

УДК 634.75:631.671

## ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО СТАТУСА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Н.А. САМОЙЛЕНКО, Т.Г. САМОЙЛЕНКО

(Кафедра селекции и семеноводства плодовых,  
овощных и декоративных культур)

**Изучали параметры, характеризующие водообмен земляники садовой в период активной вегетации. Установлено, что земляника обладает достаточно высокой адаптивной реакцией к меняющимся условиям водоснабжения, причем в наибольшей степени показатели варьируют в летние месяцы, когда напряженность водного обмена наибольшая. Существенных сортовых различий в параметрах сосущей силы клеток корневой системы не обнаружено, что дает основание предполагать о родовой предопределенности данного физиологического показателя. Установлены достаточно высокие амплитуды колебаний концентрации клеточного сока в листьях земляники в течение вегетационного периода, что может быть связано как с водообеспеченностью растений, так и с физиологическими особенностями культуры.**

Водный статус растений складывается из двух основных процессов: поглощения и расходования влаги. В биохимических реакциях, как правило, используется не более 1% воды, которая поглощается корневой системой растения в процессе метаболизма. Основная масса воды испаряется, создавая таким образом восходящий поток питательных веществ и связывая органы растения в единую систему [ 1, 2, 3, 7].

Процесс передвижения воды возможен только при наличии градиента водного потенциала. Суммарный поток всегда направлен в сторону меньшего водного потенциала. Таким образом, для нормального водного статуса растения необходимо, чтобы в системе почва-растение-воздух максимальный водный потенциал был в почве, ниже — в тканях растения и самый низкий — в воздухе. При этом атмо-

сфера характеризуется очень низким значением водного потенциала, который связан логарифмической зависимостью с относительной влажностью воздуха [7, 9]. Депрессия водного потенциала, в свою очередь, обуславливает присасывающую силу атмосферы и интенсивность испарения воды как с поверхности растений, так и из почвы.

Водоснабжение растительного организма зависит главным образом от количества воды в почве, силы, с которой вода в почве удерживается, а также возможности растений извлекать воду из почвы. Присасывающая сила почвы сильно возрастает при высыхании, когда поры с широкими просветами становятся пустыми, и только тонкие поры еще содержат капиллярную воду. Динамика этого процесса в значительной степени обусловлена структурой почвы [3, 4, 7, 9].

Основным механизмом, обеспечивающим возникновение градиента водного потенциала в растениях, является процесс испарения воды листьями. На транспирацию влияют как физиолого-биохимические особенности растений, так и складывающиеся факторы внешней среды (температура, влажность воздуха и почвы, уровень минерального питания и т.д.).

При выращивании растений в условиях недостаточ-

ного увлажнения почвы и при постоянном дефиците насыщения воздуха водяными парами наиболее радикальным способом поддержания нормального водного статуса растений является орошение. Для повышения эффективности выращивания культуры при орошении необходимо установить интервалы влажности почвы, благоприятные для роста и развития, а также показатели физиологического состояния растений, по которым можно определять необходимость полива [5, 6, 10].

Целью настоящих исследований являлось изучение ряда физиологических параметров (сосущая сила клеток коревой системы, концентрация клеточного сока листьев), которые характеризуют водообмен земляники в период ее активной вегетации в природно-климатических условиях южной степи Украины, и установления экспериментальным путем интервалов влажности почвы, при которых все фазы вегетации изучаемой культуры проходят без водного дефицита.

## Методика

Исследования проводили в Николаевской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции в 1995-1997 гг., а также на опытном поле филиала Ни-

колаевского Государственного аграрного университета в 1999-2002 гг. Подготовку участка, посадку, уход, учеты и наблюдения за растениями проводили согласно общепринятым методикам и рекомендациям по возделыванию земляники. Почва — чернозем южный среднесуглинистый, достаточно обеспеченный элементами минерального питания. Предшественник — черный пар. Посадку осуществляли весной свежевыкопанной рассадой. Система размещения растений — однострочная (100x20 см). В последующем формировали «плодовую полосу» из вновь сформировавшихся дочерних розеток. Участок орошаемый.

В качестве объекта исследований изучали районированные для степной зоны Украины различные сорта земляники: раннеспелые — Десна, Крымская ранняя, Львовская ранняя; среднеспелые — Источник, Фестивальная ромашка; среднепоздние — Арника, Ред Гонтлет, Зенга Зенгана.

Для определения сосущей силы клеток корневой системы подбирали раствор, с которым растительная ткань находилась в состоянии водного равновесия. Осмотический потенциал такого раствора принимали равным водному потенциалу исследуемо-

го объекта. При этом учитывали, что водный потенциал характеризует сосущую силу растительной ткани [2, 3, 9]. В качестве осмотически действующего агента использовали сахарозу. Готовили серию растворов с градиентом осмотического потенциала 0,02 мПа путем разбавления более концентрированного раствора. Равновесие между тканью и раствором устанавливали за 60 мин. О направлении водообмена судили по изменению концентрации раствора после пребывания в нем ткани с помощью рефрактометра. Величину сосущей силы определяли по специальным таблицам, в которых показаны соответствия между концентрацией сахарозы и осмотическим давлением этого раствора [8]. В качестве исследуемой ткани использовали 3-4-сантиметровые отрезки тонких корней земляники текущего года.

Концентрацию клеточного сока определяли в свежесрезанных листьях среднего яруса с помощью рефрактометра, используя рефрактометрические таблицы [8]. Разрушение клеточных мембран производили воздействием низких температур, для чего образцы погружали в жидкий азот, а затем отжимали сок с помощью ручного пресса.

## Результаты

В исследуемом регионе в период активной вегетации земляники (апрель — октябрь) относительная влажность воздуха чаще всего не превышает 70%, при этом в течение 44~50 дней она составляет ниже 30% при среднесуточной температуре 21-22 С. И только в течение 13—15 дней относительная влажность воздуха равна более 80%. Таким образом, в условиях северного Причерноморья Украины земляника садовая проходит основные фазы вегетации, когда депрессия водного потенциала атмосферы очень часто достигает 80000 кПа и ниже, что существенно осложняет поддержания водообмена растений без водного дефицита.

Почвы региона (чернозем южный среднесуглинистый) имеют тонкодисперсную структуру со всеми переходами между средними и тончайшими порами. Такая структура обуславливает постепенное снижение влажности почвы и ее водного потенциала по мере уменьшения в ней содержания воды.

При уменьшении содержания в почве влаги извлечение воды возможно за счет увеличения сосущей силы корневой системы растений, притока воды из участков почвы, свободной от корней, а также благодаря увеличению актив-

ной поверхности постоянно растущей корневой системы.

У земляники садовой в культуре основная масса корней размещена на глубине не более 30-40 см. Исходя из принятых схем посадки и системы ведения насаждений рост активной поверхности корневой системы ограничен. Поэтому увеличение сосущей силы корней является одним из основных факторов, способствующих извлечению воды при возрастающей депрессии водного потенциала почвы.

Интенсивное отрастание вегетативных органов земляники в Причерноморском регионе обычно возобновляется в I декаде апреля. В южной степи Украины решающее влияние на содержание воды в почве в марте-апреле оказывают абиотические факторы осенне-зимнего сезона, в первую очередь количество выпадающих осадков. В этот период влажность почвы находится в пределах 22-24%.

Среднесуточная температура апреля достигает 9—10 С, а относительная влажность воздуха находится на уровне 75%, сумма месячных осадков составляет 30-35 мм. В начальный период вегетации такие гидротермические условия обеспечивают прохождение жизненно важных процессов в насаждениях земляники без дополнительного орошения.

По нашим данным, в апреле сосущая сила клеток корневой системы различных сортов земляники была в пределах 600-900 кПа (таблица). Этого было вполне достаточно для извлечения из суглинистой почвы большей части связанной воды.

При уравновешенном водном балансе растений поглощение, проведение и расходование воды гармонично согласованы друг с другом. Как только поступление воды перестает покрывать ее потерю в результате транспирации, водный баланс становится отрицательным. Это проявляется в уменьшении оводненности тканей и снижении водного потенциала. В первую очередь изменения наступают в листьях — местах самого сильного испарения и органах, наиболее удаленных от корней.

Одним из основных показателей, определяющих вод-

ный потенциал клеток, является концентрация клеточного сока, которая меняется в зависимости от жизненного состояния растений, фазы развития, особенностей органа и тканей.

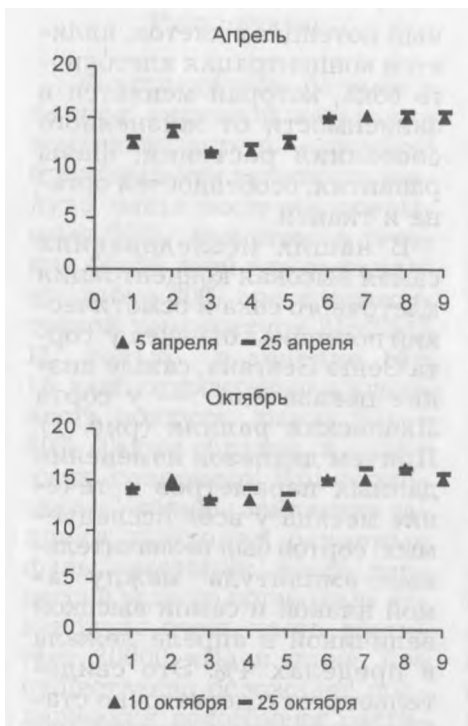
В наших исследованиях самая высокая концентрация клеточного сока и осмотический потенциал отмечен у сорта Зенга Зенгана, самые низкие показатели — у сорта Львовская ранняя (рис. 1). Причем диапазон изменения данных параметров в течение месяца у всех исследуемых сортов был незначительным, амплитуда между самой низкой и самой высокой величиной в апреле лежала в пределах 4%. Это свидетельствует о достаточно стабильном водном статусе растений.

Активное плодоношение земляники в изучаемом регионе начинается в мае (у раннеспелых и среднеспелых

Т а б л и ц а 1

Сосущая сила клеток корневой системы в начале вегетации растений апрель (кПа)

Сорт	5 апреля	10 апреля	25 апреля
Десна	706,1	825,2	765,2
Крымская ранняя	647,8	706,1	706,1
Львовская ранняя	765,2	647,8	706,1
Русановка	706,1	765,2	706,1
Источник	706,1	825,2	706,1
Фестивальная ромашка	825,2	825,2	765,2
Арника	825,2	886,0	825,2
Ред Гонтлет	647,8	765,2	706,1
Зенга Зенгана	947,6	886,0	947,6



**Рис. 1.** Концентрация клеточного сока в листьях земляники в период выращивания без полива, %.

1 — Десна, 2 — Крымская ранняя, 3 — Львовская ранняя, 4 — Русановка, 5 — Источник, 6 — Фестивальная ромашка, 7 — Арника, 8 — Зенга Зенга, 9 — Ред Гонтлет

сортов — во II декаде, а позднеспелых — в III декаде). Среднесуточная температура мая составляет 16-17 С, влажность воздуха — 60-70%, осадков в среднем выпадает 40-45 мм. В этот период наблюдается быстрая потеря влаги из почвы, что

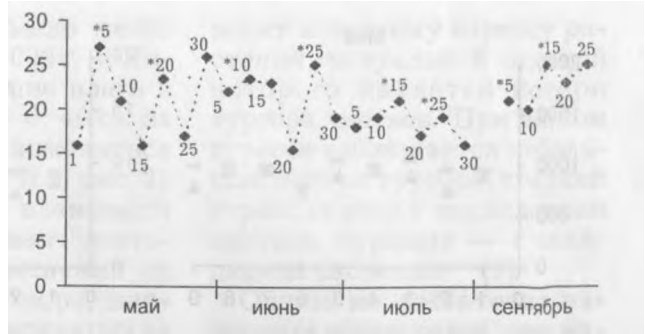
связано, вероятно, с возрастанием градиента водного потенциала в системе почва-растение-атмосфера из-за складывающихся погодных условий. Не менее важным фактором является также интенсификация водообмена растений, обусловленная высокой метаболической активностью земляники в генеративную фазу.

В начале мая в почве на глубине активного распространения корневой системы обычно содержится не более 15-16% влаги, что способствует увеличению ее присасывающей силы (рис. 2). Вода становится менее доступной для растений. В связи с этим в этот период большое значение имеют адаптационные возможности растений, в частности, способность к увеличению сосущей силы корневой системы.

Было установлено, что ткани корневой системы земляники при содержании в почве 15-16% влаги развивают сосущую силу около 1000 кПа (рис. 3). При такой величине сосущей силы градиент водного потенциала в системе почва — корень — растение составляет около 400 кПа, что позволяет растению достаточно легко поглощать воду из почвы. Дальнейшее уменьшение влажности почвы приводит к резкому уменьшению ее водного

Рис. 2. Динамика влажности почвы в период активной вегетации земляники, %

\* Через сутки после полива.

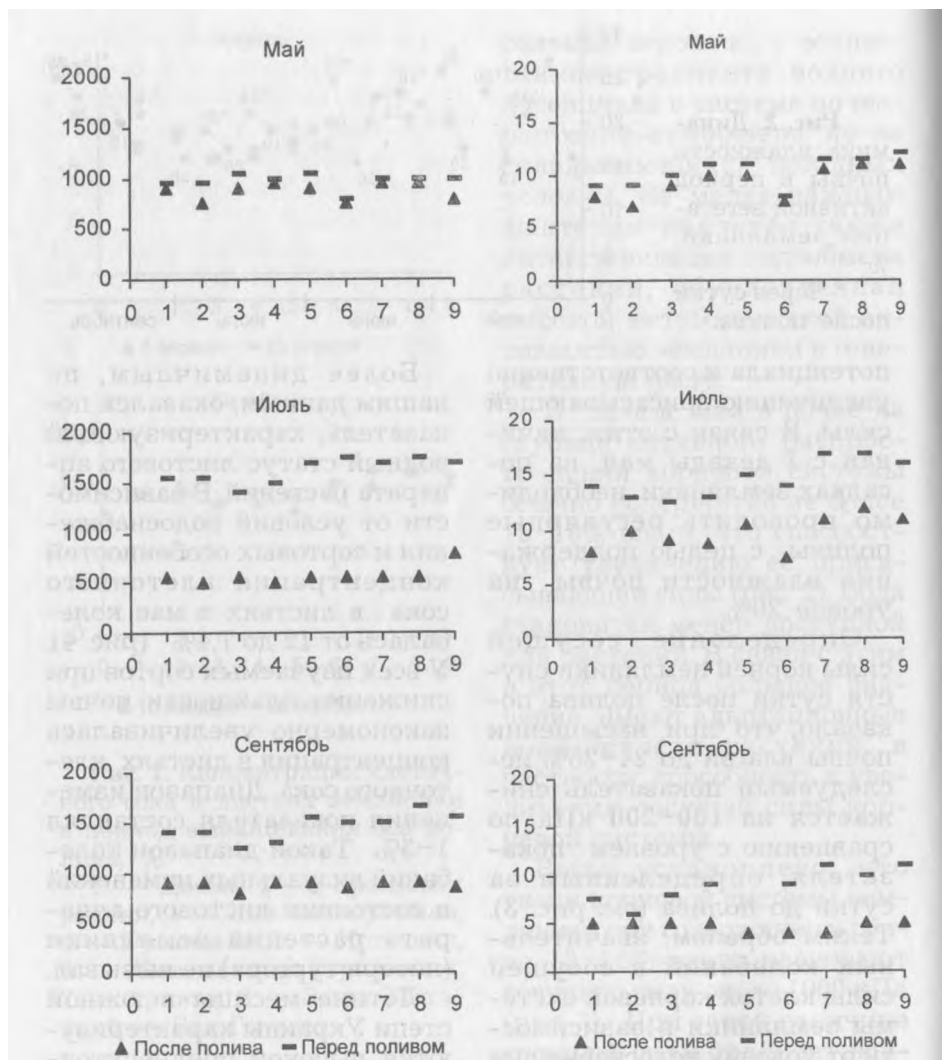


потенциала и соответственно увеличению присасывающей силы. В связи с этим, начиная с I декады мая, на посадках земляники необходимо проводить регулярные поливы с целью поддержания влажности почвы на уровне 20%.

Определение сосущей силы корней земляники спустя сутки после полива показало, что при насыщении почвы влагой до 24-25% исследуемый показатель снижается на 100-200 кПа по сравнению с уровнем показателя, определенным за сутки до полива (см. рис. 3). Таким образом, значительных колебаний в сосущей силе клеток корневой системы земляники в зависимости от условий водоснабжения обнаружено не было. Следует отметить, что у различных сортов также не наблюдалось достоверной разницы по этому показателю. Очевидно, величина и динамика сосущей силы корней является родовой, а не сортовой особенностью земляники.

Более динамичным, по нашим данным, оказался показатель, характеризующий водный статус листового аппарата растений. В зависимости от условий водоснабжения и сортовых особенностей концентрация клеточного сока в листьях в мае колебалась от 12 до 7,4% (рис. 4). У всех изучаемых сортов при снижении влажности почвы закономерно увеличивалась концентрация в листьях клеточного сока. Диапазон изменения показателя составлял 1-3%. Такой диапазон колебаний визуальных изменений в состоянии листового аппарата растений земляники (потеря тургора) не вызывал.

Летние месяцы в южной степи Украины характеризуются высокой среднесуточной температурой воздуха (20-23 С) и самой низкой относительной влажностью воздуха в году (64-65%). При этом в течение 40-45 дней относительная влажность воздуха бывает ниже 50%. В таких условиях при среднемесячной сумме осадков



**Рис. 3.** Сосушая сила клеток корневой системы земляники в период активной вегетации, кПа  
 1 — Десна, 2 — Крымская ранняя, 3 — Львовская ранняя, 4 — Русановка, 5 — Источник, 6 — Фестивальная ромашка, 7 — Арника, 8 — Зенга Зенгана, 9 — Ред Гонтлет

**Рис. 4.** Концентрация клеточного сока в листьях земляники в период активной вегетации, %  
 1 — Десна, 2 — Крымская ранняя, 3 — Львовская ранняя, 4 — Русановка, 5 — Источник, 6 — Фестивальная ромашка, 7 — Арника, 8 — Зенга Зенгана, 9 — Ред Гонтлет



14-24 мм, что имело место в 1991-1996 г. и 2002 г. (г. Николаев), содержание влаги в почве на глубине 0-40 см за 5-7 дней может измениться от 25 до 14-15% (см. рис. 2). Такая динамика влажности почвы обуславливает достаточно резкие изменения ее присасывающей силы, депрессия водного потенциала достигает величины 1500—2000 кПа, что делает воду практически не доступной для большинства мезофитов.

Земляника способна увеличивать сосущую силу клеток корней до значений порядка 1600-1800 кПа (см. рис. 3), что все же затрудняет ей легко извлекать влагу из почвы при такой депрессии водного потенциала. Поэтому при влажности почвы 14-15% на растениях появились признаки водного дефицита (потеря тургора листьев). Для поддержания нормального водообмена в летние месяцы, как правило, требуются регулярные поливы с увлажнением слоя почвы 0-40 см до 70% полевой влагоемкости.

У мезофитов, к которым относится земляника, очень чувствительны к обезвоживанию надземные органы. Водный дефицит вызывают прогрессирующее обезвоживание протопласта и нарушение его физиологических функций. Снижение содержания воды в клетках при-

водит к водному стрессу растений, визуальной оценкой которого является потеря тургора листьев. При мягком стрессе наблюдается небольшая потеря тургора, средний стресс связан с подвяданием листьев, суровый — с завяданием растений [9].

Одним из достаточно надежных показателей, отражающих условия обеспечения растений влагой, является концентрация клеточного сока растительных тканей. Концентрация осмотически активных веществ в клетках при недостатке воды очень быстро возрастает. Климатические факторы, характерные для середины лета в северном Причерноморье, обуславливают особую напряженность водного обмена растений. В этот период концентрация клеточного сока в листьях земляники между поливами может повышаться в 1,5—2,0 раза (см. рис. 4). Это приводит к подвяданию листьев и может оцениваться как средний водный стресс. Следует отметить, что позднеспелые сорта отличаются более высокой концентрацией осмотически активных веществ в листьях как через сутки после полива, так и при появлении признаков водного дефицита. От концентрации осмотически активных веществ зависят величина потенциального осмотического давления и способность тка-

ней удерживать воду. Вероятно, именно этим можно объяснить большую устойчивость к недостатку влаги сортов Зенга Зенгана, Ред Гонтлет и Арника.

У раннеспелого сорта Десна мягкий водный стресс у растений наблюдался уже при концентрации клеточного сока в листьях 10—11%, который выражается в небольшой потере тургора, особенно в полуденный период. При повышении концентрации осмотически активных веществ до 15-16% происходило завядание растений, в большинстве случаев растения погибали даже после обильного полива

Таким образом, в летние месяцы при 12~14% концентрации клеточного сока в листьях земляники необходимо проводить поливы. Дальнейшее повышение концентрации осмотически активных веществ может привести к суровому водному стрессу и завяданию растений.

Напряженность водного обмена, как правило, в исследуемом регионе сохраняется до конца августа. В начале сентября заметно уменьшается длина дня, падает среднесуточная температура и увеличивается относительная влажность воздуха (70-75%). В сентябре достаточно полить почву 2-3 раза в месяц с насыщенностью водой 70-75% полевой

влагоемкости. Такие поливы поддерживают относительно низкую влажность почвы не ниже 20%, что обеспечивает депрессию водного потенциала почвы около 100—150 кПа.

Показатель сосущей силы клеток корней земляники в сентябре не опускается ниже 800-900 кПа ни у одного из изучаемых сортов. Такая сосущая сила клеток корневой системы позволяет растениям довольно легко извлекать воду из почвы. Одним из факторов, подтверждающих наличие достаточно активной нагнетающей деятельности корней, является регулярное выделение листьями земляники капельно-жидкой влаги. Процесс гутации особенно характерен для раннего сентябрьского утра, когда насыщенность воздуха водяными парами затрудняет процесс испарения.

В сентябре также отмечена одна из самых низких концентраций клеточного сока, полученного из листьев различных сортов. За сутки до полива этот показатель не превышал 11% и был около 5% через сутки после полива. Это, в свою очередь, может свидетельствовать о благоприятном водном режиме растений, а также о специфических особенностях физиологических процессов, характерных для земляники в нача-

ле осени. В осенний период нагрузка на маточные растения ослабевает в связи с прекращением процессов усообразования и активным укоренением розеток.

Резкое повышение концентрации клеточного сока в листьях всех изучаемых сортов наблюдалось во II декаде октября (см. рис. 1). Учитывая биологические особенности земляники как вечнозеленого нелистопадного растения, вполне вероятно, что увеличение концентрации клеточного сока является одним из эволюционных приспособлений, позволяющих переносить низкие температуры воздуха в зимний период.

### **Выводы**

1. Земляника обладает достаточно высокой адаптивной реакцией к меняющимся условиям водоснабжения, причем в наибольшей степени показатель сосущей силы клеток корневой системы растений варьирует в летние месяцы, когда напряженность водного обмена наибольшая. Максимальная сосущая сила клеток корневой системы, которая была установлена у активно вегетирующих растений, составляет 1800 кПа (I декада июля).

2. Более стабильными показателями водообмена отличаются клетки корневой системы земляники в начале и конце активной вегетации (ап-

рель и сентябрь). Это может быть связано с меньшим напряжением абиотических факторов в весенний и осенний периоды, а также с физиологическими особенностями метаболизма культуры в разные периоды онтогенеза.

3. Существенных сортовых особенностей в показателях сосущей силы клеток корневой системы не обнаружено, что дает основание предполагать о родовой предопределенности данного физиологического параметра.

4. Обнаружены достаточно высокие амплитуды колебаний концентрации клеточного сока в листьях земляники, что может быть связано как с водообеспечением растений, так и с физиологическими особенностями культуры. Высокая концентрация клеточного сока в октябре является, несомненно, приспособительным признаком земляники для адаптации к низким температурам в зимний период. Концентрация клеточного сока, подобная осенней, в летние месяцы является критической и сопровождается потерей тургора растений и проявлением водного стресса.

5. Установлены некоторые сортовые особенности земляники в параметрах, отражающих водный статус листа. Более позднеспелые сорта, такие как Зенга Зенгана, Ред Гонтлет и Арника, отлича-

ются в течение вегетации большей концентрацией осмотически активных веществ, что может быть одним из приспособительных признаков к пониженной влажности почвы. Данное обстоятельство следует учитывать не только при возделывании земляники, но и в селекционном процессе, в первую очередь при подборе родительских пар и выведении сортов для южного региона, отличающегося недостаточной степенью увлажнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водный и энергетический обмен растений / Под ред. Тарчевского И.А. Казань Изд-во Казанского ун-та, 1975. — 2. Водный обмен растений / Под ред. Тарчевского И.А., Жолкевича В.Н. М.: Наука, 1989. — 3. Зяла-лов А.А. Физиолого-термоди-

намический аспект транспорта воды по растению М.: Наука, 1984. — 4. Копилов В. Вирощування суниць в посушливих умовах Криму. Пропозиція, інформаційний щомкячник, 2002, № 8-9, с. 51-55. — 5. Крудь В.М. *и сотр.* Научные основы экологического земледелия. К.: Урожай. 1995. — 6. Кушниренко М.Д., Пичерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. К.: Штиинца, 1991. — 7. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. — 8. Методы биохимического исследования растений. / Под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. — 9. Пильщикова Н.В. Водный режим сельскохозяйственных культур. М.: Изд-во МСХА, 1993. — 10. Филиппов Л.А. Водный режим растений и диагностика полива. Новосибирск, Наука, 1982.

*Статья поступила  
10 апреля 2003 г.*

## SUMMARY

Parameters which characterize water exchange in garden strawberry during active vegetation were studied. It has been found that strawberry has high enough adaptive reaction to changing conditions of water supply, the indices varying mostly in summer months, when the tension of water exchange is the highest. No essential variety differences in parameters of sucking power of root system cells have been found, and in allows to suppose that this physiological index is of ancestral predestination. Quite high amplitudes of fluctuations in concentration of cell juice in strawberry leaves have been found during vegetative period, which may be connected both with water supply of plants and with physiological specific features of the crop.