DOI <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2016-03.11>

**МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ В УСЛОВИЯХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОФОНА**
MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF BLACK CURRANT IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURE STRESS
DEPENDING ON SOIL FERTILITY

Резвякова С.В.*, кандидат сельскохозяйственных наук
Rezvyakova S.V., Candidate of Agricultural Sciences
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Орел, Россия
Orel State Agrarian University, Orel City, Russia

Мотылева С.М., кандидат сельскохозяйственных наук
Motyleva S.M., Candidate of Agricultural Sciences
**Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и
питомниководства, Москва, Россия**
All-Russia Selection-Technological Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, Russia

*E-mail: iana8545@ya.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты полевых и лабораторных исследований по компонентам зимостойкости, заморозкоустойчивости пыльцы и экономической эффективности возделывания смородины черной на фоне разных доз цеолито-минерального удобрения. Использование 16 т/га цеолита Хотынецкого месторождения Орловской области на фоне полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ способствует повышению зимостойкости и урожайности смородины черной.

ABSTRACT

Results of field and laboratory researches on components of winter hardiness, resistance of pollen to spring frosts and economic efficiency of cultivation of blackcurrant against different doses of zeolite-mineral fertilizer are presented in article. Using of 16 t/hectare of Hotynetsky zeolite instead full mineral fertilizer in a dose of $N_{90}P_{90}K_{90}$ increases winter hardiness and productivity of black currant.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Смородина черная, компоненты зимостойкости, устойчивость к морозам, экономическая эффективность, минеральные удобрения, цеолит.

KEY WORDS

Black currant, components of winter hardiness, frost resistance, economic efficiency, fertilizer, zeolite.

Природные цеолиты относятся к одной из групп биологически активного и экологически безопасного минерального сырья, которое используется для улучшения круговорота питательных веществ в земледелии, сохранения и воспроизводства плодородия почв. В природе цеолиты встречаются в виде гидротермальных и осадочных геологических образований. Это гидроалюмосиликаты щелочных и щелочноземельных элементов, имеющих кристаллическое каркасное строение. Основные составляющие элементы – окислы кремния (до 70%) и алюминия (14%) [17,19]. В цеолитах обнаружено более 25 микроэлементов: титан, марганец, ванадий, хром, кобальт, никель, медь, цинк, молибден, свинец, бор, цирконий, скандий, барий, бром, бериллий и др. [6,14]. Благодаря своим биологически активным функциям, наличию макро- и микроэлементов цеолит может выполнить роль регуляторов

усвоения растениями минерального питания, предотвращать накопление нитратов, пестицидов в растениеводческой продукции [13,19,23].

Некоторыми учеными проведены исследования по изучению возможности и эффективности использования цеолитов в садоводстве [9-12, 15]. Отдельные ученые указывают, что цеолиты пролонгируют действие минеральных и органических удобрений [13,14,18,22]. Доступные формы питательных веществ, как правило, обладают высокой подвижностью и легко вымываются из корнеобитаемого слоя почвы. Цеолитсодержащие породы сорбируют внесенные в почву питательные элементы и сохраняют их от вымывания [23].

В результате рядом исследователей отмечено повышение урожайности и экологической толерантности возделываемых культур [1,2,7,8,25,26]. В Центрально-Черноземном регионе значительный ущерб отрасли садоводства наносят неблагоприятные условия зимнего периода [16,20,21]. Для культуры черной смородины наиболее опасны перепады температур в период оттепели и весенние заморозки [15,24]. Цель настоящих исследований - выявить влияние разных доз цеолита Хотынецкого месторождения Орловской области на зимостойкость и урожайность черной смородины.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почва опытного участка под смородиной черной серая лесная, хорошо окультуренная, pH в солевой вытяжке от 5,0 до 6,1, содержание фосфора 30 до 60 мг/100 г почвы. Обеспеченность калием в 100 г почвы от 17 до 47 мг. Содержание гумуса от 3 до 4 %. Возделывали районированный сорт Кипиана.

Опыт заложен в 2010-2013 гг. в трехкратной повторности, делянки в повторностях расположены рендомизировано [5]. В одной делянке 10 учетных кустов, между делянками по 2 куста в качестве защитных насаждений. Цеолит вносили из расчета 3, 8, 16 и 24 т/га на фоне полного минерального удобрения $N_{90}P_{90}K_{90}$. В качестве контроля использовали вариант без добавления в почву цеолита и минеральных удобрений. Доза внесения – оптимальная для черной смородины по рекомендациям. Посадка черной смородины по технологии – 0,7 м × 3 м. Размер одной опытной делянки 14 м². Размер защитной делянки 2,8 м². Площадь, занимаемая опытом, - 884,8 м². Расход суперфосфата - 293 г на делянку; сернокислого калия - 252 г; аммиачной селитры - 370 г.

Зимостойкость черной смородины определяли методом искусственного промораживания в морозильной камере в лабораторных условиях. Заморозкоустойчивость пыльцы исследовали с помощью электронного сканирующего микроскопа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальная морозоустойчивость в середине зимы. Анализ результатов показал, что искусственное промораживание веток черной смородины при -40°C в закаленном состоянии вызвало подмерзание почек в среднем за два года в пределах 0,8-1,5 балла (табл. 1).

В оба года исследований заданный мороз в 40°C вызвал гибель зачатков цветков, поэтому образования кистей не отмечено. Более высокая максимальная морозоустойчивость почек по сравнению с контрольным вариантом выявлена при внесении полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) и 24 т/га цеолита на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$. Это можно объяснить оптимизацией условий минерального питания [3,4,21].

Распускание почек по вариантам варьировало в пределах 55,3-73,8 %. На уровне контроля выявлено распускание почек на варианте с 16 т/га цеолита – 60,4 %.

Использование разных доз цеолита на фоне полного минерального удобрения способствовало более активному пробуждению почек. Наиболее высокие показатели

по изучаемому признаку отмечены при внесении 16 и 24 т/га цеолита - 72,2 и 73,8 %. Между последними вариантами математическая разница не установлена.

Таблица 1 - Подмерзание почек черной смородины при -40°C в январе, в среднем за 2010-2013 гг.

Вариант	Подмерзание, балл	Распускание, %	$\pm$ к контролю, %
Контроль	1,5	55,3	-
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	0,8	65,4	+10,1
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + 3т/га цеолита	1,2	62,7	+7,4
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + 8 т/га цеолита	1,1	64,5	+9,2
16т/га цеолита	1,3	60,4	+5,1
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ +16 т/га цеолита	1,3	72,2	+16,9
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ +24 т/га цеолита	0,9	73,8	+18,5
HCP_{05}	0,53	6,51	-

При отрачивании промороженных веток в сосудах с водой через неделю началось распускание листьев, через 2,5-3 недели отмечено активное образование корней. На варианте с полным минеральным удобрением и 16 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ выявлено максимальное количество корней (25-28 шт.) и более энергичный их рост – длина корней максимальная и составила 22-26 см (рис. 1).

Устойчивость к морозам в период оттепели. Понижение температуры до -30°C в период оттепели вызвало подмерзание почек в 2,5-3,0 балла. Распускание почек составило 52,5-80,8 %. Количество образовавшихся корней – 6-15 штук, общая длина которых 3,5-15,2 см. На варианте с 16 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ образовалось 11 корней, с внесением 24 т/га цеолита совместно с $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ - 15.

Рисунок 1 - Показатели регенерационной способности черной смородины после промораживания при -40°C

Однако в первом случае корни более развиты и имели большую длину. В двух последних вариантах распустились по 4-и цветочных кисти. На остальных – по 1-3 шт.

Устойчивость к возвратным морозам до -35°C после оттепели. Заданный режим вызвал гибель цветочных зачатков смородины на всех вариантах. На ветках без промораживания (контроль) при отрачивании в сосудах с водой активно развивались цветочные кисти. Распускание почек после воздействия температурой -35°C варьировало в пределах 59,6 – 84,4 %. Максимальная гибель почек (40,4%) отмечена на варианте без внесения $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и цеолита.

Наиболее высокая устойчивость черной смородины к возвратным морозам до -35°C выявлена при внесении $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и 24 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. Распускание почек составило 83,3 – 84,4 %, степень подмерзания 1,5-1,7 балла. Кора и камбий повреждений не имели.

Незначительно уступали по морозоустойчивости почки черной смородины на вариантах с использованием 8 и 16 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. Степень подмерзания составила 2,3 балла. За период отращивания веток корнеобразования не наблюдалось на контрольном варианте и на фоне 16 т/га цеолита без минеральных удобрений. Внесение разных доз цеолита совместно с $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ способствовало образованию корней от 12 до 33 штук с суммарной их длиной 8,5-34 см. Наиболее активно регенерационные процессы протекали на варианте с 24 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. На вариантах $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и 16 т/га цеолита + $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ образовалось одинаковое количество корней – 20 шт., однако суммарная длина их существенно различалась и составила соответственно 8,5 и 21 см.

Таким образом, использование полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и 16 и 24 т/га цеолита на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ способствует повышению уровня компонентов зимостойкости черной смородины и в наибольшей степени активизирует регенерационные процессы в растениях.

Устойчивость пыльцы к весенним заморозкам. Цветущие ветки черной смородины проморозили в лабораторных условиях при -4°C в течение 2 часов. Затем температуру в морозильной камере постепенно довели до комнатной. Это необходимо, чтобы избежать быстрого оттаивания, которое приводит к разрушению клеток. Извлекли пыльники, высушили их при температуре $26-28^{\circ}\text{C}$ и исследовали пыльцевые зерна с помощью электронного сканирующего микроскопа (рис. 2).

Рисунок 2 - Общий вид пыльцевых зерен на контрольном варианте (без удобрений и цеолита) до промораживания

Пыльцевые зерна черной смородины имеют почти правильную кубовидную форму. Средний размер составляет 22,06 мкм. Поверхность зерна имеет рыхлую ячеистую структуру.

После воздействия температурой -4°C на цветки веток с контрольного варианта можно отметить деформацию отдельных зерен, а также худшее их отделение от пыльников (рис. 3). На рисунке отчетливо видны остатки разрушенных пыльников. Средний размер зерен – 21,22 мкм.

Рисунок 3 - Пыльцевые зерна с контрольного варианта (без удобрений и цеолита) после промораживания при -4°C

Пыльца растений, выращенных на фоне полного минерального удобрения с добавлением 16 т/га цеолита, более устойчива к весенним заморозкам по сравнению с контрольным вариантом и вариантом, где использовали только минеральные удобрения. Зерна равномерно выполнены, с четкими гранями, легко отделяются от пыльников. Средний размер зерен достоверно превышает этот показатель на контрольном варианте и достигает 27,02 мкм (рис. 4).

Рисунок 4 - Пыльцевые зерна после воздействия температурой -4°C с варианта $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 16$ т/га цеолита

Следовательно, использование 16 т/га цеолита на фоне полного минерального удобрения способствует сохранности пыльцы и достоверно повышает ее жизнеспособность в условиях весенних заморозков до -4°C .

В среднем за два года урожайность варьировала в пределах от 57,6 до 77,4 ц/га. Существенно превышали контроль по изучаемому признаку все варианты с внесением полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и цеолита в разных дозах.

Расчет экономической эффективности показал, что при возделывании черной смородины сорта Кипиана на фоне полного минерального удобрения и 16 т/га цеолита, себестоимость продукции снизилась в 1,2 раза, чистый доход при этом увеличился в 1,6 раза и составил 8840,62 тыс. рублей. Рентабельность выросла с 73,4 % на контрольном варианте до 108,0 % на опытном, т.е. в 1,5 раза.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Вехов, Ю.К., Применение цеолита при размножении клоновых подвоев яблони / Ю.К. Вехов, Т.П. Уколова, Р.И. Головина // Новые сорта и технологии возделывания плодовых и ягодных культур для садов интенсивного типа: тез. докл. и выст. на межд. науч.-метод. конф. – Орел, 18-21 июля 2000. – Орел: изд-во ВНИИСПК, 2000.
2. Горбунов, А.И. Природные цеолиты / А.И. Горбунов // Животноводство России. 2003. - № 2. - С. 21.
3. Гурьянова, Ю.В. Влияние некорневой подкормки на устойчивость яблони к низким температурам зимнего периода в интенсивном саду (3-й компонент) / Ю.В. Гурьянова, В.В. Рязанова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. № 6. С. 22-24.
4. Гурьянова, Ю.В. Действие удобрений на морозоустойчивость деревьев яблони / Ю.В. Гурьянова, В.В. Рязанова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 21-23.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
6. Ковешников, Г.В. Цеолитсодержащие породы Орловской области и перспективы их использования в сельском хозяйстве / Г.В. Ковешников // Экологический вестник села. - 1999. - №5.
7. Колягин, Ю.С. Период последствий природных цеолитов и минеральных удобрений / Ю.С. Колягин, О.А. Карасев, С.П. Москворецкий // Сахарная свекла. – 2003. - № 9. – С. 23-24.
8. Кубасов, А.А. Цеолиты - кипящие камни / А.А. Кубасов // Соросовский Образовательный журнал, 2010.
9. Кузнецов, М.Н. Влияние разных доз цеолита на водный режим в системе почва–растение / М.Н. Кузнецов, С.В. Резвякова, Т.А. Роева // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России: матер. Всерос. науч.-метод. конф. (1-4 июля 2008 г., Орёл). – Орел, 2008. – С. 95-99.
10. Кузнецов, М.Н. Влияние цеолита на агроэкологические свойства серой лесной почвы ягодного агроценоза / М.Н. Кузнецов, Е.В. Леоничева, Т.П. Уколова, Т.А. Роева, Л.И. Леонтьева, О.А. Ветрова // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России: материалы Всерос. науч.-метод. конф. 1-4 июля 2008г. – Орел, 2008.
11. Леонтьева, Л.И. Эффективность применения цеолита при выращивании малины и крыжовника / Л.И. Леонтьева. – Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук. - Орел, 2008. – 22 с.
12. Мотылева, С.М. Влияние цеолита Хотынецкого месторождения на некоторые физиологические показатели и урожайность крыжовника / С.М. Мотылева, С.В. Резвякова // Вестник ОрелГАУ. – Орел, 2010. - № 3(24). – С. 17-21.
13. Просяникова, О.И. Роль цеолита в повышении эффективности азотных удобрений / О.И. Просяникова, В.С. Анохин // Агрохимический вестник. - 1998. - №2.-С. 20-21.
14. Пупынин, В.М. Применение цеолитов / В.М. Пупынин, А.С. Мерзликин // Агрохимический вестник. – 1999. - № 1. – С. 26-28.

15. Резвякова, С.В. Экологическая толерантность смородины черной в связи с использованием цеолито-минерального удобрения // Плодоводство и ягодоводство России. – М.: ВСТИСП. – 2013. - № 2. – Т. 36. - С. 120-126.
16. Резвякова, С.В. Экологическое обоснование выбора режимов искусственного промораживания плодово-ягодных культур в условиях ЦЧР // Вестник ОрелГАУ. – Орел, 2011. - № 3(30). – С. 26-29.
17. Савич, В.И. Почвенная экология / В.И. Савич, Н.В. Парахин, В.Г. Сычев, Л.П. Степанова. - Изд-во Орел ГАУ.- Орел, 2002.
18. Сладких, А.Ф. Природное питание и урожайность / А.Ф. Сладких, О.А. Карасев // Сахарная свекла. – 2000. - № 7. – С. 15-16.
19. Степанова, Л. П. Влияние удобрительных свойств отходов производства, природных цеолитов и вермикомпостов на образование геохимических аномалий / Л.П. Степанова, Е.А. Коренькова // Земледелие. - № 7. - 2008. – С. 22-23.
20. Трунов, Ю.В. Проблемы развития садоводства России как управляемой развивающейся системы / Ю.В. Трунов // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. XXXXII. С. 297-299.
21. Трунов, Ю.В. Состояние плодовых деревьев после сильных морозов и мероприятия по их восстановлению / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, Ю.В. Гурьянова, О.А. Грезнев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2006. № 1. С. 38-43.
22. Улитко, В.Е. Эффективность использования цеолитсодержащих пород Ульяновской области в биологической системе почва-растение / В.Е. Улитко, М.И. Ходько // Вестник Ульяновской ГСХА. - Агрономия, - 2000. - № 1.
23. Черников, В.А. Агроэкология. Учебник для вузов /В.А. Черников, Р.М. Алексахин. - М.: Колос, 2000. - 536 с.
24. Keep, E. The response of black currant cultivars and selections to spring frost / E. Keep, W. H. Grafton, V. H. Knight, L. G. Cumming // J. Hort. Science. – 1983. –V. 58. – N. 4. – P. 535-540.
25. Liang, Y. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review / Y. Liang, W. Sun, Y-G. Zhu, P. Christie // Environmental Pollution 2007. -№ 147. P. 422-428.
26. Yongchao Liang. Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars / Liang Yongchao and other // Environmental and Experimental Botany (December 2008). - № 64 (3). – P. 286-294.