработке препаратами АОБ — С₇, новосил и лариксин вегетирующих растений пивоваренного ячменя и яровой пшеницы, показали, что при обработке препаратом новосил 60 га ячменя сорта Скарлет биологическая урожайность составила 46 ц/га; урожайность после уборки комбайнами — 37,4 ц/га. Препаратом АОБ - С₇ обработано 10 га ячменя сорта Скарлет, биологическая урожайность — 40 ц/га; урожайность после уборки — 33 ц/га. Прибавка урожая при применении препаратов ре-

гуляторных веществ составила 4,4 ц/га (новосил) и 3,0 ц/га (АОБ - С₇).

Применение препаратов способствовало не только повышению урожайности, но и улучшению основных технологических и биохимических показателей качества зерна ячменя (табл. 1).

Улучшились такие важные для пивоваренного ячменя показатели, как натура, экстрактивность, энергия и способность прорастания. Содержание белка и пленчатость увеличивались незначительно и остались в пределах, соответствующих действующему ГОСТу на пивоваренный ячмень.

Регулятором роста лариксин обработано 10 га яровой пшеницы сорта Тризо. Биологическая урожайность составила 40 ц/га; после уборки — 39,8 ц/га. Прибавка урожая при применении препарата лариксин составила 5,9 ц/га. Влияние препарата на технологические показатели зерна пшеницы представлены в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение препарата лариксин, который по данным многих исследований [9], является наиболее перспективным и эффективным регулятором роста с антистрессовым

Таблица 1

Характеристика зерна ячменя сорта Скарлет

Показатель	Контроль	Препарат	
		АОБ	новосил
Натура, г/л	639	658	662
Масса 1000 зерен, г	36,1	39,2	40,7
Крупность, %	88,9	90,5	96,4
Количество мелких зерен, %	2,8	2,3	2,3
Стекловидность, %	64	72	72
Пленчатость, %	8,32	8,94	8,65
Экстрактивность, %	78	80	82
Энергия прорастания, %	93,7	98,4	97,6
Степень прорастания, %	96,4	99,4	99,2
Зольность, %	2,58	2,83	2,74
Белок (N × 6,25), %	10,24	11,76	11,82
Крахмал, %	60,26	60,68	60,42
Восстанавливающие сахара, %	3,89	4,05	4,05

Таблица 2

Характеристика зерна яровой пшеницы сорта Тризо

Показатель	Контроль	Лариксин
Натура, г/л	786	792
Масса 1000 зерен, г	35,8	38,3
Стекловидность, %	72	94
Зольность, %	1,82	1,85
Белок (N × 6,25), %	15,1	16,8
Крахмал, %	59,0	60,0
Выход сырой клейковины, %	25,2	40,5
Деформация сжатия на ИДК, усл. ед.	68	62
Выход сухой клейковины, %	13,5	25,6
Водопоглощательная способность, %	164	182

и иммунопротекторным свойствами, позволяет получать зерно по всем технологическим параметрам, превосходящее контрольные образцы. Так, стекловидное зерно дает более высокий выход муки по сравнению с мучнистым. Значения этого показателя оказывают существенное влияние на режимы отволаживания при помолах и на другие режимы переработки зерна. Технологические показатели качества зерна пшеницы, его хлебопекарные достоинства во многом определяются количеством и качеством клейковины. Для получения хлеба высокого качества необходимо, чтобы клейковина имела хорошие физико-химические свойства. Уровень накоп-

ления белков в зерне предопределяет содержание в ней клейковины, которая на 90% состоит из запасных белков, поэтому наблюдается тесная корреляционная связь между содержанием белков в зерне и количеством клейковины. Применение препарата лариксин увеличивает содержание общего белка в 1,7 раз; при этом выход сырой клейковины увеличивается в 1,6 раз, а выход сухой клейковины — в 1,8 раз (см. табл. 2).

В производстве солода для пивоваренной промышленности одной из важных задач является регулирование процесса прорастания. В настоящее время в качестве регуляторов роста используют гиббереллины и различные химические реагенты, взаимодействующие с ферментами или создающие благоприятные условия для их действия [12, 13].

В нативном зерне регуляция ростовых процессов осуществляется несколькими группами соединений различной химической природы, действующих взаимосвязано в метаболических цепях. В этих процессах наиболее изучена роль фитогормонов. Роль других соединений, в т. ч. фенольной и терпеновой природы изучена явно недостаточно [14, 15].

Ранее было показано, что обработка препаратами АОБ - С₇ и новосил вегетирующих растений ячменя сорта Михайловский, выращенного на разном агрофоне в условиях Нечерноземья, увеличивает урожайность, улучшает качество зерна и полученного из него солода за счет лучшего белкового растворения эндосперма как при солодоращении, так и при затирании солода в процессе получения лабораторного сула, а кроме того, снижает микробную контаминацию зерна ячменя [16].

В данной работе изучение влияния препаратов фиторегуляторов циркон и новосил на процессы, протекающие при солодоращении, в частности на изменения углеводного комплекса,

проводили на образце зерна ячменя сорта Михайловский, выращенного на хорошо окультуренной почве с применением рекомендованных доз удобрений, урожая 2005 г.

Для солодоращения предварительно очищенный и отсортированный ячмень замачивали при температуре 12°С с использованием различных концентраций исследуемых препаратов фиторегуляторов (от 0,005 до 2,5 мг/мл) с периодическим выдерживанием на воздухе до достижения влажности 41-42%. Далее выдерживали в течение 30 мин в растворах различных концентраций исследуемых препаратов циркон и новосил фиторегуляторов (от 0,005 до 2,5 мг/мл). После инкубации с зерен удаляли поверхностную влагу и использовали для солодоращения.

Солодоращение проводили в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге слоем в 2-3 листа при температуре 12 °С. На этом этапе изучали влияние препаратов на ростовые процессы замоченного ячменя. Из данных, представленных на рис. 1 и 2, следует, что влияние препаратов регуляторного действия циркон и новосил при внесении их в замочную воду зависит от концентрации.

Так, циркон, действующее вещество которого гидроксикоричные кислоты, в малых концентрациях (от 0,005 до 0,01 мг/мл) снижает долю проросших зерен; в более высоких концентрациях / средних (от 0,02 до 0,05 мг/мл) оказывает стимулирующее действие; а в концентрации 2,5 мг/мл — полностью ингибирует ростовые процессы.

Препарат новосил, действующее вещество которого составляют тритерпеновые кислоты, оказывает стимулирующее действие в концентрациях 0,005-0,05 мг/мл, тогда как концентрация 0,1 мг/мл и выше не только снимает стимулирующий эффект низких концентраций, но и значительно снижает количество проросших зерен.

На следующем этапе работы проводили изучение влияния агрофона и



Рис. 1. Влияние концентраций препарата циркон на способность зерна к прорастанию

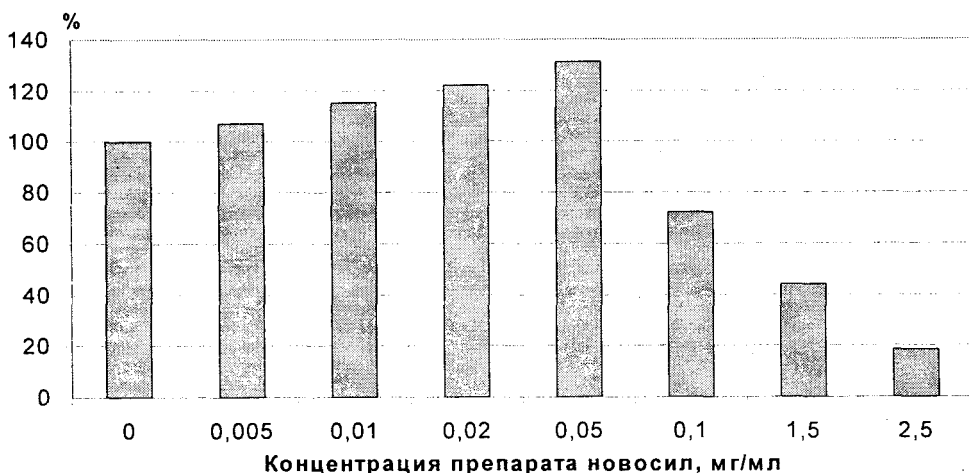


Рис. 2. Влияние концентраций препарата новосил на способность зерна к прорастанию

фиторегуляторов на качественные изменения в углеводном комплексе зерна ячменя и ячменного солода.

Содержание крахмала, соотношение между его составными частями — амилозой и амилопектином зависит как от сортовых особенностей, так и от условий выращивания. В табл. 3 представлены данные, характеризующие количество крахмала и его составных частей (амилозы и амилопектина), а также восстанавливающих сахаров в зерне ячменя, выращенном на разном агро-

фоне. Полученные данные показывают, что содержание амилозы изменяется от 14,0% для ячменя, выращенного на слабоокультуренной почве, до 21,6% для ячменя, выращенного на хорошо окультуренной почве, с внесением удобрений на рекомендованную дозу. Повышение степени окультуренности почвы, так же как и увеличение доз вносимых удобрений приводит к возрастанию доли амилозы в крахмале.

При солодоращении расщепляется около 10-20% крахмала. На дыхание

Таблица 3

Влияние агрофона на углеводный комплекс зерна ячменя сорта Михайловский, урожай 2005 г., %

Вариант	Крахмал	Амилоза	Амилопектин	Восстанавливающие сахара
1 — слабокультуренная, без удобрений (АК)	58,46	14,0	86,0	1,75
2 — среднекультуренная, без удобрений	64,58	16,9	83,1	1,78
3 — среднекультуренная, 2% ФАР*	66,08	17,6	82,4	1,78
4 — среднекультуренная, 3% ФАР	67,54	19,2	80,8	1,82
5 — среднекультуренная, реком. дозы удобрений	67,00	20,8	79,2	1,86
6 — хорошо окультуренная, без удобрений	67,15	17,4	82,6	2,03
7 — хорошо культуренная, 3% ФАР	68,48	20,4	79,6	2,10
8 — хорошо окультуренная, реком. дозы удобрений	68,08	21,6	78,4	2,15

* Фотосинтетическая активность солнечной радиации.

расходуется около 4,5% крахмала, часть полисахаридов подвергается ферментативному расщеплению и используется не полностью в зародыше корешка и листка для создания новых тканей. Оставшийся крахмал претерпевает физические изменения. Если мелкие крахмальные зерна в основном расщепляются при солодоращении, то крупные зерна подвергаются воздействию ферментов только на поверхности. В крупных зернах преимущественно гидролизуются амилопектин, в результате чего амилозная часть крахмала может увеличиваться до 80% [4].

Аналогичная характеристика ячменного солода, полученного с применением препаратов регуляторных веществ, представлена в табл. 4.

Анализ представленных в табл. 4 данных показывает, что применение препаратов циркон и новосил увели-

чивает содержание в крахмале амилозы, причем более существенное увеличение выявлено у образцов зерна ячменя, выращенного на хорошо окультуренной почве, с применением рекомендованных доз удобрений (вариант 8).

Содержание восстанавливающих сахаров в образцах, обработанных препаратами регуляторных веществ, также увеличивается по сравнению с контрольными образцами.

Таким образом, проведенные исследования показали, что одним из эффективных и перспективных путей решения задачи повышения урожайности зерновых культур и получения высококачественного зерна (пшеница, ячмень) в зоне рискованного земледелия является комплексное применение химических средств защиты и применение экологически безопасных препаратов регуляторных веществ.

Таблица 4

Влияние фиторегуляторов на углеводный комплекс ячменного солода, %

Вариант	Крахмал	Амилоза	Амилопектин	Восстанавливающие сахара
1 — контроль	54,4	56,8	43,2	5,21
1 — новосил	52,2	68,2	31,8	6,24
1 — циркон	52,6	68,9	31,1	6,54
6 — контроль	62,2	70,4	29,6	8,02
6 — новосил	62,0	70,8	29,2	8,04
6 — циркон	61,9	70,8	29,2	8,10
8 — контроль	63,5	71,6	27,4	8,12
8 — новосил	62,6	74,0	26,0	8,36
8 — циркон	62,4	73,8	26,2	8,42

Выводы

1. Обработка препаратами регуляторных веществ АОБ - С₇, новосил, циркон вегетирующих растений ячменя сорта Скарлет способствует повышению урожайности и улучшению основных технологических и биохимических показателей качества зерна ячменя (натура, масса 1000 зерен, крупность, экстрактивность, энергия и степень прорастания).

2. Обработка препаратом лариксин яровой пшеницы сорта Тризо в период вегетации способствует повышению урожайности и улучшению таких показателей качества зерна, как содержание белка, стекловидность, количество и качество клейковины.

3. Показана возможность применения препаратов новосил и циркон (при добавлении в последнюю замочную воду в концентрации 0,05 мг/мл) для интенсификации процесса солодоращения и улучшения качественных показателей получаемого солода.

4. Применение регуляторных препаратов на основе веществ природного происхождения позволяет направленно влиять на метаболизм растения и получать зерно, отвечающее требованиям перерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевой В.В. Фитогормоны. Л.: Изд. ЛГУ, 1982. — 2. Кулаева О.Н. Фитогормоны как регуляторы активности генетического аппарата и синтеза белка у растений. Новые направления в физиологии растений. М.: Наука, 1985. С. 62-83. — 3. Кулаева О.Н., Прокопцева О.С. Новейшие достижения в изучении механизма действия фитогормонов // Биохимия, 2004. Т. 69. № 3. С. 293-310. — 4. Куропатов П.Б. Гормональный баланс растений. Методы его

изучения и регулирования. Автореф. докт. дисс. М., 1996 — 5. Полевой В.В. Роль ауксина в системах регуляции у растений. 44-е Тимирязевское чтение. Л.: Наука, 1986. — 6. Муромцев Г.С. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений. М.: Агропромиздат, 1971. — 7. Современные технологии и перспективы использования экологически безопасных средств защиты растений и регуляторов роста / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ЦИНАО, 2001. — 8. Шаповалов А.А., Зубкова Н.Ф. Отечественные регуляторы роста растений // Агрехимия, 2003. № 11. С. 33-47. — 9. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрехимия, 2005. № 11. С. 76-86. — 10. Максимова Н.И. Белковый обмен растений при стрессе. Автореф. докт. дисс. М., 1998. — 11. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. М.: Агрорус, 2003. С. 247-284. — 12. Калуняц К.А., Яровенко В.Л., Домарецкий В.А., Колчева Р.А. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. М.: Колос, 1992. — 13. Калуняц К.А. Химия солода и пива. М.: Агропромиздат, 1990. — 14. Степаненко И.Ю., Смирнова Е.А., Шаненко Е.Ф., Эль-Регистан Г.И. Влияние алкилоксибензолов на процессы солодоращения // Прикладная биохимия и микробиология, 2004. Т. 40., № 1. С. 83-88. — 15. Шаненко Е.Ф., Шабурова Л.Н., Витол С.Б., Эль-Регистан Г.И. Влияние алкилоксибензола на технологические свойства и контаминацию пивоваренного ячменя // Пиво и напитки, 2005. № 2. С. 22-24. — 16. Шатилова Т.И., Карпиленко Г.П., Витол С.Б. и др. Влияние регуляторов метаболизма на белково-протеиназный комплекс ячменя, выращенного на разном агрофоне // Изв. ТСХА, 2005. № 3. С. 82-90. — 17. Kozubek A., Tyman J.H.P. // J. Chemical reviews, 1999. Vol. 99. № 1. P. 1-25.

SUMMARY

The influence of regulator substances preparations (AOB, novosil, lakrisin) on both technological and biochemical indices of brewing barley, varieties Mikhailovski, Scarlet and spring wheat Trizo variety, has been investigated. It's established that the application of preparations increases productivity, improves the basic technological and biochemical indices of wheat and barley grain, positively affects the process of barley sprouting and the quality of malt obtained. The possibility of these preparations' use to form cereal crops quality has been focused on.