

Дж. С. АЛЕКСАНИЯ, С. А. КАРАПЕТЯН

## КОНЦЕНТРАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

Концентрация питательного раствора оказывает многостороннее влияние на растения [1—3]: поглощение корнями питательных веществ, воды, изменения соотношений поглощаемых ионов, рост, развитие и, наконец, на продуктивность растений [4—8].

Изучение влияния концентрации питательного раствора на водный режим растений в условиях гидропоники явилось предметом наших исследований.

Растения подпитывались один или два раза в день питательными растворами одинакового состава [9], но с различной общей концентрацией: 1,0; 2,0; 3,0 и 6,0 граммов солей на литр воды. pH раствора поддерживали в интервале 5,5—6,0. Объектами исследования были помидоры сорта «Масис—202» и перец сорта «Слоновый хобот».

В листьях растений определяли: содержание общей воды (высушиванием до постоянного веса при 105°C), свободной воды (10), с применением 30%-ного раствора сахарозы, связанной воды—по разности между общей и свободной водой, интенсивность транспирации по Л. А. Иванову и др. [11], осмотическое давление клеточного сока по методу Гусева [10].

Все определения велись в трехкратном повторении на листьях среднего яруса.

Данные содержания общей, свободной и связанной воды (в % от общего содержания) в листьях помидора и перца приведены в табл. 1 и 2. Показано, что в различных вариантах опыта общее содержание воды в листьях изменялось незначительно.

Наблюдались изменения в содержании свободной и связанной воды. С повышением концентрации питательного раствора (особенно при 3-кратном увеличении концентрации, т. е. при 3 г/л) отношение свободной воды к связанной становится меньше. Очевидно, повышение концентрации питательного раствора приводит к снижению скорости активного поглощения воды корнями и проницаемости клеток корня для воды [12]. Вследствие этого угнетаются ростовые процессы и снижается продуктивность растения (табл. 3). Растения, получившие два полива, содержали в своих тканях значительно больше свободной воды, но меньше связанной, по сравнению с растениями, получившими один полив.

На основании литературных данных можно полагать, что повышение содержания связанной воды при недостаточной частоте полива может происходить вследствие увеличения гидрофильных коллоидов и качественного изменения белков протоплазмы [13—17].

Фрикционный состав воды у различных растений меняется по-разному. По сравнению с помидорами перец содержит в своих клетках больше связанной и меньше свободной воды. По мнению многих авто-

ров [15, 18, 19], свободная и связанная формы воды обладают различными физическими свойствами и имеют разное физиологическое значение. Связанная вода, которая обуславливает высокую гидрофильность и стойкость растений к неблагоприятным условиям водного режима, в наших опытах вполне определенно преобладает в листьях перца.

Закономерные изменения в содержании воды в листьях растений наблюдаются в течение дня (табл. 1, 2). Так, например, количество свободной воды у растений во всех вариантах уменьшается в полдень, а связанной, наоборот, увеличивается. Это, видимо, связано с интенсивностью транспирации растений.

Таблица 1

Изменение некоторых показателей водного режима листьев помидоров в зависимости от концентрации питательного раствора и водообеспеченности (в числителе—растения поливались два раза в день; в знаменателе—один раз в день)

| Показатели                                                      | 10 час                                          |              |              |              | 13 час       |              |              |              | 16 час       |              |              |              | 19 час       |              |              |              |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                                 | Общая концентрация питательного раствора г/литр |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                                                 | 1.0                                             | 2.0          | 3.0          | 6.0          | 1.0          | 2.0          | 3.0          | 6.0          | 1.0          | 2.0          | 3.0          | 6.0          | 1.0          | 2.0          | 3.0          | 6.0          |
| Общая вода<br>% сырого<br>веса                                  | 87.2<br>85.3                                    | 87.4<br>85.2 | 85.1<br>84.7 | 86.4<br>84.4 | 84.7<br>85.5 | 84.3<br>85.0 | 83.5<br>84.5 | 85.4<br>86.2 | 85.7<br>84.8 | 85.6<br>85.1 | 85.3<br>84.6 | 85.7<br>86.0 | 86.7<br>84.6 | 86.1<br>85.1 | 85.3<br>85.1 | 85.7<br>86.5 |
| Свободная<br>вода, % сы-<br>рого веса                           | 78.9<br>76.7                                    | 77.2<br>74.3 | 73.6<br>63.3 | 76.9<br>72.2 | 70.9<br>74.5 | 69.2<br>74.0 | 60.4<br>65.6 | 68.7<br>73.0 | 72.8<br>71.1 | 71.8<br>70.6 | 65.7<br>54.7 | 71.4<br>55.1 | 75.8<br>59.2 | 73.5<br>56.3 | 64.4<br>51.5 | 75.4<br>54.1 |
| Связанная<br>вода,<br>% сырого<br>веса                          | 8.3<br>8.6                                      | 10.2<br>10.9 | 11.5<br>21.4 | 9.5<br>12.2  | 13.5<br>11.0 | 15.1<br>12.0 | 23.1<br>18.9 | 16.7<br>13.2 | 12.9<br>13.7 | 13.8<br>14.5 | 19.6<br>29.9 | 14.3<br>30.9 | 10.9<br>25.4 | 12.6<br>28.8 | 20.9<br>33.6 | 10.3<br>32.4 |
| Отношение<br>свободной<br>воды к<br>связанной                   | 9.5<br>8.9                                      | 7.6<br>6.8   | 6.4<br>2.9   | 8.1<br>5.9   | 5.1<br>6.8   | 4.6<br>6.1   | 2.6<br>3.5   | 4.1<br>5.5   | 5.6<br>5.2   | 5.2<br>4.9   | 3.3<br>1.8   | 5.0<br>1.8   | 6.9<br>2.3   | 5.8<br>2.0   | 3.1<br>1.5   | 7.3<br>1.7   |
| Осмотичес-<br>кое давле-<br>ние клеточ-<br>ного сока в<br>атм   | 5.12<br>5.28                                    | 5.43<br>5.64 | 6.08<br>6.61 | 5.33<br>5.76 | 5.76<br>5.58 | 6.17<br>5.72 | 7.78<br>7.02 | 6.41<br>5.80 | 5.64<br>6.08 | 5.96<br>6.22 | 7.13<br>8.26 | 6.17<br>7.02 | 5.38<br>6.51 | 5.72<br>6.77 | 7.13<br>8.50 | 5.47<br>7.18 |
| Интенсив-<br>ность транс-<br>пирации в<br>г м <sup>2</sup> /час | 281<br>210                                      | 259<br>199   | 195<br>120   | 225<br>150   | 375<br>379   | 345<br>360   | 240<br>278   | 273<br>315   | 386<br>308   | 360<br>293   | 263<br>188   | 293<br>255   | 233<br>260   | 206<br>247   | 173<br>200   | 221<br>206   |

Известно [15, 20, 21], что интенсивность транспирации находится в прямой связи не только с количеством свободной воды в листьях растений, но и с напряженностью метеорологических факторов; интенсивность транспирации находится в прямой зависимости от уровня солнечной радиации и температуры воздуха и в обратной—от степени влагонасыщения атмосферы, окружающей растения [15, 20].

Результаты наших опытов (рис. 1) показали, что интенсивность транспирации изменялась в течение дня у всех вариантов. При этом, в тесной зависимости от напряженности факторов среды, наименьшая интенсивность транспирации растений имеет место в утренние и вечерние часы, наибольшая—в полдень.

В табл. 1 и 2 показаны изменения интенсивности транспирации у листьев растений помидора и перца в течение дня при различных уров-

Таблица 2

Изменение некоторых показателей водного режима листьев перца в зависимости от концентрации питательного раствора и водообеспеченности (в числителе—растения поливались два раза в день; в знаменателе—один раз в день)

| концентрация питательного раствора (г/литр) поливались два раза в день; в знаменателе — один раз в день |                                                 |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |        |      |      |      |        |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|
| Показатели                                                                                              | 10 час                                          |      |      |      |      |      |      |      | 13 час |      |      |      | 16 час |      |      |      | 19 час |      |      |      |
|                                                                                                         | Общая концентрация питательного раствора г/литр |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |        |      |      |      |        |      |      |      |
|                                                                                                         | 1.0                                             | 2.0  | 3.0  | 6.0  | 1.0  | 2.0  | 3.0  | 6.0  | 1.0    | 2.0  | 3.0  | 6.0  | 1.0    | 2.0  | 3.0  | 6.0  |        |      |      |      |
| Общая вода, % сырого веса                                                                               | 81.8                                            | 82.4 | 81.2 | 82.1 | 80.2 | 81.3 | 78.0 | 81.9 | 80.8   | 81.5 | 79.9 | 82.0 | 81.0   | 81.8 | 79.5 | 80.5 | 78.8   | 79.6 | 78.8 | 80.5 |
| Свободная вода, % сырого веса                                                                           | 70.7                                            | 72.7 | 57.1 | 67.6 | 66.9 | 64.9 | 48.2 | 60.3 | 65.7   | 64.5 | 55.7 | 59.9 | 68.1   | 66.8 | 54.5 | 60.0 | 62.2   | 62.6 | 52.1 | 42.7 |
| Связанная вода, % сырого веса                                                                           | 11.1                                            | 9.7  | 24.1 | 14.5 | 13.3 | 16.4 | 29.8 | 21.6 | 15.1   | 17.0 | 24.2 | 22.1 | 12.9   | 15.0 | 25.0 | 20.9 | 16.6   | 17.0 | 27.3 | 38.8 |
| Отношение свободной воды к связанной                                                                    | 6.4                                             | 7.5  | 2.4  | 4.7  | 5.0  | 4.0  | 1.7  | 2.8  | 4.4    | 3.8  | 2.3  | 2.7  | 5.3    | 4.5  | 2.2  | 2.9  | 3.8    | 3.7  | 1.9  | 1.1  |
| Осмотическое давление клеточного сока в атм                                                             | 5.68                                            | 5.47 | 6.77 | 5.76 | 6.13 | 6.56 | 9.04 | 7.02 | 6.08   | 6.41 | 7.87 | 6.94 | 5.96   | 6.27 | 7.46 | 7.07 | 6.27   | 6.32 | 7.78 | 8.30 |
| Интенсивность транспирации в г м <sup>2</sup> /час                                                      | 240                                             | 248  | 158  | 203  | 338  | 315  | 208  | 236  | 326    | 300  | 221  | 229  | 206    | 199  | 150  | 183  | 176    | 173  | 93   | 116  |

Таблица 3

Урожай плодов (кг/м<sup>2</sup>) у растений помидора и перца в условиях гидропоники при различной концентрации питательного раствора (два полива в день)

| Концентрация питательного раствора | Урожайность растений, кг/м <sup>2</sup> |       |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------|
|                                    | помидоры                                | перец |
| 1.0 г/л/воды                       | 12.70                                   | 7.14  |
| 2.0 "                              | 17.83                                   | 7.64  |
| 3.0 "                              | 7.75                                    | 5.85  |
| 6.0 "                              | 3.25                                    | 3.18  |

нях водообеспеченности: две (вариант I) и одна (вариант II) подачи раствора. При более оптимальном водоснабжении (вариант I) интенсивность транспирации была выше, чем при однократном поливе (вариант II). В полуденные часы (13—16 час) при недостатке влаги (вариант II) интенсивность транспирации у растений понижается. Дневной ход транспирации в этом случае выражается одновершинной кривой. В оптимальных же условиях (вариант I) дневная динамика транспирации выражается двухвершинной кривой. Снижение интенсивности транспирации в полуденные часы, когда сильно возрастает напряженность факторов среды, объясняется, вероятно, тем, что интенсивность транспирации растений находится в прямой зависимости от

количества свободной воды в листьях и в обратной—от осмотического давления клеточного сока.

В вопросах водного режима растений большое значение придается осмотическому давлению клеточного сока листьев [16]. Последнее, как известно, является мерилем активности воды в растениях, показателем их потребности в воде [19, 22—24].

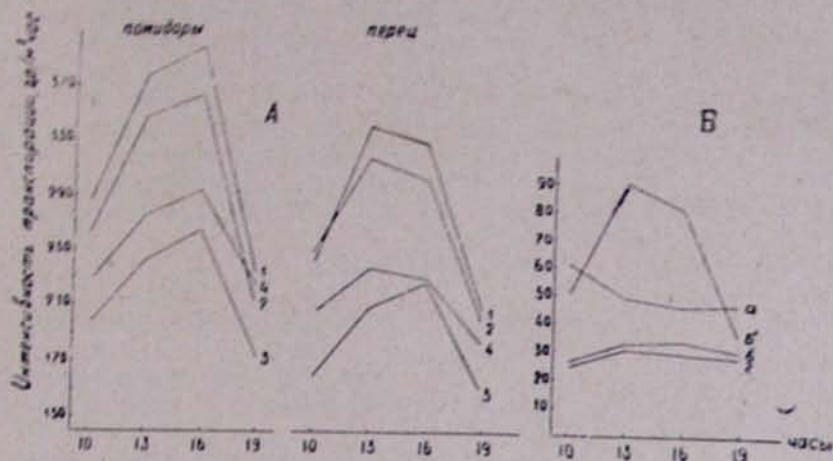


Рис. 1. Интенсивность транспирации у листьев гидропонических растений в зависимости от концентрации питательного раствора (А) и напряженности факторов среды (Б).

1—концентрация 1,0; 2—2,0; 3,0; 4—6,0 г на литр воды.

а) относительная влажность воздуха, %;

б) интенсивность освещения, в тыс. лк.;

в) температура воздуха, °C;

г) температура наполнителя, °C.

Наши опыты показали, что с возрастанием концентрации питательного раствора закономерно возрастает и осмотическое давление клеточного сока листьев. Сравнительно высокое давление отмечено при концентрации питательного раствора 3 г солей на литр воды. Однако при дальнейшем увеличении концентрации эта закономерность (особенно у помидора) нарушается. Это объясняется тем, что растения активнее поглощают питательные вещества из разбавленных растворов, а из сильно концентрированных растворов они поглощают больше воды, чем солей [1, 25—27].

Различная концентрация питательных веществ значительно отразилась и на продуктивности растений. Сравнительно высокая урожайность плодов была получена в варианте 2,0 г солей на литр воды (при увеличении всех питательных элементов в 2 раза). Дальнейшее увеличение концентрации питательных веществ в растворе снизило урожайность растений.

Таким образом, опыты показали, что у растений помидора и перца, выращенных при концентрации питательного раствора в 2,0 г соли на литр воды, наблюдается не только большее содержание свободной воды в листьях, увеличение соотношения свободной воды к связанной, более интенсивная транспирация и уменьшение осмотического давления клеточного сока, но и относительно высокая урожайность. Подобная картина наблюдается у растений, выращенных при концентрации пита-

тельного раствора 1,0 г солей на литр воды, однако урожайность растений в этом случае ниже.

Повышение концентрации питательного раствора от 3 до 6 г солей на литр воды изменяет положительное соотношение показателей водного режима, в результате — понижается продуктивность растений.

При различном уровне водообеспеченности растений (1 и 2 полива в день) изменяются соотношения форм воды в листьях. При оптимальном водоснабжении (два полива в день) содержание свободной воды в листьях значительно выше, чем при одном поливе в день. В последнем случае резко повышается количество связанной воды.

Наблюдалась также положительная зависимость между интенсивностью транспирации и содержанием свободной воды у растений в различных условиях выращивания.

Опыты показали, что растения перца более устойчивы к повышенным концентрациям питательного раствора, чем растения помидора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Д. А. Сабинин. Избранные труды по минеральному питанию растений, «Наука», М., 1971, стр. 111—117.
2. З. И. Журбицкий, В. Н. Хуан. Влияние концентрации питательного раствора на поглощение растениями элементов минерального питания. Физиология растений, т. 8, вып. 5, 1961, стр. 587—595.
3. З. И. Журбицкий. Водные культуры для выращивания овощей. Вестник АН СССР, № 5, 1962, стр. 70—74.
4. З. И. Журбицкий. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. «Наука», М., 1963, стр. 86—96.
5. Э. А. Алиев. Питательные растворы для выращивания рассады при беспочвенной культуре. Физиология растений, т. 17, вып. 1, 1970, стр. 182—188.
6. Э. А. Алиев. Выращивание овощей в теплицах без почвы. «Урожай», Киев, 1971, стр. 54—58.
7. Ю. А. Дюкарев, М. А. Буд. Опыт выращивания овощей гидропонным способом. Киев, 1971, стр. 8—16.
8. Н. П. Родников. Сб. «Выращивание овощей на искусственных питательных средах», Сельхозиздат, 1960, стр. 73—107.
9. Г. С. Давтян. «Гидропоника». В справ. книге по химизации сельского хозяйства, М., 1969, стр. 271—286.
10. Н. А. Гусев. Некоторые методы исследования водного режима растений, Л., изд-во АН СССР, 1960, стр. 15—18.
11. Л. А. Иванов, А. А. Силина, Ю. Л. Цельникер. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. Бот. журн., т. 35, № 2, 1950.
12. Е. А. Попова. Активное поглощение воды и проницаемость клеток корней хлопчатника для воды при различной водообеспеченности и концентрации питательного раствора. Сб. «Состояние воды и водный обмен культурных растений», «Наука», М., 1971, стр. 117—120.
13. В. А. Новиков. Исследование над засухоустойчивостью растений. Журн. опытной агрономии Юго-Востока, 9, вып. 2, 1931.
14. П. А. Генкель. Устойчивость растений к засухе и ее повышение. Труды Ин-та физиолог. растений АН СССР, 5, вып. 1, 1946.
15. Н. С. Петин. Физиология орошаемой пшеницы, М., изд-во АН СССР, 1959, стр. 203—220.
16. Н. С. Петин. Взаимосвязь водного режима и некоторых физиологических процессов растений и их продуктивностью в условиях различного водоснабжения. В сб. «Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью», М., изд-во АН СССР, 1963, стр. 3—23.

17. Н. А. Гусев. Физиология водообмена растений. В кн.: «Физиология сельскохозяйственных растений», изд-во МГУ, 1967.
18. Н. А. Максимов. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости. Водный режим и засухоустойчивость растений, изд-во АН СССР, 1952.
19. А. М. Алексеев. Водный режим растения и влияние на него засухи. Казань, Татариздат, 1948.
20. Н. А. Гусев. Взаимозависимость некоторых показателей водного режима растений и влияние на нее условий внешней среды. В сб.: «Водный режим растений в связи с обменом вещества и продуктивностью», М., изд-во АН СССР, 1963, стр. 43—50.
21. Х. Х. Енилеев, А. Р. Рахимов. Особенности водообмена в ранний период развития хлопчатника. В сб.: «Водный режим растений в связи с обменом вещества и продуктивностью», М., изд-во АН СССР, 1963, стр. 182—187.
22. T. A. Bennett, Clark, A. D. Greenwood, J. W. Barker. Water relations and osmotic pressure of plant cells. New Phytol., vol. 35, №4, 1936. p. 277—291.
23. H. Walter. The water economy and the hydration of plants. Gnn. Rev. Plant Physiol., Vol. 6, 1955. p. 239—252.
24. B. Slavik. Relationship between the osmotic potential of the cell sap and the water saturation deficit during the wilting of leaf tissue, Biol. Plant. Acad. Sci. Bohemoslov., 5. p. 258—254. 1963.
25. L. A. Richards, C. H. Wadleigh. Soil physical conditions and plant growth\* (B. T. Shaw, ed.). Academic Press, New York and London, 1952 (Инт. по С. Н. Рыжову. Сб. «Водный режим растений в связи с обменом вещества и продуктивностью», М., изд-во АН СССР 1963, стр. 294—298).
26. Э. Рассел. Почвенные условия и рост растений, М., ИЛ, 1955.
27. Ն. Ա. Մաքսիմով. Բույսերի ֆիզիոլոգիայի համառոտ դասընթաց, Հայպետհրատ, Երևան, 1951. էջ 261

2. Ս. ԱՇԽԱՆՅԱՆ, Ս. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

# ՄԱՆԳԱՐԱՐ ԼՈՒՍՈՒՅԹԻ ԽՏՈՒՅՈՒՆԸ ԵՎ ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՋՐԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄԸ ԲԱՅՈՒՅՑԱ ԱՆՀՈՂ ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա. մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել է սննդարար լուծույթի տարբեր խտությունների ղեկավարում (1,0, 2,0, 3,0, 6,0 գրամ աղեր 1 լ ջրում) լուիկի և պղպեղի ջրային ռեժիմը:

2,0 գ/լ աղեր պարունակող սննդարար լուծույթում աճող բույսերը բնութագրվել են ոչ միայն ջրային ռեժիմի լավ ցուցանիշներով (տերևներում ազատ ջրի մեծ քանակությամբ, ազատ և կապված ջրի միջև եղած ավելի մեծ հարաբերությամբ, տրանսպիրացիայի բարձր ինտենսիվությամբ, բջջալույթի օսմոտիկ ճնշման համեմատաբար փոքր մեծություններով), այլ նաև բույսերի բարձր արդյունավետությամբ: Այսպիսի պայմաններում մշակված բույսերի ջրային ռեժիմի ցուցանիշների և արդյունավետության միջև գոյություն ունի զրական համահարաբերակցություն:

Սննդարար լուծույթի ցածր (1,0 գրամ) և բարձր (3,0—6,0 գրամ աղեր 1 լ ջրում) խտություններում մշակված բույսերի ջրային ռեժիմի ցուցանիշները չեն ապահովել լուիկի և պղպեղի բարձր բերք:

ի տարբերություն լուծիկի, պղպեղի բույսերն ավելի դիմացկուն են սերնդարար լուծույթի բարձր խտություններում (3,0 և 6,0 գրամ աղեր 1 լ ջրում):

J. S. ALEXANYAN, S. A. KARAPETYAN

THE CONCENTRATION OF NUTRENT SOLUTION AND WATER  
REGIME OF TOMATO AND CAPSICUM PLANTS GROWN IN  
OPEN-AIR HYDROPONICS

Summary

The plants grown in a nutrient solution containing salts of 2,0 g/litre have both shown good indices of their water regime and high efficiency within which there exists a positive correlation. At very low (1g/l) and very high (3—6 g/l) concentrations of the nutrient solutions the plants have not guaranteed a higher yield of tomatoes and capsicums. In contrast to the tomato plants, the capsicums are sturdier in relation to the higher concentrations of the nutrient solutions.