

АНАЛИЗ КОНДЕНСАТОВ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ

Т.Я. ГЕХАЕВ*

Показано, что конденсаты транспирационных паров с.-х. растений содержат растворенные ионы минеральных веществ и поэтому не являются дистиллятом. По нашим данным, среди исследованных овощных культур наименьшие значения концентрации ионов в конденсате транспирации были в варианте с луком, наибольшие — с озимой пшеницей.

В рамках экологической программы ООН поставлена задача объединения национальных систем мониторинга в единую межгосударственную сеть — «Глобальную систему мониторинга окружающей среды». Назначение этой системы — осуществление мониторинга за изменениями в окружающей среде на Земле в целом, т. е. решение общечеловеческих экологических проблем [4].

Взаимодействие человека с окружающей природной средой вызвало множество отрицательных последствий, что диктует необходимость последовательного формирования равновесного природопользования. Только при этом условии может быть достигнут разумный баланс во взаимодействии человека и природы, обеспечено грамотное использование естественного базиса развития производительных сил [7].

Районы с.-х. использования характеризуются специфическим набором техногенных воздействий на геологическую среду, что необходимо учитывать при организации наблюдательной сети мониторинга.

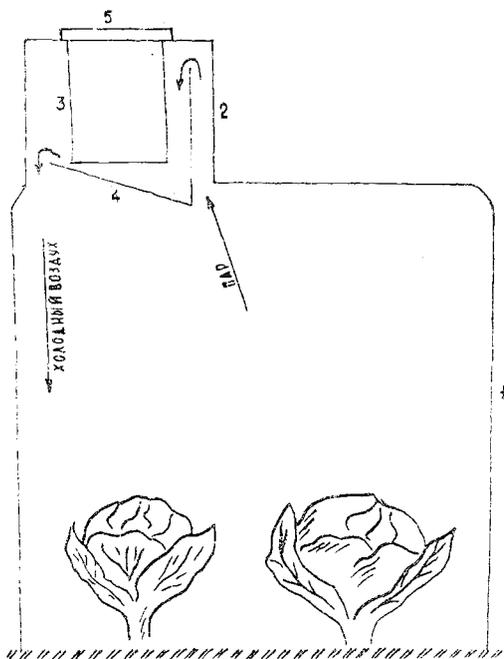
Выращивание множества с.-х. культур предполагает использование часто принципиально различных агротехнических приемов, внесение разных по составу удобрений, разных режимов полива и т. д. [4].

Цель исследований — изучить химический состав конденсатов транспирации и выяснить, какие ионы минеральных веществ переходят в атмосферу с транспирационными парами.

Получение конденсатов. Конденсацию паров, испаряющихся из почвы и растений, проводили по методу Г.Е. Немерюка, под колпаками, представляющими собой каркас 70 x 80 см из алюминиевых угловых планок высотой 105 см, покрытых плотной полиэтиленовой пленкой. Наверху колпака, на специальной площадке помещается конденсатор паров, а полиэтилен скрепляется липкой пленкой для изоляции внутренней части прибора от окружающей среды. Конденсатор снабжен 3 карманами для сухого льда, которым они заполняются извне после установки прибора. Пары испаряющейся воды конденсируются в виде инея на внутренней части карманов, сообщаемой с воздухом под колпаком (рисунок). Колпаки накрывали 0,56 и 0,49 м² почвы.

Для сбора жидкого конденсата имеется специальный сборник, из которого вода после таяния инея выводится через трубку с резиновым наконечником с зажимом. Такая установка позволяет вести опыты продолжительное время на одном и том

* ГГНИ им. акад. Миллионщикова, г. Грозный.



Установка для сбора конденсата в виде инея:

1 — камера из алюминиевых угольников, покрытая полиэтиленовой пленкой; 2 — конденсатор для улавливания испаряющихся паров; 3 — карман для сухого льда, на внешней стороне которого происходит конденсация паров; 4 — поддон для сбора жидкого конденсата; 5 — крышка для карманов с сухим льдом

же месте. Время проведения опытов условно разделено на день (от 6 до 18 ч) и ночь (от 18 до 6 ч) для удобства сопоставления данных, полученных в светлое и темное время суток. Жидкие конденсаты после измерения объема хранились в полиэтиленовой посуде. Химический анализ конденсатов заканчивался в короткий срок, в течение 7—10 дней после их сбора.

Определение содержания ионов в конденсатах. Химические анализы конденсатов проводили в лаборатории кафедры неорганической и аналитической химии Грозненского государственного нефтяного института с применением высокочувстви-

тельных методов, позволяющих анализировать растворы с содержанием ионов от 1 до 20 мг/л. Содержание ионов Ca^{2+} определяли с помощью 0,001 н. трилона в присутствии индикатора мурексида при $\text{pH} = 12,5$. Чувствительность метода — 0,1 мг/л, ошибка — около 5%.

Сумму Ca^{2+} и Mg^{2+} определяют также с помощью трилона, но с другим индикатором — хромогеном черным и аммиачной буферной смесью. Содержание Mg^{2+} вычисляли по разности. Определение ионов Na^+ и K^+ проводили на пламенном фотометре после 10-кратного концентрирования конденсатов путем выпаривания. Количество ионов NH_4^+ определяли калориметрически на ФЭК-Н-57 с применением реактива Несслера. Если содержание аммония в конденсате было велико, то его разбавляли водой.

При определении иона СГ применяли меркуриметрический метод с использованием спиртового раствора. После концентрирования конденсата в 20 раз и более, путем выпаривания его в термостойких стаканчиках, прибавляли 2 мл этилового спирта. Доведя pH до нужной величины, титровали 0,005 н. раствором азотнокислой ртути, титр которой устанавливали в идентичных условиях. При определении хлора этим методом важное значение имеет величина pH титруемого раствора. Применение смешанного индикатора, в состав которого входят дефинилкарбазон и бромфеноловый синий, позволяет установить в испытуемом растворе необходимую pH , равную 3,0-3,5 [2, 5].

Сульфатные ионы определяли нефелометрически с помощью ФЭК-Н-57. Исследуемый образец конденсата объемом 50-100 мл выпаривали досуха в термостойких стаканчиках. К сухому остатку до-

бавляли 5 мл дистиллированной воды и 5 мл реактива-осадителя, хорошо перемешивали содержимое в стаканчике стеклянной палочкой, по истечении 3 мин после этого проводили нефелометрирование. Осадитель состоит из 3 объемов этиленгликоля, 1 объема 5%-го BaCl_2 и 3 объемов 96%-го этилового спирта. Величина рН этой смеси доводится соляной кислотой до 2,5~2,8. Метод достаточно чувствителен и по точности не уступает другим существующим методам [6].

Ионы HCO_3^- определяли ацидиметрически с обратным титрованием избытка 0,002 н. HCl и 0,002 н. бурой после 10-минутного продувания воздухом, лишенным углекислого газа. В качестве индикатора применяли метиловый красный. Чувствительность метода высокая — 0,1 мг/л, ошибка 0,5~3% [1].

Нитратные ионы определяли колориметрически с помощью дифениламина. Нитритные ионы — таким же путем, но с применением реактива Грисса.

Определение дигидрофосфатных ионов также проводили колориметрически с помощью молибденовокислого аммония и свежеприготовленного хлористого олова. Образец конденсата концентрировали в 5—10 раз путем выпаривания. Определение концентрации водопроводных ионов проводили на ламповом потенциометре со стеклянным электродом ЛПУ-01 [5]. Математическая обработка результатов исследований показала, что квадратичная ошибка от среднего m в случае определения NH_4^+ колебалась в пределах 0,004-0,111; K^+ — 0,002-0,044; Na^+ — 0,002-0,124; Ca^{2+} — 0,003-0,083; Mg^{2+} — 0,003-0,040; Cl^- — 0,004-0,100; SO_4^{2-} — 0,006-0,125; HCO_3^- — 0,015-0,122.

В наших опытах при достаточно развитых растениях в процессе

транспирации мигрировало из почвы в атмосферу с 1 л испарившейся воды от 2,12 до 5,60 мг/л ионов, а при эвапорации без полива — 1,89—3,88; с поливом и заделкой азотных удобрений в почву на глубину 1~8 см — 3,67-5,49 мг/л и при поверхностном удобрении с таким же увлажнением — 5,82-40,42 мг/л. В последнем случае большая потеря минеральных веществ наблюдалась в мае при высокой температуре, а малая — при похолодании в конце октября.

По среднему возрастающему количеству мигрирующих ионов изучаемые культуры располагаются в следующем порядке: лук — 2,12 мг/л; капуста — 2,52; томат — 2,89; огурец — 2,94; подсолнечник — 3,06; кормовая свекла — 3,59; люцерна — 3,87; кукуруза — 3,91; сахарная свекла — 4,05; соя — 4,80; озимый ячмень — 5,10 и озимая пшеница — 5,60 мг/л.

При изучении минерального состава конденсатов над различными растениями выяснено, что благодаря эвапотранспирации ионы минеральных веществ из почвенных растворов переходят в атмосферу.

Чтобы приблизительно представить степень участия культурных растений в миграции солей из почвы в атмосферу с парами воды, возьмем в качестве средней величины содержания солей в конденсате, полученном над сахарной свеклой, 4,05 мг/л. В этом случае при испарении 500 мм воды за вегетацию в атмосферу может мигрировать 20,25 кг солей с 1 га или более 2 т/км².

Из 12 изучаемых культур к средней величине содержания ионов в конденсатах капуста стоит на предпоследнем месте (2,52 мг/л). Но так как за вегетацию растения капусты расходуют 8 тыс. т воды с 1 га, потери ионов возможны почти такие же, что и в варианте с сахар-

ной свеклой (2,52 мг/л x 8000 т = 20,16 кг солей с 1 га).

При среднем значении эвапотранспирации, если принять условно концентрацию этой влаги равную 3 мг/л различных ионов с поверхности Земли в атмосферу может перейти $1,73 \times 10^9$ т/год минеральных веществ.

Принято считать, что химический состав атмосферного воздуха в основном одинаков на всей планете. На наш взгляд, данное представление нуждается в некотором уточнении и дополнении.

В течение вегетационного периода процесс миграции солей из растений и почвы идет с различной интенсивностью. Вначале соли мигрируют из почвы в основном за счет эвапорации, а затем, когда растения «закроют почву», за счет транспирации.

Орошение усиливает миграцию солей за счет эвапорации, так как, по данным наших опытов, потеря гидрокарбонатных и аммониевых ионов возрастает при увеличении влажности почвы. Вообще орошение усиливает эвапорацию и транспирацию. Надо полагать, что усиление эвапорации и транспирации увеличит миграцию ионов и поэтому при расширении орошаемого земледелия можно ожидать некоторого локального увеличения содержания солей в атмосферу.

Таким образом, широкое применение азотных удобрений (сульфата и нитрата аммония) увеличит поступление аммония в атмосферу.

Выводы

1. Испарение, эвапорация и транспирация являются важным звеном солевого обмена в

природе через атмосферу, потому что пары воды, образующиеся при этих процессах, представляют собой не дистиллят, а молекулярно-ионные растворы.

2. Переход ионов солей в атмосферу с эвапотранспирационными парами рассматривается как одно из звеньев солевого обмена в системе почва — растение — атмосфера.

3. Конденсаты транспирационных паров озимой пшеницы имеют наибольшую минерализацию по сравнению с концентрациями конденсатов всех остальных рассматриваемых культур.

4. Наши экспериментальные данные получены в производственных опытах, в основном при обычно применяемых дозах удобрений и средних урожаях. Есть все основания полагать, что при внесении высоких доз удобрений, интенсивном приросте биомассы и существенном повышении эвапотранспирации миграция ионов минеральных солей в атмосферу значительно повысится.

5. Количество удобрений, вносимых в почву для получения планируемых урожаев, желательно увеличить соответственно вычисленным потерям.

6. Процесс миграции ионов из растений в атмосферу имеет важное биологическое значение и нуждается в дальнейшем изучении.

В связи с вышеизложенным при изучении солевого баланса круговорота минеральных веществ в природе следует учитывать потери солей с конденсатами эвапотранспирационных паров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексин О.А.* Химический анализ вод суши. JL: Гидрометиздат, 1954. С. 199. — 2. *Бурксер Е.С., Федорова Н.Е., Зайдис Б.В.* Химический анализ воды при малом объеме и малой минерализации. Украинский химический журнал, 1951. Т. 27. Вып. 1. С. 19-28. — 3. *Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К.* Гидрогеология. М.: Высшая школа, 1999. — 4. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. МГУ, 1995. — 5. *Крюков П.А.* Современные методы анализа природных вод. М.: Изд. АН СССР, 1955. — 6. *Супаташвили Г.Д.* Фотозлектротурбидиметрическое микроопределение сульфатов в природных водах. Гидрохимические минералы, 1962. Т. 33. С. 138—142. — 7. *Черников В.А., Чекерес А.И.* Агроэкология. М.: Колос, 2000.

Статья поступила
24 января 2005 г.

SUMMARY

It was established that evapotranspiration steam condensates of farm plants contain dissolved ions of minerals and so they are not distillat. According to our data among all vegetable crops the lowest indices of ion concentration in transpiration condensate were detected with onions, the highest with winter wheat.