

КРЕМНИЙ В РАСТЕНИЯХ SILICON IN PLANTS

А.Х. Куликова

A.H. Kulikova

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

FSED HIE «Ulyanovsk state academy of agriculture»

The data on the silicon content in plants have been given. It has been shown, that its main function, is the increase of plant productivity to any unfavourable conditions.

Присутствие кремния в растениях открыто в 1790–1792 гг. при исследовании табака – аморфного кремнезема, выделяемого бамбуком, а впервые определение кремнезема в растениях осуществили в конце XVIII века А. Гумбольдт, Л. Вокелен и Г. Деви. В XIX веке количество анализов, подтверждающих присутствие кремния в растениях быстро росло и кремний вошел в число стандартных элементов, определяемых в золе. Огромный экспериментальный материал систематизирован, составлены сводные таблицы содержания Si в растениях и обобщен в целом ряде обзоров, наиболее известным из которых в нашей стране является книга «Кремний и жизнь», изданный издательством Зинатне в Риге (3).

Кремний обнаружен во всех растениях и является непременной их составной частью. Содержание его в разных растениях колеблется в пределах 0,3–10 % от сухой массы, а круговорот Si в биосфере по объему массопереноса уступает только углероду, кислороду и водороду (5).

Растения, интенсивно ассимилирующие кремний из почвы, называются «кремнефилами». Особенно высоким содержанием кремнезема (более 50 % в золе) отличаются хвощи, папоротники и злаки. Зола вересковых и осоковых содержит более 40 % SiO_2 . В отдельных случаях в золе хвощей найдено до 96 % SiO_2 , зола хвои может содержать до 84 % кремнезема. Рекордсменом среди наземных растений также является рис – основной продукт питания многих народов Азии. В его сухом веществе содержится до 20 % кремнезема, а в золе шелухи – до 93 %. Последняя используется для получения двуоксида кремния, силиката натрия, карбида кремния, а также наполнителя полимерных материалов и как источник

кремнезема при изготовлении керамики (по 3).

В сухом веществе основных зерновых культур, возделываемых в средней полосе России, содержание кремния варьирует от 0,70 до 12,7 %, в том числе пшеницы до 5,5 %, озимой ржи до 3,5 %, овса до 12,7 %, ячменя до 6,7 %, сахарной свеклы до 0,7 %, люцерны до 0,75 %.

Тем не менее, долгое время исследователи считали кремний ненужным растениям. И даже до настоящего времени в учебниках по агрохимии кремний относится к элементам, условно необходимым растениям. Доводом при этом являлось то, что растения удавалось выращивать на питательных средах без кремния. Только исследования, проведенные с тщательно очищенными реактивами и в парафинированных (или платиновых) сосудах позволили установить, что кремний необходим растениям и без него растения плохо развивались, развивались различные заболевания и т.д. В 1922 году В.И. Вернадский отнес кремний к элементам – биофилам, безусловно необходимым растениям (2).

Однако, невзирая на то, что кремний поглощается растениями в количествах, часто превышающих величину поступления азота, фосфора и калия, количество исследований, касающихся механизмов поступления в растения и его функциональной роли в растениях крайне мало.

Ассимиляция кремния растениями носит как пассивный (механический), так и активный (метаболический) характер. В первом случае кремний в форме водного раствора кремнекислоты (монокремниевой кислоты) попадает в транспирационные потоки чисто физическим путем за счет пассивной диффу-

Таблица. Содержание общего кремния в различных органах ячменя (% от сухой массы). Матыченков В.В., 2008 г.

Орган растения	Контроль	Поглощенный Si через корни	Поглощенный Si через листья
Лист	$1,32 \pm 0,02$	$1,52 \pm 0,02$	$1,58 \pm 0,02$
Стебель	$0,92 \pm 0,02$	$1,03 \pm 0,02$	$1,05 \pm 0,02$
Корень	$1,54 \pm 0,02$	$1,93 \pm 0,02$	$1,84 \pm 0,02$

зии и переноса массы, концентрируясь вдоль проводящих сосудов и в периферийных тканях растений. Во втором случае его ассимиляция является физиологическим процессом, приводящим к образованию органических производных кремния и его отложению в специфических тканях растений.

Исследования В.В. Матыченкова (2008) показали, что растения поглощают низкомолекулярные кремниевые кислоты и их анионы не только через корневую систему, но и поверхность листьев, если опрыскивать их кремнийсодержащими водными растворами (таблица).

Этот же автор обращает внимание на высокую химическую активность растворимых соединений кремния. Известно, что матрицы геля кремниевых кислот могут играть роль катализатора для ряда реакций, которые необходимы при органическом синтезе: реакций циклизации, перестановки функциональных групп, восстановления, окисления, конденсации, гидратации, дегидратации, формулирования, защиты функциональных групп и т.д.

Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция корневой системы. Оптимизация кремниевого питания приводит к увеличению массы корней (6) их общей и рабочей адсорбирующей поверхности (4). В опытах В.В. Матыченкова при улучшении кремниевого питания растений количество вторичных и третичных корешков увеличивалось на 20–100 % и более.

Оптимизация кремниевого питания положительно влияет на ряд физиолого-биохимических показателей растительной клетки, механизм которых до конца не раскрыт. Предполагается его связь с изменением активности ферментов: Si усиливает фотосинтез растений, повышая устойчивость молекул хлорофилла, воздействует на азотный, фосфорный и калийный обмены (1).

Основной функцией Si в растениях является повышение их устойчивости к любым неблагоприятным условиям. Он способствует

повышению засухоустойчивости растений, устойчивости к поражению грибными заболеваниями, насекомыми вредителями, полеганию, низким или высоким температурам. При этом доминирующей гипотезой является способность кремния укреплять стенки эпидермальных клеток растений, создавая механический барьер на пути насекомых-вредителей, предотвращая полегание и способствуя более экономному расходованию воды (7).

По мнению В.В. Матыченкова (2008) в растениях существует кроме механической также биохимическая защита, обусловленная подвижными кремниевыми соединениями. Активные формы кремния способствуют быстрому и направленному синтезу специфических органических молекул внутри растительной клетки, которые помогают растению преодолеть или адаптироваться к стрессу. Последнее частично подтверждается и тем, что содержание кремния возрастает в тканях живых организмов, подверженных стрессу. Разнообразие растений (как кремнефилов, так и некремнефилов), положительно отзывающихся на дополнительное питание кремнием, показывает, что защитная функция кремния универсальна.

Из вышеизложенного вытекает важнейший вывод о возможности частичной замены средств защиты растений кремнийсодержащими удобрениями. Проведенные нами исследования подтверждают данную гипотезу.

Так, применение диатомита и комплексов K1 и K2 на его основе в качестве кремниевого удобрения способствовало снижению пораженности растений сахарной свеклы церкоспорозом на 29–36 % в сравнении с контролем, тогда как использование СЗР на фоне минеральных удобрений – только на 11 %. Диатомитовый порошок при применении как отдельно, так и с биологическими перепаратами способствовал снижению заболеваемости корневыми гнилями ячменя до 25 %.

Литература:

1. Алешин Н.Е. Кремниевое питание риса // Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство, 1982. № 6. С. 9–14.
 2. Вернадский В.И. Избранные сочинения. М.: Наука, 1954, 1960. Т. 1–4.
 3. Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц Э.Л. Кремний и жизнь. Рига: Зинатне, 1978. 587 с.
 4. Кудинова Л.И. Влияние кремния на рост, величину площади листьев и адсорбирующую поверхность корней растений // Агрохимия, 1975. № 10. С. 117–120.
 5. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение. Автореф. на соискание ученой степени доктора биологических наук. Пущино, 2008. 34 с.
 6. Adatia M.H., Besford R.T. The effects silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution // Ann. Bot., 1986. V. 58. P. 343–351/
 7. Yoshida S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant // Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., 1965. Ser. B. № 15. P. 1–58/
-

УДК 633.112.9

**ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА
И МИКРОУДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРИТИКАЛЕ
INFLUENCE OF NOT ROOT TOP DRESSING BY REGULATORS
OF GROWTH AND MICROFERTILIZERS
ON EFFICIENCY TRITICOCECALE WITMACK**

А.Н. Кушникаткина, О.Р. Баткаева

A.N.Kshnikatkina, O.R.Batkaeva

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

Penza state agricultural academy

In article the data about influence of extraroot top dressing by growth regulators on efficiency summer tritikale is presented.

На протяжении своего онтогенеза растения требуют постепенно нарастающей концентрации питательных веществ, изменения их состава, сочетания и соотношения между отдельными элементами пищи. Поэтому в целях создания для растений оптимальных условий питания на протяжении всего вегетационного периода необходимо правильное сочетание основного удобрения и подкормок. Самохвалов Г.К. (1955) и Авдонин Н.С. (1960) отмечают, что подкормка вегетирующих растений никогда не утратит своего важного значения в правильной системе удобрений. Мацков Ф.Ф. (1957) заключает, что применением подкормок вегетирующих растений мы можем на ходу усилить слабые звенья питания, по своему желанию изменять направленность работы ферментов, а значит и характер внутриклеточного обмена, воздействуя тем самым на рост и развитие растительного организма, то есть

управлять процессом образования урожая.

Нами в течение трех лет проводились исследования по выявлению эффективности применения Супер Гумисола и Байкал ЭМ-1 при подкормке вегетирующих растений ярового тритикале в разные фазы развития.

Установлено, что регуляторы роста и микроудобрения усиливают нарастание листовой поверхности. Так, при обработке посевов регуляторами роста и микроудобрениями в фазу кущения площадь листьев по отношению и контролю увеличилась на 3,2 - 7,3 тыс.м/га, колошения - 4,9 - 12,1 тыс. м²/га, при двойной обработке посевов в фазу кущения и колошения - 6,9 - 15,0 тыс. м/га. Наибольшую площадь листьев посевы ярового тритикале сформировали при всех сроках некорневой обработки комплексными микроудобрениями ПОЛИ-ФИД совместно с препаратом Байкал ЭМ-1 - 47,9 - 55,6 тыс.м²/га.