

УДК 631.52; 630*165.3

UDC 631.52; 630*165.3

06.01.00 Агрономия

Agronomy

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ SKQ3 (10-(6'-МЕТИЛПЛАСТОХИНОНИЛ ДЕЦИЛТРИФЕНИЛФОСФОНИЯ) ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

EFFICIENCY OF SKQ3 (10- (6'- METHYLPLASTOQUINONYL DECYLTRIPHENYLPHOSPHONIUM) USE IN THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT AND SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE ROSTOV REGION

Дуплий Надежда Геннадьевна
магистр

Duplii Nadezhda Gennadyevna
Master student

Азаров Анатолий Сергеевич
инженер

Azarov Anatoliy Sergeevich
engineer

Усатов Александр Вячеславович
доктор биологических наук, профессор
E-mail: bioclon@list.ru
Южный Федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, 344090, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Usatov Alexander Vyacheslavovich
Doctor of Biological Sciences, Professor
E-mail: bioclon@list.ru
Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky 344090, Rostov-on-Don, Russian Federation

Попов Алексей Сергеевич
кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, г. Зерноград, Российская Федерация

Popov Alexey Sergeevich
Candidate of Agricultural Sciences
Agrarian Scientific Center Donskoy, 347740, Zernograd, Russian Federation

Приведены результаты лабораторных экспериментов по влиянию различных концентраций SkQ₃ (10-(6'-метилпластохинонил) децилтрифенилфосфония) на скорость роста проростков ярового ячменя сорта Сокол и озимой пшеницы сорта Калым в норме и в условиях недостаточной увлажненности, а так же данные полевых опытов по влиянию предпосевной обработки SkQ₃ на морфометрические показатели ярового ячменя сорта Щедрый, твердой озимой пшеницы сорта Лазурит и мягкой озимой пшеницы сорта Лидия. В результате лабораторных экспериментов показано увеличение скорости роста 14-ти дневных проростков, выращенных в растворах полиэтиленгликоля, при обработке семян 2,5 нМ и 25 нМ растворами SkQ₃. В полевых опытах по предпосевной обработке семян SkQ₃ установлено увеличение морфометрических показателей растений ярового ячменя сорта Щедрый мягкой озимой пшеницы сорта Лидия и твердой озимой пшеницы сорта Лазурит, а так же повышение урожайности озимой пшеницы обоих сортов по сравнению с контролем

The results of laboratory experiments on the effect of different concentrations of SkQ₃ (10- (6'-methylplastoquinonyl) decyltriphenylphosphonium) on the rate of growth of spring barley seedlings of varieties Sokol and winter wheat varieties Kalym in normal and under inadequate moisture conditions, as well as data from field experiments on the effect of pre-sowing processing SkQ₃ on the morphometric indices of spring barley varieties Shhedry, hard winter wheat of the Lazurite variety and soft winter wheat of the Lydia variety are presented. As a result of laboratory experiments, an increase in the growth rate of 14-day-old seedlings grown in solutions of polyethylene glycol was shown when treating the seeds with 2.5 nM and 25 nM with SkQ₃ solutions. In the field experiments on the pre-sowing treatment of SkQ₃ seeds, an increase in the morphometric indices of spring barley varieties of generic Lydia soft winter wheat and hard Lazurite winter wheat has been established, as well as an increase in the yield of winter wheat of both varieties as compared to the control

Ключевые слова: ЯЧМЕНЬ ЯРОВОЙ, ПШЕНИЦА ОЗИМАЯ, АНТИОКСИДАНТ, SKQ3 (10-(6'-МЕТИЛПЛАСТОХИНОНИЛ) ДЕЦИЛТРИФЕНИЛФОСФОНИЯ), ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ

Keywords: SPRING BARLEY, WINTER WHEAT, ANTIOXIDANT, SKQ3 (10- (6'-METHYLPLASTOQUINONYL) DECYLTRIPHENYLPHOSPHONIUM), DROUGHT RESISTANCE, YIELD

Doi: 10.21515/1990-4665-140-022

<http://ej.kubagro.ru/2018/06/pdf/22.pdf>

Введение

Главной задачей сельскохозяйственного растениеводства является получение высоких урожаев. Подавляющая часть территории нашей страны характеризуется дестабилизированной экологической средой и экстремальными климатическими режимами. На юге Российской Федерации сосредоточены аридные территории, с засушливым, жарким климатом, низкой годовой суммой осадков и высокой испаряемостью [8].

Наиболее востребованными на юге России являются зерновые культуры, и в частности озимая пшеница и яровой ячмень [1]. Озимая пшеница довольно требовательна к внешним условиям. При существенном отклонении климатических условий от оптимальных, наблюдается уменьшение урожайности этой зерновой культуры. В отличие от пшеницы, яровой ячмень среди хлебов первой группы рассматривают, как наиболее засухоустойчивый, что позволяет его успешно возделывать в условиях аридного климата [3].

Достижение высоких урожаев возможно в условиях полной реализации биологического потенциала с.-х. культур за счет оптимизации процессов роста и развития растений [9]. Эта цель может быть достигнута совместным применением традиционных технологий с новыми химическими препаратами [7]. К таким средствам относят, в том числе, препараты на основе митохондриально-направленных антиоксидантов [10].

Коллективом Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова под руководством академика В.П. Скулачева с целью оптимизации воздействия на митохондрии антиоксидантов путем их адресной доставки, был синтезирован класс веществ SkQ (ионы Скулачева) [11]. Данные соединения были подробно исследованы в экспериментах на животных, в результате которых было показано, что вещества класса SkQ оказывают защитное действие в моделях патологий различной природы

[12]. Влияние SkQ на растения было рассмотрено только в единичных публикациях. Так, например, исследования, проведенные во ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха продемонстрировали стимулирующее действие SkQ₁ на рост и развитие картофеля [2]. В другой работе показано, что SkQ₁ в наномолярных концентрациях, подавлял образование H₂O₂ в клетках эпидермиса листьев проростков гороха [6]. Из ряда соединений класса SkQ наиболее стабильным оказался SkQ₃ (10-(6'-метилпластохинонил) децилтрифенилфосфоний), что послужило причиной выбора данного соединения для исследований.

Целью исследования является изучение в лабораторных и полевых условиях влияния SkQ₃ (10-(6'-метилпластохинонил) децилтрифенилфосфония) на скорость роста проростков, морфометрические показатели растений и урожайность ярового ячменя и озимой пшеницы твердых и мягких сортов в условиях Ростовской области.

Материалы и методы

Лабораторный эксперимент проводили на яровом ячмене сорта Сокол и мягкой озимой пшенице сорта Калым. Выборку из 30 семян помещали на 8 ч в дистиллированную воду (контроль) или в раствор SkQ₃ в концентрациях 2,5 нМ и 25 нМ. Затем семена проращивали в течение 36 ч при температуре 25°C в пластиковых контейнерах на влажной фильтровальной бумаге. Далее в контейнеры добавляли либо 0,1 % р-р KNO₃ (контроль), либо раствор полиэтиленгликоля (ПЭГ) 6000 в концентрациях 15 % и 30 % для имитации дефицита влаги [5]. Проростки продолжали выращивать при температуре 24-25°C и освещенности 4-5 клк в течение 14 дней. Затем их помещали на 48 ч в сушильный шкаф при температуре 105°C после чего измеряли массу ростков и корней. Эксперимент был проведен в шести повторностях. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Statistica 10.

Полевые опыты проводили в 2016-2017 году на базе ФГБНУ АНЦ Донской. Объектами исследований служили сорт ярового ячменя Щедрый, сорт мягкой озимой пшеницы Лидия и твердой озимой пшеницы Лазурит. Технология возделывания изучаемых культур соответствовала общепринятым Зональным системам земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы [4].

Семена перед посевом обрабатывали в протравливателе семян ПС-10 по следующей схеме: 1) контроль (вода); 2) SkQ₃; 3) фунгицид Винцит Форте; 4) SkQ₃ + фунгицид Винцит Форте.

Расход препаратов: SkQ₃ – 1,6 мг/т семян, Винцит Форте – 1,2 л/т семян. Вода – 10 л/т семян. В контроле семена смачивали водой, тем же расходом воды, что и при обработке препаратами.

Растения выращивали на опытных участках общей и учетной площадью 55 м² и 41,25 м², соответственно в шести повторностях. Измеряли следующие показатели: воздушно-сухую массу растений, количество растений и стеблей в различные фазы вегетации, а также массу 1000 зёрен и урожайность.

Результаты

Масса 14-ти дневных проростков ярового ячменя и озимой пшеницы, отражающих скорость роста растений представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Сухая масса 14-ти дневных ростков и корней ярового ячменя сорта Сокол и озимой пшеницы сорта Калым

| | Яровой ячмень Сокол | | Озимая пшеница Калым | |
|--|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Вариант опыта | Масса ростка, мг | Масса корней, мг | Масса ростка, мг | Масса корней, мг |
| 0,1 % р-р KNO₃ | | | | |
| контроль | 19,1±1,7 | 7,6±0,6 | 17,9±0,8 | 6,1±0,7 |
| SkQ ₃ 2,5 нМ | 19,4±1,9 | 7,7±0,9 | 18,5±1,2 | 6,9±0,6 |
| прибавка контролю в % | в + 1,5 | + 1,3 | + 3,2 | + 11,6 |
| SkQ ₃ 25 нМ | 20,1±1,4 | 6,9±1,1 | 18,3±1,4 | 6,4±0,6 |
| прибавка контролю в % | к + 5,0 | - 9,2 | + 2,2 | + 4,7 |
| 15 % ПЭГ в 0,1 % р-ре KNO₃ | | | | |
| контроль | 10,2±1,1 | 4,0±0,6 | 12,5±0,4 | 4,0±0,1 |
| SkQ ₃ 2,5 нМ | 13,8*±0,9 | 5,8*±0,3 | 14,2*±0,3 | 5,1*±0,3 |
| прибавка контролю в % | к + 26,1 | + 31,0 | + 12,0 | + 21,6 |
| SkQ ₃ 25 нМ | 15,1*±1,3 | 5,3*±0,4 | 13,9*±0,2 | 4,9*±0,2 |
| прибавка контролю в % | к + 32,5 | + 24,5 | + 10,0 | + 18,4 |
| 30 % ПЭГ в 0,1 % р-ре KNO₃ | | | | |
| контроль | 11,8±1,6 | 5,5±0,3 | 7,1±0,3 | 3,7±0,3 |
| SkQ ₃ 2,5 нМ | 9,3±2,0 | 5,2±0,2 | 8,9*±0,5 | 4,8*±0,2 |
| прибавка контролю в % | к - 21,2 | - 5,5 | + 20,2 | + 22,9 |
| SkQ ₃ 25 нМ | 11,9 ±1,6 | 5,5±0,4 | 8,3*±0,4 | 4,3*±0,1 |
| прибавка контролю в % | к + 0,8 | 0 | + 14,5 | + 14,0 |

*достоверные отличия по сравнению с контролем при $p < 0,05$

Как видно из таблицы 1, повышение концентрации ПЭГ привело к снижению скорости роста растений. У ярового ячменя обработка семян растворами SkQ₃ в двух концентрациях не оказала влияния на скорость

роста растений ячменя и пшеницы в контроле. Однако массы ростков и корней растений ярового ячменя, выращиваемых в 15 % растворе ПЭГ при обработке 2,5 нМ раствором SkQ₃ возрастают на 26,1 % и 31,0 %, а у озимой пшеницы соответствующие показатели увеличиваются на 12 % и 21,6 % по сравнению с контролем. При десятикратном увеличении концентрации SkQ₃ наблюдается аналогичная тенденция: масса ростков и корней ярового ячменя возрастает на 32,5 и 24,5 %, а озимой пшеницы на 10 % и 18,4 % соответственно. В 30 % растворе ПЭГ масса растений ячменя достоверно не изменяется, однако у озимой пшеницы массы ростков и корней увеличиваются на 20,2 % и 22,9 % при обработке 2,5 нМ раствором SkQ₃, а при десятикратном увеличении концентрации SkQ₃ массы возрастают на 14,5 % и 14 % соответственно.

Полученные результаты подтверждены в полевых испытаниях. Показатели надземной воздушно-сухой массы растений ярового ячменя и озимой пшеницы в различные фазы вегетации представлены на рисунках 1 и 2.

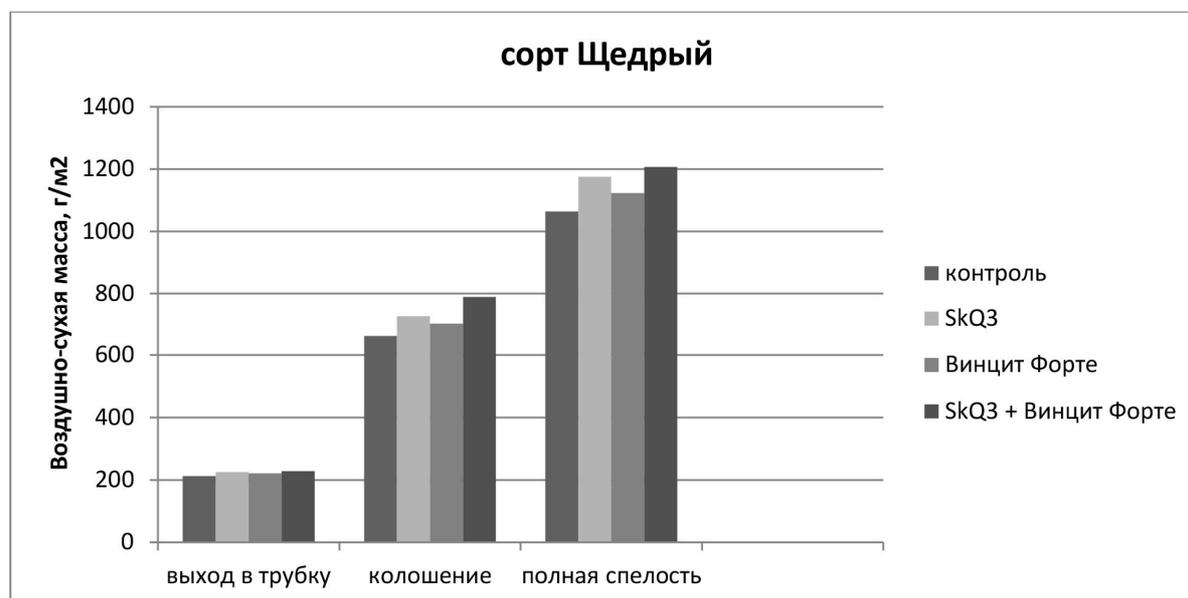


Рисунок 1 – Воздушно-сухая масса растений (г/м²) ярового ячменя в различные фазы вегетации

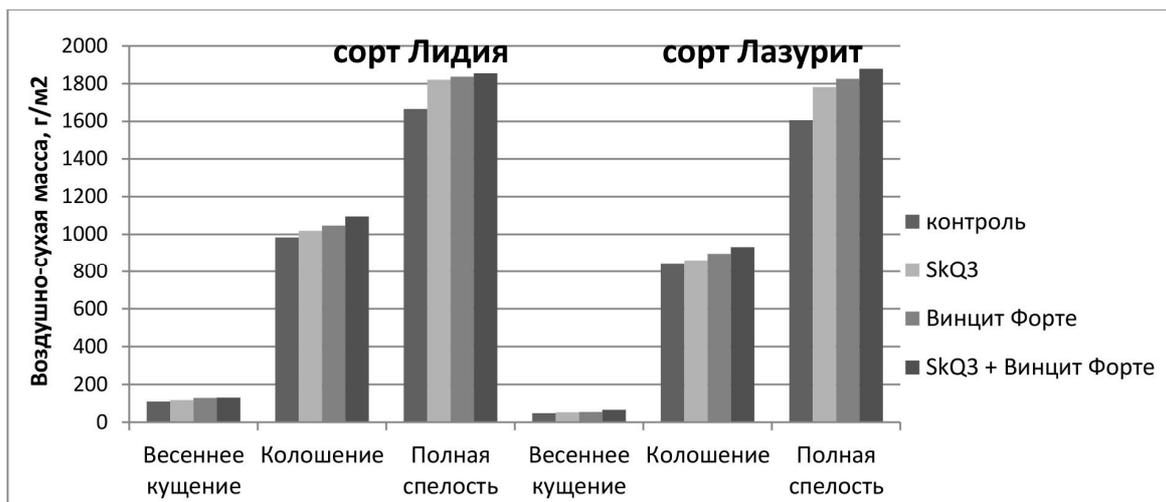


Рисунок 2 – Воздушно-сухая масса растений ($г/м^2$) озимой пшеницы в различные фазы вегетации

У ярового ячменя в фазы выхода в трубку, колошения и полной спелости при обработке SkQ₃ надземная воздушно-сухая масса возрастает на 5,8 %, 8,9 % и 9,4 % по сравнению с контролем, а при совместной обработке SkQ₃ с фунгицидом Винцит Форте на 7,0 %, 16,3 % и 11,8 %, соответственно. У мягкой озимой пшеницы сорта Лидия аналогичные показатели в фазу весеннего кущения, колошения и полной спелости при обработке SkQ₃ составили 6,8 %, 3,5 % и 8,5 %, а при совместной обработке с фунгицидом 15,4 %, 10,3 % и 10,2 %, соответственно. У твердой озимой пшеницы Лазурит при обработке SkQ₃ надземная воздушно сухая масса в аналогичные фазы возросла на 7,7 %, 2,0 % и 9,9 %, а при совместной обработке SkQ₃ и фунгицидом на 26,2 %, 9,5 % и 14,5 %, соответственно.

Помимо воздушно-сухой массы изменяются и другие исследованные показатели растений. Так, в опытных образцах увеличивается количество растений и общее количество стеблей по сравнению с контролем (табл. 2, 3).

Таблица 2 - Количество растений, стеблей и коэффициент кушения ярового ячменя в разных вариантах обработки

| Вариант опыта | Фаза развития | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
| | Кол-во растений, шт./м ² | Кол-во стеблей, шт./м ² | Коэфф. кушения | Кол-во растений, шт./м ² | Кол-во стеблей, шт./м ² | Коэфф. кушения | Кол-во растений, шт./м ² | Кол-во стеблей, шт./м ² | Коэфф. кушения |
| Контроль | 488 | 1024 | 2,1 | 479 | 957 | 2,0 | 404 | 807 | 2,0 |
| SkQ ₃ 2,5 нМ | 483 | 1112 | 2,3 | 462 | 1062 | 2,3 | 402 | 885 | 2,2 |
| Винцит Форте | 488 | 1074 | 2,2 | 476 | 1048 | 2,2 | 408 | 857 | 2,1 |
| SkQ ₃ 2,5 нМ + Винцит Форте | 490 | 1176 | 2,4 | 483 | 1159 | 2,4 | 405 | 932 | 2,3 |
| НСР _{0,05} | | 66 | - | | 77 | - | | 57 | - |

Таблица 3 - Количество растений, стеблей и коэффициент кущения озимой пшеницы

| Вариант опыта | Количество растений, шт./м ² | Количество стеблей, шт./м ² | Коэффициент кущения |
|---|---|--|---------------------|
| Мягкая озимая пшеница, сорт Лидия | | | |
| Контроль | 382 | 1222 | 3,2 |
| SkQ ₃ 2,5нМ | 390 | 1287 | 3,3 |
| Винцит Форте | 398 | 1353 | 3,4 |
| SkQ ₃ 2,5нМ+ Винцит Форте | 405 | 1377 | 3,4 |
| НСР _{0,05} | 33 | 153 | 0,2 |
| Твёрдая озимая пшеница, сорт Лазурит | | | |
| Контроль | 360 | 1080 | 3,0 |
| SkQ ₃ 2,5нМ | 372 | 1153 | 3,1 |
| Винцит Форте | 387 | 1200 | 3,1 |
| SkQ ₃ 2,5нМ+ Винцит Форте | 396 | 1228 | 3,1 |
| НСР _{0,05} | 19 | 95 | 0,2 |

Дисперсионный анализ данных позволил установить влияние SkQ₃ на формирование стеблестоя ярового ячменя и озимой пшеницы. Применение SkQ₃ способствовало увеличению общего количества стеблей у ярового ячменя сорта Щедрый в фазы выхода в трубку, колошения и полной спелости зерна на 7,9 %, 9,9 % и 8,8 % по сравнению с контролем, а совместное применение SkQ₃ и фунгицида Винцит Форте на 13 %, 17,4 % и 13,4 % соответственно. У растений пшеницы сорта Лидия при использовании SkQ₃ совместно с фунгицидом в фазу весеннего кущения количество стеблей увеличилось на 11,3 %, а у растений сорта Лазурит количество растений возросло на 9,1 %, а общее количество стеблей на 12,1 %.

Предпосевная обработка семян не оказала влияния на урожайность ярового ячменя, но повысила урожайность мягкой и твердой озимой пшеницы. Оценка влияния препаратов на урожайность озимой пшеницы представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Урожайность и масса 1000 зёрен озимой пшеницы

| Вариант опыта | Мягкая озимая пшеница сорт Лидия | | | Твёрдая озимая пшеница сорт Лазурит | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------|----------------|
| | Масса 1000 зёрен, г | Урожайность, т/га | Прибавка, т/га | Масса 1000 зёрен, г | Урожайность, т/га | Прибавка, т/га |
| Контроль | 48,3 | 7,59 | - | 50,1 | 7,62 | - |
| SkQ ₃ | 48,8 | 7,85 | 0,26 | 50,1 | 7,97 | 0,35 |
| Винцит Форте | 49,1 | 7,93 | 0,34 | 50,1 | 8,12 | 0,50 |
| SkQ ₃ + Винцит Форте | 49,3 | 8,00 | 0,41 | 50,8 | 8,19 | 0,57 |
| НСР _{0,05} | | 0,32 | - | | 0,34 | - |

Таким образом, комбинированное применение протравителя с SkQ₃ повышает урожайность мягкой и твердой озимой пшеницы. Урожайность твердой озимой пшеницы при использовании SkQ₃ увеличилась на 0,35 т/га, а при совместном использовании SkQ с фунгицидом - на 0,57 т/га, мягкая озимая пшеница формировала дополнительную урожайность только при совместном применении фунгицида и SkQ₃, прибавка составила 0,41 т/га.

Выводы

1). В результате лабораторных экспериментов было установлено, что обработка семян ярового ячменя сорта Сокол и мягкой озимой пшеницы сорта Калым 2,5 нМ и 25 нМ растворами SkQ₃ с последующим

выращиванием растений в 15 % растворе полиэтиленгликоля (с целью имитации дефицита влаги) привела к возрастанию сухой массы надземной части и корней 14-ти дневных проростков. При повышении концентрации ПЭГ до 30 % абсолютная сухая масса ростков и корней озимой пшеницы так же возросла, однако у ярового ячменя данный показатель не изменялся относительно контроля. В контроле обработка растворами SkQ_3 не оказала влияния на скорость роста растений.

2). Предпосевная обработка семян SkQ_3 увеличила воздушно сухую массу растений ярового ячменя сорта Щедрый, мягкой озимой пшеницы сорта Лидия и твердой озимой пшеницы сорта Лазурит, а так же способствовала повышению количества стеблей у ярового ячменя в фазы выхода в трубку, колошения и полной спелости зерна по сравнению с контролем. Аналогичные результаты получены при совместном использовании SkQ_3 и фунгицида Винцит Форте. У растений пшеницы сорта Лидия при использовании SkQ_3 совместно с фунгицидом в фазу весеннего кущения увеличилось количество стеблей, а у растений сорта Лазурит возросло количество растений и количество стеблей, что способствовало получению дополнительной урожайности. Урожайность пшеницы сорта Лазурит при использовании SkQ_3 повысилась на 0,35 т/га, при совместной обработке SkQ_3 с фунгицидом на 0,57 т/га, а прибавка урожайности пшеницы сорта Лидия при совместной обработке SkQ_3 с фунгицидом составила 0,41 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям) в рамках проекта №27000, Разработка препаратов для повышения устойчивости к засушливым условиям и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых в аридных условиях Юга России и Армении на базе ЦКП Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг ЮФУ.

Литература

1. Вошедший Н. Н. Выращивание ярового ячменя в условиях Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 3 (53).
2. Галушка П. А., Усков А. И., Кравченко Д. В. Рост и развитие ростковых черенков картофеля *in vitro* при использовании препарата SkQ1 // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №. 4.
3. Глуховцев В. В., Санина Н. В. Эффективность листовых подкормок в аридных условиях Среднего Поволжья при возделывании ярового ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 4 (60).
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы / Под редакцией В.Н. Василенко - Ч. 1,2 - Ростов-на-Дону, 2013.
5. Круглова Н.Н. Клеточное и тканевое воздействие ПЭГ 6000 как имитатора засухи на органы автономного зародыша пшеницы в условиях *in vitro* // Материалы международной конференции Биотехнология. Взгляд в будущее (Казань, 17-19 апреля 2012 г.). Казань, 2012. С. 17-20.
6. Самуилов В. Д., Киселевский Д. Б. Действие катионного пластохинона SkQ1 на электронтранспортные реакции в хлоропластах и митохондриях из проростков гороха // Биохимия. — 2015. — Т. 80, № 4. — С. 489–496.
7. Титова Е. М., Внукова М. А. Эффективность применения комплексных удобрений на посевах ячменя ярового // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 32. – №. 5.
8. Тютюма Н. В., Туманян А. Ф. Влияние абиотических факторов на продуктивность зерновых культур // Плодородие. – 2009. – №. 6. – С. 30-31
9. Убушаева, С.В. Технология возделывания ярового ячменя на светло-каштановых почвах Калмыкии и ее экономическая эффективность / С.В. Убушаева // Материалы международной конференции Новости научной мысли. – Прага. – 2009. – С. 15-17.
10. Antonenko, Y. N. Protective effects of mitochondria-targeted antioxidant SkQ in aqueous and lipid membrane environments / Y. N. Antonenko, V. A. Roginsky, A. A. Pashkovskaya, T. I. Rokitskaya, E. A. Kotova, A. A. Zaspа, B. V. Chernyak, V. P. Skulachev // J. Membr. Biol. – 2008. – Vol. 222. – P. 141-149.
11. Skulachev, V. P. An attempt to prevent senescence: a mitochondrial approach / V. P. Skulachev, V. N. Anisimov, Y. N. Antonenko, L. E. et al. // Biochim. Biophys. Acta. – 2009. – Vol. 1787. – P. 437-461.
12. Skulachev V.P. Mitochondria-targeted plastoquinone derivatives. Effect on senescence and acute age-related pathologies // Current drug targets. 2011. V. 12. № 6. P. 800-826.

Reference

1. Voshedshij N. N. Vyrashhivanie jarovogo jachmenja v uslovijah Rostovskoj oblasti // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – №. 3 (53).
2. Galushka P. A., Uskov A. I., Kravchenko D. V. Rost i razvitie rostkovykh cherenkov kartofelja *in vitro* pri ispol'zovanii preparata SkQ1 // Dostizhenija nauki i tehniky APK. – 2011. – №. 4.
3. Gluhovcev V. V., Sanina N. V. Jeffektivnost' listovykh podkormok v aridnykh uslovijah Srednego Povolzh'ja pri vzdelyvanii jarovogo jachmenja // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №. 4 (60).
4. Zonal'nye sistemy zemledelija Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody / Pod redakciej V.N. Vasilenko - Ch. 1,2 - Rostov-na-Donu, 2013.

5. Kruglova N.N. Kletochnoe i tkanevoe vozdejstvie PJeG 6000 kak imitatora zasuhi na organy avtonomnogo zarodysha pshenicy v usloviyah in vitro // Materialy mezhdunarodnoj konferencii Biotehnologija. Vzgljad v budushhee (Kazan', 17-19 aprelja 2012 g.). Kazan', 2012. S. 17-20.
6. Samuilov V. D., Kiselevskij D. B. Dejstvie kationnogo plastohinona SkQ1 na jelektrontransportnye reakcii v hloroplastah i mitohondrijah iz prorostkov goroha // Biohimija. — 2015. — T. 80, № 4. — S. 489–496.
7. Titova E. M., Vnukova M. A. Jeffektivnost' primeneniya kompleksnyh udobrenij na posevah jachmenja jarovogo // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. — 2011. — T. 32. — №. 5.
8. Tjutjuma N. V., Tumanjan A. F. Vlijanie abioticheskih faktorov na produktivnost' zernovyh kul'tur // Plodorodie. — 2009. — №. 6. — S. 30-31
9. Ubushaeva, S.V. Tehnologija vozdeyvanija jarovogo jachmenja na svetlo-kashtanovyh pochvah Kalmykii i ee jekonomicheskaja jeffektivnost' / S.V. Ubushaeva // Materialy mezhdunarodnoj konferencii Novosti nauchnoj mysli. — Praga. — 2009. — S. 15-17.
10. Antonenko, Y. N. Protective effects of mitochondria-targeted antioxidant SkQ in aqueous and lipid membrane environments / Y. N. Antonenko, V. A. Roginsky, A. A. Pashkovskaya, T. I. Rokitskaya, E. A. Kotova, A. A. Zaspas, B. V. Chernyak, V. P. Skulachev // J. Membr. Biol. — 2008. — Vol. 222. — P. 141-149.
11. Skulachev, V. P. An attempt to prevent senescence: a mitochondrial approach / V. P. Skulachev, V. N. Anisimov, Y. N. Antonenko, L. E. et al. // Biochim. Biophys. Acta. — 2009. — Vol. 1787. — P. 437-461.
12. Skulachev V.P. Mitochondria-targeted plastoquinone derivatives. Effect on senescence and acute age-related pathologies // Current drug targets. 2011. V. 12. № 6. P. 800-826.