

**А. В. Кириченко, А. В. Дутова, Н. В. Белик (ФГБОУ ВПО «НГМА»)**

## **ТЕНЗИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ САЖЕНЦЕВ В ВИНОГРАДНЫХ ШКОЛКАХ**

Цель исследований – научное обоснование и разработка эффективной методики определения влажности почвы и назначения сроков полива виноградных школок в конкретных почвенно-климатических условиях инструментальным методом. В ходе проведенных исследований рассмотрен тензиометрический способ назначения сроков полива виноградных школок на обыкновенных черноземах в условиях Ростовской области в условиях полусасушливого, полусухого и засушливого годов. Поливы назначались при достижении на опытном участке нижнего порога влажности почвы 80 % НВ. Тензиометры располагали по одному комплекту на блоке школки площадью 1 га. Установлено, что натяжение почвенной влаги для тяжелосуглинистой крупнопылеватой по гранулометрическому составу почвы 0,05-0,10 атм соответствует влажности почвы, равной наименьшей влагоемкости (НВ, 28 %), 0,10-0,20 атм – 90 % НВ (25,2 %), 0,20-0,35 атм – 80 % НВ (22,4 %), 0,40-0,60 атм – 70 % НВ (19,6 %). На основе регрессионного анализа установлена зона, характеризующаяся устойчивой репрезентативностью и отражающая натяжение почвенной влаги корнеобитаемого слоя виноградной школки на глубине 0,2-0,3 м от поверхности почвы. В этой зоне рекомендуется выбирать место установки датчиков (тензиометров) для условий производства. Оценка экономической эффективности использования тензиометрического метода определения влажности почвы в сравнении с наиболее распространенным в мелиоративной практике термостатно-весовым методом показала, что за счет снижения стоимости оборудования, затрат труда на измерения и повышения оперативности экономия составила 1,95 тыс. руб./га, в том числе экономия на оборудование – 1,65 тыс. руб./га, затрат труда на измерения – 0,3 тыс. руб./га.

Ключевые слова: виноградная школка, тензиометр, орошение, виноградник, водный режим, влажность почвы.

**A. V. Kirichenko, A. V. Dutova, N. V. Belik (FSBEE HPE “NSMA”)**

## **TENSIOMETRIC METHOD FOR SOIL MOISTURE DETERMINATION DURING VINE SAPLING GROWTH**

The objective of the research is to substantiate and develop an effective methodology for soil moisture determining and water scheduling at vine saplings in specific soil and climatic conditions by the instrumental method. In the course of the research the tensiometric method of water scheduling during vine saplings growth at ordinary chernozem in the Rostov region for semiarid, semi-dry, and dry years was considered. At the experimental plot, water applications were assigned at the threshold of 80 % of field capacity (FC). One set of tensiometers was installed on the area of 1 ha of saplings. It was established that for silty clay loam soil moisture tension 0.05-0.10 atm corresponded to the soil moisture at field capacity (FC, 28 %), 0.10-0.20 atm – 90 % FC (25.2 %), 0.20-0.35 atm – 80 % FC (22.4 %), 0.40-0.60 atm – 70 % FC (19.6 %). On the basis of regression analysis, there was determined the zone of steady representativeness reflecting soil moisture tension in root-inhabited layer of vine saplings at the depth of 0.2-0.3 m from soil surface. This zone is most suitable for tensi-

ometer installation in manufacturing environment. Economic assessment of tensiometer using for soil moisture determination in comparison with gravimetric method has shown that savings were obtained by costs decreasing of equipment and labor for metering, and by efficiency increasing. The savings were 1.95 thousand rubles per hectare including savings due to equipment – 1.65 thousand rubles per hectare, and labor – 0.3 thousand rubles per hectare.

Keywords: grape saplings, tensiometer, irrigation, vineyard, water scheduling, soil moisture.

В мелиоративной практике существует много способов определения влажности почвы. В отношении быстроты определения их можно свести к двум группам. В одну группу входят методы, отличающиеся большой трудоемкостью из-за отбора почвенных образцов. Они применяются при исследованиях, предполагающих наличие лабораторных условий. Среди них наиболее распространен термостатно-весовой метод. Он довольно трудоемкий, но дает достаточно точные результаты и не требует сложных устройств и дефицитных реактивов.

В последнее время при разработке режимов орошения применяют инструментальные методы определения влажности почвы и назначения полива, которые отличаются быстротой получения результатов. Они составляют другую группу, в которой наибольшей оперативностью выделяется тензиометрический метод. Тензиометры устанавливаются стационарно на весь вегетационный период на поливных делянках (рисунок 1). Съемным индикатором измеряется водоудерживающая сила почвы (сосущая сила почвы), которая прямо противоположна сосущей силе корневой системы растения [1, 2]. По этим данным оперативно назначают проведение очередного полива. Наряду с этим взаимосвязь между влажностью почвы и величиной натяжения почвенной влаги по данным тензиометров различается в зависимости от почвенно-климатических условий. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования возможности применения тензиометрического способа назначения поливов при выращивании саженцев в виноградных школках, позволяющие усовершенствовать технологию их производства и обеспечить рациональное использование материальных и энергетических ресурсов.



а) вид тензиометра сбоку без датчика; б) вид тензиометра сверху со съёмным датчиком

### Рисунок 1 – Опытные поливные делянки

Исследования по возделыванию виноградной шkolки проводились на территории ОАО «Ключевое» г. Новочеркасск Ростовской области в 2006-2008 гг.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземами обыкновенными. Почвообразующие породы представлены темно-бурими карбонатами и карбонатно-лесовидными суглинками. По гранулометрическому составу почвы относятся к тяжелосуглинистым. Плотность сложения в слое 0,7 м составляет  $1,22 \text{ г/см}^3$ , наименьшая влагоемкость – 27,6 % от массы сухой почвы. Содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое – 2,86-3,77 мг, фосфора – 2,16-2,35 мг, обменного калия – 8,6-9,4 мг на 100 г почвы. По данным гидрогеологической съемки установлено, что глубина грунтовых вод колеблется от 4,0 до 14,0 м, минерализация их составляет 1,6-2,48 г/л. Тип засоления сульфатный. Грунтовые воды не оказывают отрицательного влияния на растения. Участок выровнен по микро-рельефу и почвенному составу с общим уклоном 0,002 в направлении с запада на восток. Опытный участок орошается технической водой [3]. Водно-физические и агрохимические свойства почвы в течение исследований не изменялись.

Погодные условия за годы проведения исследований (2006-2008 гг.)

были типичны для данного региона. Сумма активных температур воздуха за вегетационный период виноградных саженцев составила: 2006 г. – 4025 °С, 2007 г. – 3688 °С, 2008 г. – 3535 °С. По условиям увлажнения 2006 г. был полусасушливым (ГТК = 0,81), 2007 г. – полусухим (ГТК = 0,43); 2008 г. – засушливым (ГТК = 0,75).

Тензиометрический метод определения влажности почвы для назначения очередных поливов был использован при проведении полевых исследований согласно следующей схеме:

*Вариант 1.* Нормативная влагообеспеченность – поливы проводятся при снижении влажности почвы в слое 0-70 см до 80 % НВ ( $1,0 D_{ir}$ , контроль);

*Вариант 2.* Рациональная влагообеспеченность почвы – поливы проводятся в те же сроки, что и на первом варианте, при снижении поливной нормы на 20 % ( $0,8 D_{ir}$ );

*Вариант 3.* Низкая влагообеспеченность – поливы проводятся в те же сроки, что и на первом варианте при снижении поливной нормы на 40 % ( $0,6 D_{ir}$ );

*Вариант 4.* Повышенная влагообеспеченность – поливы проводятся в те же сроки, что и на первом варианте, при повышении поливной нормы на 20 % ( $1,2 D_{ir}$ ).

Делянки прямоугольной формы  $20 \times 30$  м, учетная площадь –  $600 \text{ м}^2$ . Повторность вариантов в опыте – трехкратная. Использовались черенки винограда сортов Платовский, Восторг.

Поливы проводились при снижении влажности почвы до 80 % НВ. Применялась оросительная техника барабанного типа Rain Star T 32 BAUER, оснащенная среднеструйным дождевальным аппаратом. Поливная норма выдавалась согласно схеме опытов.

Ввиду различного увлажнения почвы виноградных школок по годам исследований за счет выпадающих атмосферных осадков количество по-

ливов в отдельные годы было различно, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1.

**Таблица 1 – Оросительная норма и количество поливов виноградных школок**

Вариант опыта	2006 год		2007 год		2008 год	
	Кол-во поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Кол-во поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Кол-во поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
1,0 $D_{ir}$ (контроль)	4	1600	7	2800	6	2400
0,8 $D_{ir}$	4	1280	7	2240	6	1920
0,6 $D_{ir}$	4	960	7	1680	6	1440
1,2 $D_{ir}$	4	1920	7	3360	6	2880

Анализируя показания тензиометров можно отметить, что приборы чутко реагировали на изменение запасов влаги в почве под виноградной школкой. В начале вегетации, когда влагозапасы в почве начинали уменьшаться, соответственно возрастало натяжение почвенной влаги. После прошедших дождей с повышением влагозапасов в почве, натяжение почвенной влаги соответственно уменьшалось. После проведения вегетационных поливов (10 июля и 10 августа) влагозапасы в почве возросли, и одновременно отмечалось уменьшение сосущей силы почвы в эти периоды.

Изучением закономерностей накопления и расхода почвенной влаги на делянках школок за годы исследований нами были установлены величины натяжения почвенной влаги по данным тензиометров, при которых необходимо назначать поливы. При использовании их для назначения сроков полива виноградника рекомендуются те же предполивные пороги влажности, что и при назначении сроков поливов термостатно-весовым методом (70 % и 80 % НВ). Назначение полива по данным тензиометров следует проводить при достижении натяжения почвенной влаги величины предполивного порога (таблица 2).

Сроки проведения очередных вегетационных поливов определяются интенсивностью срабатывания влагозапасов в зоне увлажнения. Однако

использованию тензиометров препятствует неравномерность почвенной влаги по профилю.

**Таблица 2 – Взаимосвязь между натяжением почвенной влаги, наименьшей влагоемкостью и порогами предполивной влажности для чернозема обыкновенного под виноградной школкой**

Гранулометрический состав почвы	Натяжение почвенной влаги (атм) соответствующее			
	НВ (28 %)	90 % НВ (25,2 %)	80 % НВ (22,4 %)	70 % НВ (19,6 %)
Тяжелосуглинистая, крупнопылеватая	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,35	0,40-0,60

Исследования, проводимые для минимизации количества точных измерений, подтверждают наличие репрезентативных глубин для расчетного корнеобитаемого слоя почвы (0-70 см), которые не одинаковы на различных массивах виноградных школок и изменяются со временем на одном и том же участке. Использование репрезентативной глубины для расчетного слоя дает возможность рекомендовать производству на этой глубине установку датчиков-тензиометров.

Результаты исследований 2006 года позволили установить глубину установки тензиометров и в 2007 и 2008 гг. использовать ее для наиболее точных измерений влажности почвы. 2006 год отличался неравномерностью естественного увлажнения в период вегетации виноградных школок. На орошаемых участках показания тензиометров колебались в пределах 0,10-0,50 атм, степень варьирования натяжения почвенной влаги от верхних горизонтов к более глубоким уменьшалась.

Для нахождения репрезентативной глубины были использованы расчеты парной корреляции  $r_i$  между средним значением и значением в каждом горизонте  $X_i$  корнеобитаемого слоя почвы (0-70 см) за период вегетации виноградных школок.

Для данных 2006 года фактическое значение критерия существенности коэффициента корреляции  $t_r$  для слоя  $X_{20-40}$  составило по вариантам опыта 9,50; 6,50; 4,90; 9,60, что значительно выше теоретического крите-

рия Стьюдента на 5 % уровне значимости ( $t_{r0,5} = 2,23$ ). В связи с высокой степенью корреляции определили зависимость между «X» слоя 20-40 см и «Y» слоя 0-70 см по формуле:  $Y = ax + b$ . Результаты расчетов уравнения регрессии представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа взаимосвязи натяжения почвенной влаги корнеобитаемого слоя 70 см и горизонта 20-40 см**

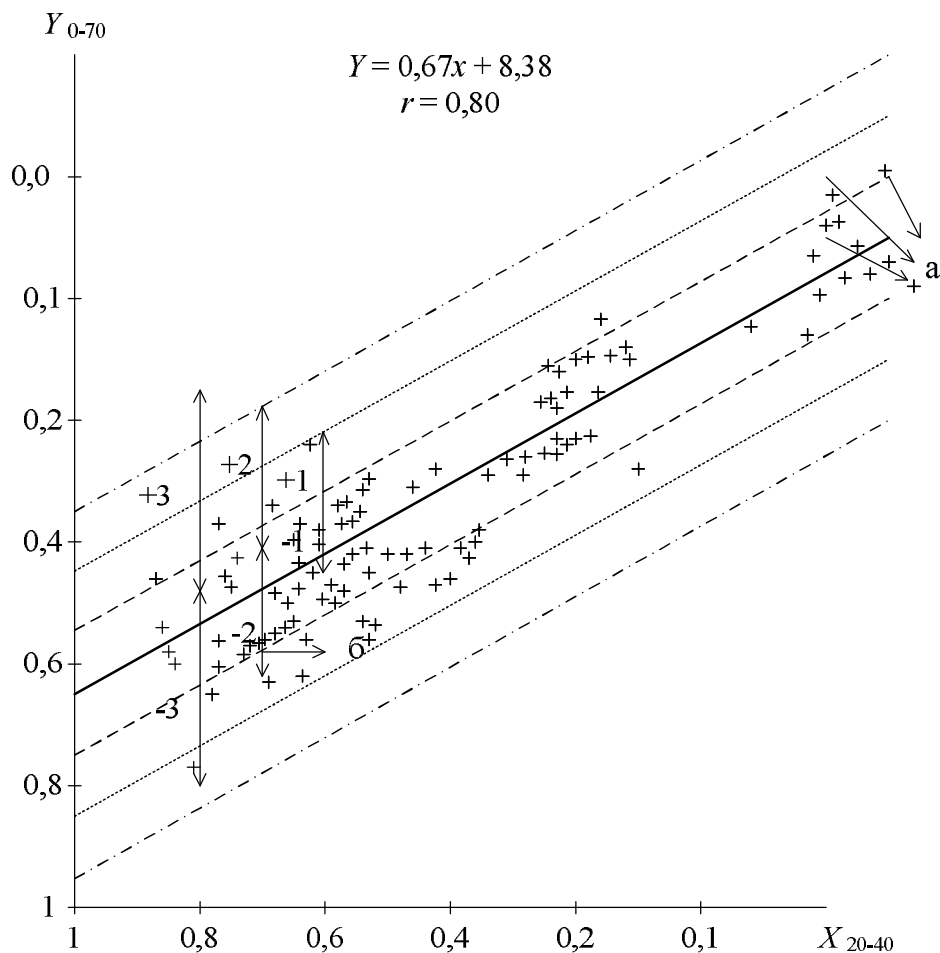
Год	Вариант	Коэффициент корреляции, $r_i$	Критерий существенности коэффициента корреляции, $t_r$		Уравнение регрессии	Ошибка оценки, $S_{yx}$
			фактический	теоретический		
2006	1,0 $D_{ir}$ (контроль)	0,95	9,50	2,23	$Y = 0,75x + 5,12$	0,58
	0,8 $D_{ir}$	0,90	6,50	2,23	$Y = 0,61x + 10,70$	0,65
	0,6 $D_{ir}$	0,84	4,90	2,23	$Y = 0,64x + 9,28$	0,77
	1,2 $D_{ir}$	0,93	9,60	2,23	$Y = 0,69x + 8,41$	0,50
Среднее за 2006 г.		0,8	7,5	2,01	$Y = 0,67x + 8,38$	0,89
Среднее за 2006-2008 гг.		0,95	52,1	1,96	$Y = 0,8x + 2,19$	1,25

Для оценки точности результатов наблюдений на графике «Корреляционного поля» точек была построена теоретическая линия уравнения регрессии и от нее отложены линии доверительных зон 68, 95 и 99 % уровней вероятности. В доверительной 68 % зоне оказалось 80 % точек общей выборки наблюдений, за пределами 95 % зоны – 1,7 % точек.

Ошибка измерения  $S_{yx}$  (ее можно рассматривать как ошибку измерения натяжения почвенной влаги) находится в пределах допустимой величины 0,50-0,77. Все полученные уравнения регрессии дают довольно близкие результаты (рисунок 3). Это позволяет обобщать результаты по всем орошаемым вариантам в одно уравнение  $y = 0,67x + 8,38$ , которое характеризуется высоким значением коэффициента корреляции  $r = 0,80$ .

Таким образом, была установлена зона, расположенная на глубине 20-30 см от поверхности почвы, характеризующаяся устойчивой репрезентативностью, показания в которой могут характеризовать натяжение почвенной

влаги корнеобитаемого слоя почвы виноградной школки. В этой зоне рекомендуется выбирать место установки датчиков (тензиометров) для условий производства. Водоудерживающая сила почвы для винограда на этой глубине наиболее тесно коррелирует с запасами влаги в корнеобитаемом слое.



а) данные натяжения почвенной влаги; б) ошибка измерения  $S_{yx}$

**Рисунок 3 – Точечный график и теоретические линии регрессии зависимости натяжения почвенной влаги слоя 70 см ( $Y$ ) от показаний горизонта 20-40 см ( $X$ ) для условий чернозема обыкновенного Ростовской области**

Изучив технические возможности применения тензиометрического способа определения влажности почвы и назначения сроков полива при различных способах орошения виноградников необходимо, на наш взгляд, рассмотреть стоимостные параметры в сравнении с наиболее распространенным



в мелиоративной практике термостатно-весовым методом (таблица 4).

**Таблица 4 – Экономическая эффективность использования тензиометрического метода**

Метод	Стоимость комплекта оборудования, тыс. руб.	Площадь, га	Заграты труда на измерения		Оперативность, сут.	Экономия, тыс. руб./га	
			чел./час.	тыс. руб.		на оборудование	на измерения
Тензиометрический	7,5	10	0,1	0,1	0,08	1,65	0,3
Термостатно-весовой	12,0	5	16	1,6	2	-	-

В комплект приборов для термостатно-весового метода входят почвенный бур, бюксы, технические весы ВЛТК, сушильный шкаф.

При тензиометрическом методе в основном выделяется стоимость комплекта оборудования, который в простейшем случае состоит из керамической тонкопористой пластины (свечи) заполненной водой, пластиковой или стеклянной трубки и вакуумного манометра.

В заключение отметим, что по оперативности определения сроков полива и стоимости оборудования предпочтение следует отдать тензиометрическому методу определения влажности почвы и назначения сроков полива виноградников.

В конкретных условиях орошения виноградных школок способом дождевания тензиометры следует располагать по одному комплекту на блоке школки площадью 1 га.

Для получения максимального выхода виноградных саженцев необходимо провести от 4 до 7 поливов. Оросительная норма составит 1280-2240 м<sup>3</sup>/га. Сроки поливов следует начинать по показаниям тензиометров при достижении натяжения почвенной влаги 0,3-0,4 атм. Рекомендуемая глубина установки тензиометров – 0,2-0,3 м от поверхности почвы.

#### **Список использованных источников**

1 Кириченко, А. В. Определение сроков полива тензиометрическим

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(10), 2013 г., [1-10]

методом / А. В. Кириченко // Виноделие и виноградарство. – № 2. – 2002. – С. 11-13.

2 Муромцев, Н. А. Использование тензиометров в гидрофизике почв / Н. А. Муромцев. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 121 с.

3 Дутова, А. В. Режим орошения и дозы минеральных удобрений виноградных школок в условиях Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Дутова Анна Викторовна – Новочеркасск, 2012. – 24 с.

---

**Кириченко Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), заведующий кафедрой «Инженерные изыскания».

Контактный телефон: 27-96-20, 2-65-8-83.

E-mail: [aleksandr.kirichenko.51@mail.ru](mailto:aleksandr.kirichenko.51@mail.ru)

**Kirichenko Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Head of the Chair “Engineering Survey”.

Contact telephone number: 27-96-20, 2-65-8-83.

E-mail: [aleksandr.kirichenko.51@mail.ru](mailto:aleksandr.kirichenko.51@mail.ru)

**Дутова Анна Викторовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), старший преподаватель.

Контактный телефон: 8(918)5774766; 8(86352)79637.

E-mail: [Dutova@mail.ru](mailto:Dutova@mail.ru)

**Dutova Anna Viktorovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Senior Lecturer.

Contact telephone number: 8(918)5774766; 8(86352)79637.

E-mail: [Dutova@mail.ru](mailto:Dutova@mail.ru)

**Белик Надежда Владимировна** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), студент.

Contact telephone number: 8(928)1478167.

E-mail: [NVBelik@mail.ru](mailto:NVBelik@mail.ru)

**Belik Nadezhda Vladimirovna** – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Student.

Contact telephone number: 8(928)1478167.

E-mail: [NVBelik@mail.ru](mailto:NVBelik@mail.ru)