ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НАНОЧАСТИЦАМИ СЕЛЕНА

О.В. Черникова¹, Л.Е. Амплеева², кандидаты биологических наук,
Ю.А. Мажайский¹, доктор сельскохозяйственных наук

¹Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 390036, Рязань, ул. Сенная, 1

²Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,

390044, Рязань, ул. Костычева, 1

E-mail: chernikova_olga@inbox.ru

Изучены особенности формирования урожайности кукурузы сорта Обский 140 при возделывании с использованием наночастиц селена оптимальной концентрации. Опыт проведен в почвенной культуре в 3-кратной повторности. Агрохимические показатели почвы: pH_{KCl} 6,2; содержание гумуса – 2,6%, P_2O_5 – 204 мг/кг, K_2O – 219 мг/кг почвы. Было разработано четыре варианта опыта: контроль 1 (сухие семена), контроль 2 (замачивание семян в воде), инкрустация семян НП Se (полусухое протравливание) и замачивание их в НП Se (за 30 мин перед посевом из расчета 0,1 г/га). Использован НП Se, содержащий 3,7 мг нанопрепарата Se в 1 л воды. Показано положительное влияние наночастиц селена на ростовые процессы семян кукурузы: всхожесть, энергию прорастания, силу роста. Обработка семян НП Se повышала энергию прорастания семян на 6,90 и 9,13 %, лабораторную всхожесть – на 4,67 и 8,34%, силу роста – на 26,32 и 31,05% соответственно к контролю 2 и контролю 1. При неблагоприятных условиях применение наночастиц селена усиливало рост растений в высоту. На накопление крахмала положительно влияла инкрустация семян НП Se, а замачивание в этом препарате увеличивало содержание белковых фракций. Наибольшую прибавку урожая сухой фитомассы кукурузы обеспечивало замачивание семян в наночастицах селена, что вызвано повышением урожайности зеленой массы кукурузы.

EFFECT OF SELENIUM NANOPARTICLES ON THE FORMATION OF THE CORN CROP

Chernikova O.V.¹, Ampleeva L.E.², Mazhaisky Yu.A.¹

¹Academy of law management of the federal penal service of Russia,

390036, Ryazan, ul. Sennaya, 1

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 390044, Ryazan, ul. Kostycheva, 1

E-mail: chernikova_olga@inbox.ru

Peculiarities of yield formation of maize variety Obskiy 140 the cultivation of it with the use of selenium nanoparticles of an optimum concentration. The experiment was carried out in soil culture in 3-fold repetition. Agrochemical parameters of soil: pH_{KCl} 6,2; the humus of 2.6%; P_2O_5 – 204 mg/kg and K_2O – 219 mg/kg soil. Four variants of the experiment were developed: control 1 (dry seeds), control 2 (soaking seeds in water), NPSe inlay (semi-dry etching) and NPSe soaking (30 minutes before sowing at the rate of 0,1 g/ha of NP selenium). In the experiments, NPSe containing 3,7 mg of nanopreparation Se in 1 liter of water was used. The positive effect of selenium nanoparticles on the growth processes of maize seeds: germination, germination energy, growth force is shown. Se NP seed treatment increases germination energy by 6,90 and 9,13%, laboratory germination by 4,67 and 8,34%, growth strength by 26,32 and 31,05%, respectively, control 2 (soaking in water) and control 1 (dry change). Under adverse conditions, the use of selenium nanoparticles increases the growth of plants in height. Positive effect on the accumulation of starch in corn grains inlay NP Se, and soaking in this drug increases the content of protein fractions. The greatest increase in the yield of dry corn phytomass provides soaking seeds with selenium nanoparticles, which is caused by an increase in the yield of green corn mass.

Ключевые слова: кукуруза, селен, наночастицы, урожайность

Key words: corn, selenium, nanoparticles, yield

В настоящее время при поиске новых подходов к земледелию, которые обеспечивали бы максимальное снижение зависимости объема и качества урожая от внешних факторов, не следует ориентироваться на дальнейшее увеличение применения технологий и агрохимикатов, входящих в конфликт с природной средой [1]. В связи с этим перспективны нанотехнологии, которые способны решить большинство задач агробизнеса: увеличение производства и качества переработки сельскохозяйственного сырья, получение высококачественной пищевой продукции и кормов и др. [2-4]. Особенно эффективно применение в растениеводстве нанопрепаратов [5-7]. Наночастицы

воздействуют на биологические объекты на клеточном уровне, их избыточная энергия повышает скорость протекающих в растениях процессов. При этом следует отметить важную роль селена в регуляции жизнедеятельности растений, выявленную исследователями в последние годы [8-10]. Отмечено, что селен участвует в синтезе трикарбоновых кислот, в реакции образования хлорофилла, а также в метаболизме высокомолекулярных жирных кислот. Вместе с молибденом и железом или один в качестве кофактора он присутствует в ряде окислительно-восстановительных ферментов [11,12].

В России и мире накоплен большой опыт выращи-

вания устойчивых и высоких урожаев кукурузы. Однако, как правило, потенциал современных гибридов и сортов используется всего на 30-40% [13-15]. Формирование высоких урожаев – сложный биологический процесс, в основе которого лежит постоянное взаимодействие растительного организма и среды. Современным решением этой задачи может быть создание инновационных технологий, которые используют биологически активные соединения – регуляторы роста растений, позволяющие максимально приблизить потенциальную продуктивность к генетической [16]. При этом разработка новых технологий и приемов с использованием наноматериалов, которые обеспечивали бы получение высоких урожаев и качества продукции кукурузы, имеет большое практическое значение.

Цель настоящей работы – изучить особенности формирования урожайности кукурузы сорта Обский 140 при возделывании с использованием наночастиц селена оптимальной концентрации.

Методика. Исследования проводили в 2014-2016 гг. в почвенной культуре в 3-кратной повторности [17]. Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: $pH_{\text{ккл}}$ 6,2; содержание гумуса – 2,6%, P_2O_5 – 204 мг/кг, K_2O – 219 мг/кг почвы. В качестве экспериментальной культуры выбрали гибрид кукурузы первого поколения Обский 140 – единственный сорт, полностью пригодный для уборки на зерно в условиях региона. Он характеризуется холодостойкостью, устойчивостью к полеганию, гельминтоспориозу, стеблевым гнилям, бактериозу початков и большим содержанием белка по сравнению с другими сортами.

Опыт включал следующие варианты: 1 – контроль 1 (сухие семена), 2 – контроль 2 (замачивание семян в дистиллированной воде), 3 – инкрустация семян НП Se (полусухое протравливание), 4 – замачивание семян за 30 мин до посева в растворе НП Se из расчета 0,1 г/га. Использовали НП Se, полученный из института металлургии имени А.А. Байкова РАН, в виде раствора, содержащего 3,7 мг нанопрепарата Se в 1 л воды. Массу проростков, как и всхожесть семян, определяли на 7-й день от закладки «кукол», процентное содержание крахмала в образцах – поляриметрическим методом, содержание альбуминов, глобулинов и проламинов – с помощью биуретового реактива на фотоэлектроколориметре.

Результаты и обсуждение. Известно, что для формирования высококачественных посевов сельскохозяйственных культур требуются высокопродуктивные семена. Стимулирование ростовых процессов наночастицами происходит при прорастании семян на ранних этапах онтогенеза, что значительно влияет на дальнейшее развитие проростков и мобилизует систему антиоксидантной защиты растений.

При использовании наночастиц селена при инкрустации и замачивании увеличивались энергия прорастания, всхожесть, а также сила роста семян кукурузы (табл. 1). Лучшие результаты оказались при замачивании семян в растворе наноселена: показатели энергии прорастания были выше, чем в контроле 2, на

Табл. 1. Всхожесть, энергия прорастания и сила роста семян кукурузы, в среднем за 2014-2016 гг.

Вариант	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Сила роста (масса 100 проростков, г)
Контроль 1	91,1	90,9	19,0
Контроль 2	94,3	92,8	20,6
НП Se инкрустация	96,1	97,2	23,2
НП Se замачивание	98,7	99,2	24,9
НСР _{0,5}	1,95	1,05	1,30

6,90 %, всхожести – на 4,67 %. Если сравнить значения показателей в контроле 1 и варианте с их инкрустацией наночастицами селена, то очевидно положительное влияние НП Se на ростовые процессы семян.

Замачивание в воде положительно влияло на энергию прорастания семян. Это объясняется тем, что в первую фазу прорастания – набухание – семена поглощают больше воды. Замачивание ускоряет ее поступление в семена и стимулирует процессы превращения веществ [8]. Наибольшая масса 100 проростков выявлена также в вариантах с обработкой семян НП Se, особенно при их замачивании. При этом сила роста увеличивалась на 26,32 и 31,05% соответственно в сравнении с контролями 2 и 1.

Одна из важных характеристик биологического потенциала сорта – это высота растений, которая находится в прямой связи с урожайностью. На рост растений кукурузы в высоту в основном влияют влаго- и теплообеспеченность посевов, а также предпосевная обработка семян и применяемые препараты. Недостаток тепла в период интенсивного роста кукурузы в 2015 г. снижал высоту растений в контроле 1 на 12,1 и 22,7 см, в контроле 2 – на 5,1 и 16,3 см соответственно в сравнении с более благоприятными 2014 и 2016 гг. (табл. 2).

В условиях 2015 г. обработка семян наночастицами селена позволила уменьшить влияние неблагоприятных факторов, что положительно сказалось на линейном росте растений, поэтому их высота практически не различалась по годам исследований. В наибольшей степени рост растений в высоту стимулировало замачивание семян в НП Se. Так, в сравнении с контролем 1 она повысилась в среднем на 24,2 см, с контролем 2 – на 20,4 см. Следует отметить, что замачивание семян в воде стимулировало рост растений в высоту относи-

Табл. 2. Высота растений кукурузы при уборке

Год	Контроль 1	Контроль 2	НП Se инкрустация	НП Se замачивание
2014	182,2	182,4	200,6	204,7
2015	170,1	179,3	200,2	206,8
2016	192,8	195,6	200,1	206,2
Среднее	181,7	185,5	200,4	205,9

Табл. 3. Урожайность кукурузы в годы исследований

Вариант	Зеленая масса, ц/га				Сухая масса, ц/га			
	2014	2015	2016	среднее	2014	2015	2016	среднее
Контроль 1	271,1	265,8	270,2	269,0	56,9	55,8	56,8	56,5
Контроль 2	280,2	279,8	281,5	280,5	58,9	58,8	58,9	58,9
НП Se инкрустация	305,5	307,0	306,8	306,4	64,2	64,5	64,4	64,4
НП Se замачивание	318,8	321,1	319,9	319,9	67,0	76,2	67,4	70,2
HCP _{0,5}	2,42	1,05	1,5	1,8	0,52	0,22	0,45	0,34

Табл. 4. Содержание (%) питательных веществ в семенах кукурузы, в среднем за 2014-2016 гг.

Вариант	Глобулины	Альбу-мины	Прола-мины	Сумма фракций белка	Крахмал
Контроль 1	9,15	7,95	12,05	29,15	32,9
Контроль 2	10,95	8,40	12,7	32,05	31,04
НП Se инкрустация	10,10	7,95	12,10	30,15	35,4
НП Se замачивание	17,05	11,20	12,9	41,15	34,8

тельно контроля 1 в меньшей мере, чем при обработке их наночастицами селена.

Основная задача сельского хозяйства – получение высоких показателей урожайности растений с большим содержанием питательных веществ. Повышение линейного роста растений кукурузы положительно сказалось на накоплении урожая зеленой и сухой фитомассы. При этом по урожаю зеленой массы преимущество имел вариант с замачиванием семян наночастицами селена (табл. 3): прибавка к контролю 2 получена во все годы исследований (47,7; 55,3; 49,7 ц/га), а к контролю 1 – 18,92 % в среднем за 3 года.

Инкрустация семян наночастицами селена обеспечила также прибавку урожая зеленой массы в сравнении с контролем 1, но по сравнению с контролем 2 прибавка оказалась ниже, чем при замачивании семян в НП Se. Видимо, за счет улучшения ростовых процессов в начале вегетации обработка наночастицами селена способствовала получению достоверных прибавок во всех вариантах опыта. В среднем за 3 года самая высокая прибавка урожая сухой массы оказалась при замачивании (24,25%) и инкрустации семян (13,98%) НП Se, что обусловлено повышением урожайности в этих вариантах.

Известно, что кукурузу используют в качестве кормовой культуры для животных. Анализ данных качества ее урожая показал преимущество замачивания семян перед посевом, как в воде, так и в НП Se против сухих семян и инкрустации наноселеном по содержанию белковых фракций (табл. 4). При замачивании в НП Se в семенах увеличивалось содержание фракций глобулинов и альбуминов по

сравнению с контролем 1 соответственно на 86,34 и 40,88 %, с контролем 2 – на 55,71 и 33,33%. Эти белковые фракции обладают ферментативными свойствами. Поскольку селен входит в состав большого количества ферментов растительного и животного организмов, возможно, именно этим и объясняется высокое содержание глобулинов и альбуминов в семенах.

Кукурузный крахмал используют в фармацевтической, бумажной, текстильной промышленности, строительстве, а также в хлебопекарном и кондитерском производстве. Инкрустация НП Se положительно влияла на накопление крахмала в семенах: его содержание

было на 7,60 % выше, чем в контроле 1, и на 14,05%, чем в контроле 2, что улучшало биологическую ценность культуры. Замачивание семян в НП Se также увеличивало содержание крахмала, прибавка по отношению к контрольным вариантам составляла соответственно 5,78 и 12,11%.

Таким образом, предпосевная обработка семян кукурузы нанопрепаратом Se положительно влияет на ростовые процессы, при этом замачивание их в НП Se дает больший эффект, чем инкрустация этим препаратом.

Литература.

1. Павлов Г.В. Использование ультрадисперсных порошков в сельском хозяйстве // *Достижение науки и техники в АПК*. – 2002. – № 3. – С. 3-8.
2. Ананиян М.А. Возможности использования нанотехнологий в агропромышленном комплексе // *Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: Сб. докл.* – М.: Росинформагротех, 2008. – С. 6-10.
3. Амплеева Л.Е., Черникова О.В. Влияние различных форм селена на адаптацию и урожайность картофеля ранних сортов // *Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса (материалы 69-ой Международной научно-практической конференции)*. – 2018. – С.9-13.
4. Юркова И.Н., Омельченко А.В. Влияние наночастиц селена и селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2015. – Т.1, №3(67). – С.99-106.
5. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г. Направления использования нанотехнологий и наноматериалов в АПК и задачи информационного обеспечения их развития // *Нанотехнологии – производству*. – 2006. – С. 409-413.
6. Кишев А.Ю., Жерукова А.А. Применение селен-содержащих препаратов на озимой пшенице // *Приоритетные векторы развития промышленности сельского хозяйства. Материалы I Международной научно-практической конференции*. – 2018. – С.114-118.
7. Синдирева А.В., Степанова О.В., Серебренникова А.В. Влияние селена и йода на показатели роста и развития зерновых культур // *Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика*. – 2013. – Т.1 – С.233-241.

8. Ловкова М.Я., Соколова С.М., Бузук Г.Н. Лекарственные растения – концентраторы селена. Перспективы расширения спектра использования // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 418, № 5. – С. 709-711.
9. Головацкая И.Ф., Видершпан А.Н., Бойко Е.В. Селен как фактор регуляции метаболических процессов и продуктивности растений лихниса // Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты. Научная конференция и школа молодых ученых. – под ред. В.В. Кузнецова. – 2017. – 142 с.
10. Вихрев В.А., Макарова О.В. Функции селена в растениях // Наука и образование – сельскому хозяйству. Сборник материалов научно-практической конференции, посвященной 55-летию Пензенской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – С. 62–63.
11. Синдирева А.В., Степанова О.В., Серебренникова А.В. Влияние селена и йода на показатели роста и развития зерновых культур // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – Т.1 – С.233–241.
12. Полубояринов П.А., Голубкина Н.А. Изучение биохимической функции селена и его влияние на содержание белковых фракций и активность пероксидазы в проростках кукурузы // Физиология растений. – 2015. – Т.62(№3). – С.396.
13. Сизов А.П., Лунев М.И., Яковченко В.П. Интенсивные технологии и охрана почв от загрязнения пестицидами // Земледелие. – 1989. – № 9. – С. 40-42.
14. Шальнов И.В. «Программированное возделывание кукурузы в Верхневолжье с применением наноматериалов и биопрепаратов»: дис. ... канд. с.-х. наук – Тверь, 2016. – 205 с.
15. Котелевская Е.А. Кукуруза – одна из важнейших зерновых и кормовых культур // Инновационная наука: прошлое, настоящее, будущее. – 2016. – С.21–23.
16. Научные разработки по использованию нанотехнологий в АПК. Каталог / Под ред. В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклашин, а И.Г. Голубева и др. – М.: Роин-формагротех, 2008. – 152 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 – е изд. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

Поступила в редакцию 20.08.18
После доработки 31.10.18
Принята к публикации 31.11.18