

УДК 634.11:631.674.6:631.416.2

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОСТУПНОГО  
ФОСФОРА В КОРНЕОБИТАЕМОМ  
СЛОЕ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ  
КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ  
И ФЕРТИГАЦИИ В ИНТЕНСИВНОМ  
ЯБЛОНЕВОМ САДУ**

Кузин Андрей Иванович  
канд. с.-х. наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Мичуринский  
государственный аграрный университет»,  
Мичуринск, Россия*

Трунов Юрий Викторович  
д-р с.-х. наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
садоводства им. И.В. Мичурина»,  
Мичуринск, Россия*

В условиях Тамбовской и Липецкой областей исследовано влияние фертигации на урожайность растений яблони и распределение доступного фосфора в почве. Установлены особенности миграции доступного фосфора в насаждениях яблони разных сортов по слоям почвы 0-20, 21-40, 41-60 и 61-80 см, непосредственно под капельницей, между капельницами в ряду и на расстоянии 30 и 60 см по направлению к центру междурядья. Показано, что влияние капельного орошения сказывается на распределении доступного фосфора по слоям почвы. Фосфор вымывается из верхних горизонтов, особенно под капельницей, и распределяется по всей глубине корнеобитаемого слоя, это делает его более доступным для растений яблони. Установлено, что фертигация обеспечивала более высокий уровень содержания доступного фосфора в почве, чем в контроле, а также иное

UDC 634.11:631.674.6:631.416.2

**DISTRIBUTION OF AVAILABLE  
PHOSPHORUS IN THE SOIL ROOT  
ZONE UNDER THE INFLUENCE  
OF DRIP IRRIGATION  
AND FERTIGATION IN THE  
INTENSIVE APPLE ORCHARD**

Kuzin Andrey  
Cand. Agr. Sci., Docent

*Federal State Budget Institution  
of Highest Education «Michurinsk  
State Agrarian University»,  
Michurinsk, Russia*

Trunov Yuriy  
Dr. Sci. Agr., Professor

*Federal State Budget Scientific Institution  
“I.V. Michurin All-Russia  
Research Institute for Horticulture”,  
Michurinsk, Russia*

Under the conditions of the Tambov and the Lipetsk areas the influence of fertigation on apple-tree productivity and distribution of available phosphorus in the soil are investigated. The features of migration of available phosphorus in the apple-tree plantings of different varieties on soil layers of 0-20, 21-40, 41-60 and 61-80 cm are established: directly under a dropper, between the droppers in a row and at distance of 30 and 60 cm towards the center of a row-spacing. It is shown that a drop irrigation affects on the distribution of available phosphorus on the soil layers. Phosphorus is washed away from the upper horizons, especially under a dropper, and it distributes on all depth of root layer. It makes phosphorus more available for apple-tree plants. It is established that the fertigation provided the higher level of the content of available phosphorus in the soil, than in control, and also other distribution of it on layers of soil that promoted the

распределение по слоям почвы, что способствовало повышению продуктивности растений. В условиях фертигации отмечена горизонтальная миграция фосфора на расстояние 30-60 см как в направлении ряда, так и междурядья, и нисходящая миграция фосфора в слои 41-60 и 61-80 см. Содержание фосфора в этих слоях почвы было значительно выше, чем в контроле. Отмечено, что в насаждениях с высокой плотностью посадки оптимизируется режим питания растений, и тем самым повышается урожайность деревьев яблони. В наших опытах прибавка урожайности в интенсивных насаждения яблони составила по сорту Имрус/ПБ-9 почти 60 %, по сорту Лобо – 77-98 %, по сорту Спартан – 24-46 %.

*Ключевые слова:* ЯБЛОНЯ, ДОСТУПНЫЙ ФОСФОР, ФЕРТИГАЦИЯ, КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ, ПОЧВА

increase of plants productivity. Under the conditions of fertigation the horizontal migration of phosphorus on distance of 30-60 cm as in the direction of a row, and so in direction of row-spacings, and the descending migration of phosphorus in the layers of 41-60 and 61-80 cm is noted. The content of phosphorus in these soil layers was much higher, than in the control. It is noted that in the plantings with a high density of landing the regime of plants nutrition is optimized and so the productivity of apple trees increases. In our experiences the increasing productivity at the intensive apple-tree of Imrus PB-9 was about 60 % and – 77-98% for Lobo variety, and 24-46% for Spartan apple-tree.

*Key words:* APPLE-TREE, AVAILABLE PHOSPHORUS, FERTIGATION, DRIP IRRIGATION, SOIL

**Введение.** Фосфор – один из основных элементов питания растений. Особенно высока значимость обеспечения растений фосфором для нормального прохождения репродуктивных процессов – цветения и плодоношения, но недостаток фосфора может сказываться и на ростовых процессах яблони, даже при нормальном питании другими элементами. Достаточно упомянуть роль фосфора в таких жизненно важных процессах, как фотосинтез и дыхание, а также в других процессах биоэнергетики и биосинтеза. Исследования по удобрению садов яблони фосфором всегда получало несколько меньше внимания, чем азотом или калием из-за целого ряда свидетельств об отсутствии непосредственно положительной отзывчивости растений на фосфорные удобрения [1]. Однако известны и другие случаи. В опытах Neilsen и Yorston (1991) при низком содержании фосфора в почве были отмечены повреждения корневой системы [2]. Применение фосфорных удобрений стимулировало цветение [3].

Уже относительно давно исследователи обратили внимание, что высокий уровень обеспечения фосфором снижает риск низкотемпературного ожога при хранении плодов и стимулирует повышение твердости мякоти при хранении [4]. Применение фосфорных удобрений стимулирует также улучшение азотного обмена растений и повышает эффективность азотных удобрений [5]. Но непосредственная отзывчивость на фосфорные удобрения трудно заметна из-за отсутствия уникальных симптомов на низкое содержание фосфора [6], который считается одним из наименее подвижных элементов в почве. Этим можно объяснить значительные расхождения в подходе различных ученых при определении оптимальных значений содержания фосфора в почве (табл. 1).

Таблица 1 – Группировка почв по обеспеченности подвижным фосфором, мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1 кг почвы (цит. по Церлинг, 1990)

Группа	Обеспеченность почв	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Аррениусу
1	Очень низкая	<25	<20	<10	<150
2	Низкая	26-50	21-50	11-15	300
3	Средняя	51-100	51-100	16-30	301-350
4	Повышенная	101-150	101-150	31-45	351-400
5	Высокая	151-250	151-250	46-60	401-450
6	Очень высокая	>250	>200	>45	>450

В своей книге «Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур» А.К. Кондаков приводит многочисленные данные, как литературные, так и своих исследований, о неоднозначном непосредственном влиянии фосфора на урожайность [7]. Капельное орошение повышало доступность фосфора для корней яблони. Благодаря ему увеличилось содержание в почве доступного фосфора в зоне корней. Особенно это важно в год закладки сада [8].

Однако потребность фосфора особенно высока тогда, когда начинается вегетация, когда почва в нашей зоне еще не прогрета до оптимальных параметров (рис. 1). Активность корневой системы в этот период недостаточно высока.

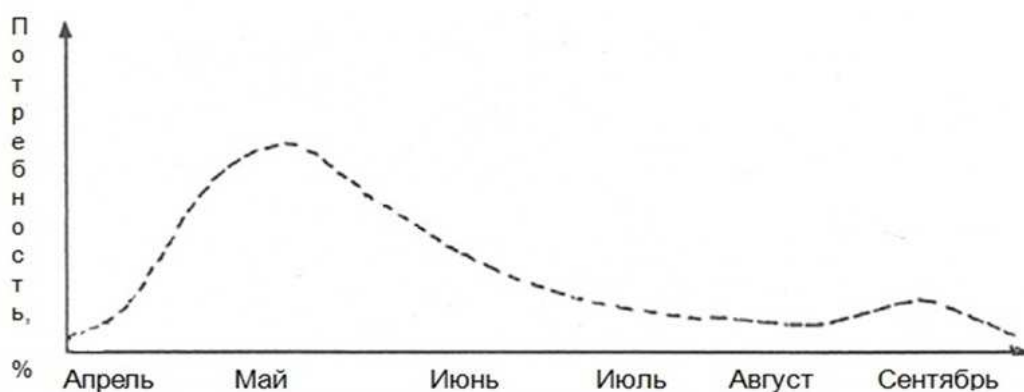


Рис. 1. Потребность яблони в доступном фосфоре в течение вегетации

По многочисленным литературным данным известно, что основная масса корней деревьев в интенсивных садах распределяется в слоях почвы до 50-60 см в глубину и находится до 40-50 см от штамба дерева в зависимости от подвоя и сорта [9-11].

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили в ООО «Агроном-сад» (Липецкая область), тип почвы – выщелоченный чернозем, содержание гумуса 4,1%, и ОАО «Дубовое» (Тамбовская область) – выщелоченный чернозем с содержанием гумуса 4,9%.

В 2013-2014 гг. в обоих хозяйствах было выполнено по 8-10 поливов с оросительной нормой 450-500 м<sup>3</sup>/га. Насаждения в обоих хозяйствах заложены в 2010 году, схемы посадки сорта и подвои: 4 x 1,5 м – Имрус, Лобо и Спартан, подвой ПБ-9 (ООО «Агроном-сад»); 4,5 x 1,5 м – Лобо и Спартан, подвой 62-396. Повторность опытов трехкратная, количество учетных деревьев в делянке 50 шт.

В ООО «Агроном-сад» норма внесения удобрений для фертигации  $N_{15}P_{20}K_{15}$  с микроэлементами в 2 полива, дополнительно к этому в начале апреля поверхностно вносили аммиачную селитру в приствольные круги без заделки в почву в норме  $N_{10}$ . Содержание почвы в междурядьях – черный пар.

В ОАО «Дубовое» норма удобрений для фертигации  $N_{10}P_{10}K_{10}$  также в 2 полива. Дополнительно была внесена поверхностно сплошную аммиачную селитру в норме  $N_{15}$ . Нормы удобрений определялись по результатам почвенно-листовой диагностики. Содержание междурядий – искусственное задернение. Расстояние между капельницами 60 см. Источники поливной воды – скважины. В ООО «Агроном-сад» вода имела выраженную щелочную реакцию (рН 8,7), в ОАО «Дубовое» рН воды – 7,2. Влажность почвы поддерживалась на уровне 80-90 НВ%.

Пробы почвы отбирали по слоям 0-20, 21-40, 41-60 и 61-80 см, непосредственно под капельницей, между капельницами в ряду и на расстоянии 30 см и 60 см в направлении центра междурядья. Содержание доступного фосфора определяли по методу Чирикова в модификации ЦИНАО с извлечением подвижного фосфора 0,5н уксусной кислотой и колориметрировали на фотометре КФК-3 [12].

**Обсуждение результатов.** Фертигация является сравнительно новым агроприемом в Центрально-Черноземной зоне, однако ее преимущества очевидны. В насаждениях с высокой плотностью посадки оптимизируется режим питания растений и тем самым повышается урожайность. В наших опытах прибавка урожайности в интенсивных насаждения яблони составила по сорту Имрус/ПБ-9 – почти 60 %, по сорту Лобо – 77-98 %, по сорту Спартан – 24-46 % (табл. 2).

Насаждения были заложены весной 2010 года, который был крайне неблагоприятным для сельскохозяйственных культур ЦЧР, в первую оче-

редь за счет экстремальной двухмесячной засухи. Тем не менее, за счет именно фертигации состояние данных насаждений было вполне удовлетворительным, то есть можно говорить о том, что необходимо и в дальнейшем проводить закладку садов с капельным орошением и фертигацией. Однако остается много вопросов, связанных с воздействием фертигации на миграцию и содержание элементов питания в почве. В нашем исследовании мы изучали аспекты воздействия фертигации и капельного орошения на содержание доступного растениям фосфора.

Таблица 2 – Урожайность плодов яблони в интенсивных насаждениях, ц/га

	Имрус/ПБ-9	Лобо/ПБ-9	Спартан/ПБ-9
ООО «Агроном-сад»			
Контроль	60,4	53,2	65,4
Капельное орошение с фертигацией $N_{10}P_{25}K_{10} + N_{10}$ поверхностно	95,9	105,6	95,2
НСР <sub>05</sub>	17,6	16,1	11,8
ОАО «Дубовое»			
Контроль	-	49,3	21,1
Капельное орошение с фертигацией $N_{10}P_{10}K_{10} + N_{10}$ поверхностно	-	87,2	26,2
НСР <sub>05</sub>		15,6	8,6

Содержание фосфора в почве непосредственно под капельницей в слое 0-20 см в насаждениях Имрус/ПБ-9 было 197,5 мг/кг почвы, в контроле оно было несколько ниже – 170,9 мг/кг (рис. 2). В контроле (без орошения) пробы также отбирались на вышеуказанных расстояниях от центральной пробы, однако не было отмечено различий между содержанием фосфора по горизонтали. Содержание доступного фосфора в слоях почвы под капельницей стабильно снижалось по мере увеличения глубины, но при фертигации количество фосфора в каждом слое было выше, чем в контроле. Так, уже в последующем слое 21-40 см содержание фосфора было не-

сколько выше, а в более глубоких слоях эта разница увеличивалась. В слое 0-40 см очень хорошо заметна горизонтальная миграция фосфора на 30 см в направлении центра междурядья.

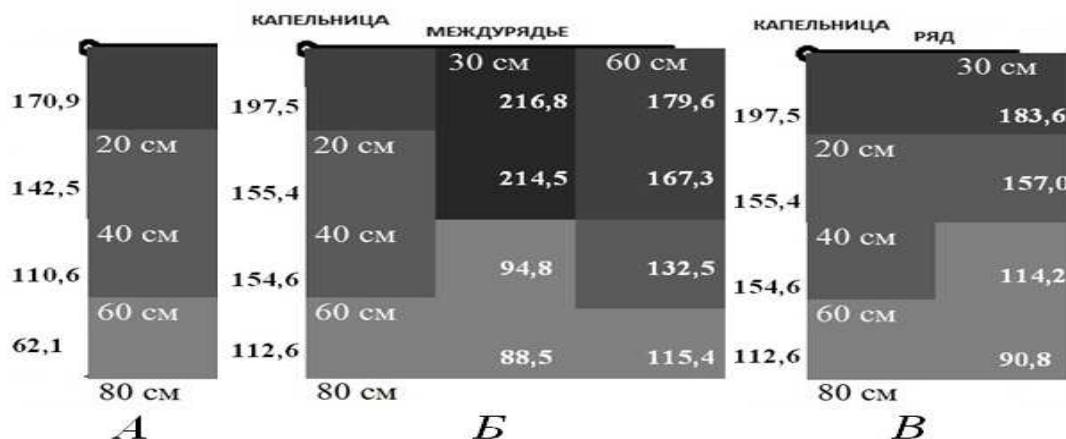


Рис. 2. Содержание доступного фосфора в контроле 1 (А), в междурядье (Б) и в ряду (В) в насаждениях Имрус/ПБ-9 в ООО «Агроном-сад»

Внесение фосфора с поливной водой вызывало его накопление не только и не столько в верхних слоях почвы, но приводило к равномерному распределению его по нижележащим слоям до глубины 60 см. На рис. 2 видно распределение фосфора в контуре увлажнения, что имеет большое значение.

В насаждениях Лобо/ПБ-9 содержание фосфора непосредственно под капельницей было примерно на уровне контроля, но его количество в почве возрастало как в направлении к центру междурядья, так и в ряду (рис. 3). Здесь отчетливо выражена горизонтальная миграция фосфора в слое 0-40 см, причем как в направлении ряда, так и в направлении центра междурядья. Также фосфор мигрирует и вниз: если в контроле его содержание в слое 0-20 см сопоставимо с содержанием при фертигации, то в более глубоких слоях почвы фосфора больше при фертигации, а в слое 61-80 см его количество увеличивается практически в 2 раза.

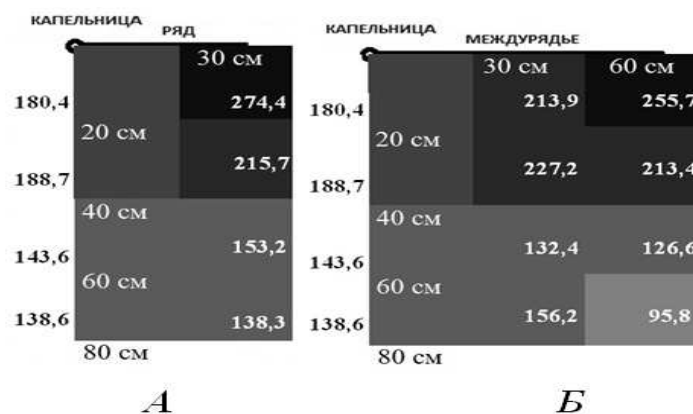


Рис. 3. Содержание доступного фосфора в ряду (А) и междурядье (Б) в насаждениях яблони сорта Лобо/ПБ-9 в ООО «Агроном-сад»

Содержание фосфора в слое 21-40 см (187,5-227,2 мг/кг) было выше, чем в контроле (142,5 мг/кг), при орошении его количество увеличивалось в направлении к периферии контура увлажнения. В слое 41-60 см содержание фосфора также выше, чем в контроле, но его распределение по горизонтали уже не имело значительных различий. В более глубоком слое 61-80 см содержание фосфора в почве насаждений яблони практически в 2 раза превышало контроль. Его количество в этом слое в ряду не изменялось, но снижалось по направлению к центру междурядья. В данном случае также видна миграция фосфора, в первую очередь в пределах контура увлажнения. О подобной миграции фосфатов – вглубь и по горизонтали сообщает Rauschkolb (1976) с сотрудниками [13].

Глицерофосфаты в почве могут достаточно быстро подвергаться ферментативному гидролизу, распадаясь до ортофосфатов при нейтральной и слабощелочной pH. Плохо растворяются трехзамещенные ортофосфаты. Но при образовании однозамещенных ортофосфатов с анионом  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  последние достаточно хорошо растворимы в воде и могут мигрировать.



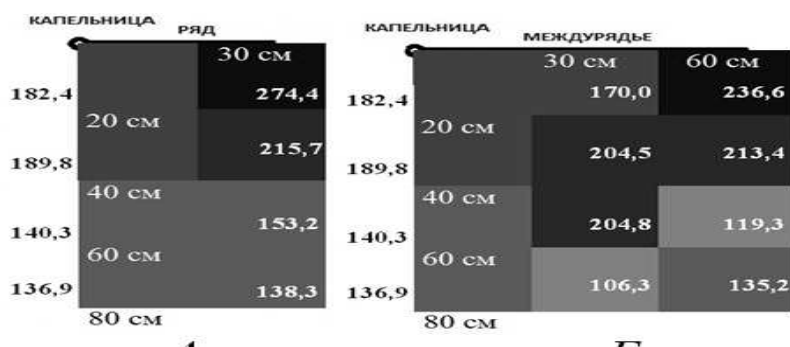


Рис. 4. Содержание доступного фосфора в ряду (А) и междурядье (Б) в насаждениях яблони сорта Спартан/ПБ9 в ООО «Агроном-сад»

В насаждениях яблони Спартан/ПБ-9 содержание фосфора в слое 0-20 см непосредственно под капельницей было на уровне контроля, но увеличивалось как в направлении ряда, так и в направлении центра междурядья (рис. 4), в слое 21-40 см также сохранялась подобная закономерность. В слое 41-60 см количество фосфора в почве насаждений было на уровне контроля, но значительно увеличивалось к точке 30 см от капельницы в направлении междурядья, после чего снижалось. В слое 61-80 см содержание фосфора было практически в 2 раза выше, чем в контроле. Низкая подвижность фосфора в значительной степени объясняется и тем, что он связан с гуминовыми кислотами и другими соединениями, которые имеют низкую растворимость. Однако за счет активности микроорганизмов почвы, в частности *Bacillus mucilaginosus*, *B. megaterium* и т.п., которые способны превращать сложные фосфорорганические соединения и трудно растворимые минеральные фосфаты в подвижные формы, возможна и нисходящая миграция фосфора в более глубокие слои почвы.

В ОАО «Дубовое» содержание фосфора в контроле в слое 0-20 см было на среднем уровне (171,3 мг/кг), то есть его можно считать достаточным (рис. 5). В слоях 21-40 см и 41-60 см его количество снижалось до 152,4 мг/кг и 125,2 мг/кг соответственно, что можно считать невысокой

обеспеченностью, а в слое 61-80 см его содержание снижалось фактически до низкого уровня обеспеченности – 72,7 мг/кг.

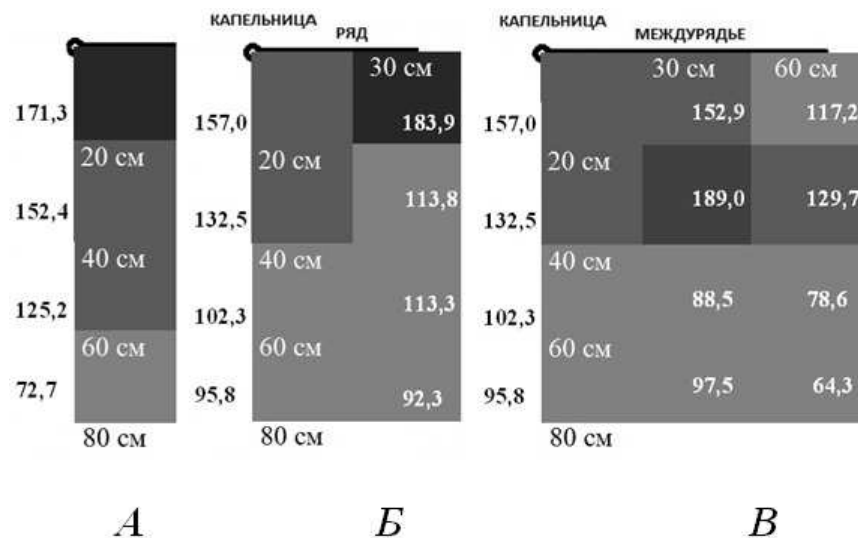


Рис. 5. Содержание доступного фосфора в контроле 1 (А) в междурядье (Б) и в ряду (В) в насаждениях яблони сорта Лобо/62-396 в ОАО «Дубовое»

В насаждениях Лобо/62-396 содержание доступного фосфора непосредственно под капельницей было ниже, чем в контроле в слое 0-20 см, и оно снижалось по направлению к центру междурядья. Это можно частично объяснить тем, что здесь была несколько меньшая норма внесения удобрений, чем в ОАО «Агроном» при практически одинаковой оросительной норме.

В междурядье на расстоянии 60 см от капельницы содержание фосфора составило только 117,2 мг/кг, но увеличивалось в направлении ряда до 183,9 мг/кг. Интересно, что в этой точке количество фосфора в нижележащих слоях почвы было даже ниже, чем в контроле, выравниваясь к слою 61-80 см. В слое 21-40 см содержание этого элемента под капельницей было чуть выше, чем в контроле, но оно также резко снижалось в направлении ряда до 113,8 мг/кг, но увеличивалось в направлении центра междурядья до 189,0 мг/кг, в дальнейшем снижалось до 129,7 мг/кг. В следующем

слое 41-60 см содержание фосфора под капельницей было на уровне контроля и по горизонтали как в направлении ряда, так и центра междурядья. Эта же закономерность характерна и для следующего слоя – 61-80 см. На этом участке отмечена миграция доступного фосфора, которую можно охарактеризовать уже как вымывание из контура увлажнения, что нельзя считать позитивным моментом.

Возможно, что ситуация с относительно низким содержания фосфора на участке с сортом Лобо/62-396 связана с особенностями рельефа местности, поскольку этот участок находится в некотором понижении. На другом участке с сортом Спартан/62-396, который находится также в пределах данного квартала в верхней части склона, особенности распределения фосфора несколько иные и напоминают ситуацию в ООО «Агрономсад» (рис. 6).

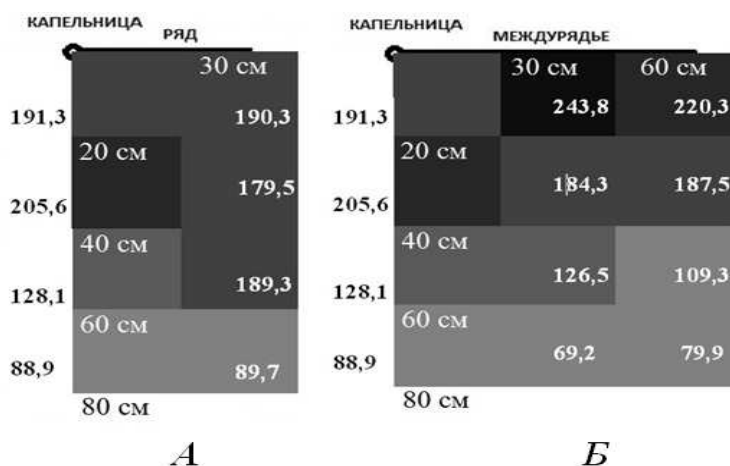


Рис. 6. Содержание доступного фосфора в ряду (А) в междурядье (Б) в насаждениях яблони сорта Спартан/62-396 в ОАО «Дубовое»

В насаждениях сорта Спартан/63-396 непосредственно под капельницей количество доступного фосфора в слое 0-20 см было практически оптимальным (191,3 мг/кг), несколько выше, чем в контроле, но оно существенно повышалось с увеличением расстояния от капельницы в направлении центра междурядья.

В слое 21-40 см содержание фосфора увеличивалось до 205,6 мг/кг, в направлении ряда и междурядья оно было выше, чем в контроле, хотя и несколько ниже, чем непосредственно под капельницей. В слое 41-60 см количество фосфора под капельницей на уровне контроля – 128,1 мг/кг, а на расстоянии 30 см в сторону ряда повышается до 189,3 мг/кг. В сторону междурядья оно постепенно снижается до 109,3 на расстоянии 60 см от капельницы. В слое 61-80 см содержание фосфора было в целом на уровне контроля.

Влияние капельного орошения, несомненно, сказывается на распределении доступного фосфора по слоям почвы. Фосфор вымывается из верхних горизонтов, особенно под капельницей, и лучше распределяется по всей глубине корнеобитаемого слоя. Это делает его более доступным для корней растений яблони, что особенно актуально для фосфора, как для одного из наименее подвижных элементов питания в почве. Однако, в ряде работ говорится о возможном негативном эффекте фертигации на черноземных почвах. В частности, сообщается о том, что фертигация может негативно влиять на физико-химические свойства черноземных почв за счет насыщения почвы ионами  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и вымывания  $\text{Ca}^{2+}$  [14]. Neilsen (1999) с коллегами сообщает о более низкой отзывчивости насаждений яблони при фертигации на почвах тяжелых по механическому составу по сравнению с легкими.

**Выводы.** Фертигация обеспечивала более высокий уровень содержания доступного фосфора в почве, чем в контроле, и иное распределение по слоям почвы, что, несомненно, способствовало повышению продуктивности растений. В условиях фертигации отмечена горизонтальная миграция фосфора на расстояние 30-60 см как в направлении ряда, так и междурядья и нисходящая миграция фосфора в слои 41-60 и 61-80 см, содержание фосфора в которых было значительно выше, чем в контроле.

### Литература

1. Boyton, D. Apple nutrition/ D. Boyton, G.H. Oberly; in: Nutrition of fruit crops; Childers, N.F. (ed.). – Horticultural Publications, New Brunswick, NJ, 1966. – Pp. 1-50.
2. Neilsen, G.H. Soil disinfection and monoammonium phosphate fertilization increase precocity of apples on replant problem soils/ G.H. Neilsen, J. Yorston. J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1991. – Vol. 116, No. 4. – Pp.651–654.
3. Neilsen, G.H. Flowering of apple trees in the second year is increased by first-year P fertilization/G.H. Neilsen, E.J. Hogue, P. Parchomchuk // HortScience. – 1990. – Vol.25, No 10. – Pp.1247–1250.
4. Webster, D.H. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders/ D.H. Webster, P.D. Lidster// Can. J. Plant Sci. – 1986. – Vol. 66. – No. 3. – Pp. 617–626.
5. Сабинин, Д.А. Влияние азотистых и фосфорнокислых удобрений на урожай хлопчатника в условиях вегетационного опыта: в кн. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – С. 460-482.
6. Benson, N.R. Phosphorus nutrition of young ‘Golden Delicious’ apple trees growing in gravel culture/ N.R. Benson, R.P. Covey// J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1979. – Vol. 104, No. 5 – Pp.682–685.
7. Кондаков, А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А.К. Кондаков. – Мичуринск, 2006. – 254 с.
8. Neilsen, G.H. Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium/ Neilsen, G.H., D. Neilsen, F. Peryea// HortTechnology. – 1999. – Vol.9, No. 3. – Pp.393–401.
9. Еремина, О.В. Строение корневой системы черешни в условиях орошаемого сада/О.В. Еремина, Г.Н. Жуков, В.М. Кареник // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 76(02). – С. 1-13.
10. Балашов, А.А. Продуктивность и архитектоника корневой системы яблони в интенсивных садах средней зоны садоводства, автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Балашов Александр Александрович. – Мичуринск, 2011. – 24 с.
11. Neilsen, G.H., P. Parchomchuk, D. Neilsen, B. Zearth. Drip irrigation of apple trees affects root distribution and development of K deficiency/ G.H. Neilsen, P. Parchomchuk, D. Neilsen, B. Zearth / Canadian Journal of Soil Science. – 2000. – Vol. 80, No. 2. – Pp. 353-361.
12. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амеляничик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова [и др.] / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
13. Rauschkolb, R.C. Phosphorus fertilization with drip irrigation/R.C. Rauschkolb, D.E. Rolston, R.J. Miller, A.B. Carlton, R.G. Burau// Soil Science Society of America Journal. – 1976. – Vol.40. – No.1. – Pp. 68-72.
14. Попова, В.П. Изменение свойств черноземов Северного Кавказа при капельном орошении плодовых насаждений / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Доклады РАСХН. – 2012.– № 3. – С. 37-40.

### References

1. Boyton, D. Apple nutrition/ D. Boyton, G.H. Oberly; in: Nutrition of fruit crops; Childers, N.F. (ed.). – Horticultural Publications, New Brunswick, NJ, 1966. – Pp. 1-50.
2. Neilsen, G.H. Soil disinfection and monoammonium phosphate fertilization increase precocity of apples on replant problem soils/ G.H. Neilsen, J. Yorston. J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1991. – Vol. 116, No. 4. – Pp.651–654.
3. Neilsen, G.H. Flowering of apple trees in the second year is increased by first-year P fertilization/G.H. Neilsen, E.J. Hogue, P. Parchomchuk // HortScience. – 1990. – Vol.25, No 10. – Pp.1247–1250.
4. Webster, D.H. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders/ D.H. Webster, P.D. Lidster// Can. J. Plant Sci. – 1986. – Vol. 66. – No. 3. – Pp. 617–626.
5. Sabinin, D.A. Vliyanie azotistyyh i fosfornokislyh udobrenij na urozhaj hlochatnika v usloviyah vegetacionnogo opyta: v kn. Izbrannyye trudy po mineral'nomu pitaniju rastenij / D.A. Sabinin – M.: Izd-vo «Nauka», 1971. – S. 460-482.
6. Benson, N.R. Phosphorus nutrition of young 'Golden Delicious' apple trees growing in gravel culture/ N.R. Benson, R.P. Covey// J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1979. – Vol. 104, No. 5 – Pp.682–685.
7. Kondakov, A.K. Udobrenie plodovyh derev'ev, jagodnikov, pitomnikov i cvetochnyh kul'tur / A.K. Kondakov. – Michurinsk, 2006. – 254 s.
8. Neilsen, G.H. Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium/ Neilsen, G.H., D. Neilsen, F. Peryea// HortTechnology. – 1999. – Vol.9, No. 3. – Pp.393–401.
9. Eremina, O.V. Stroenie kornevoj sistemy chereshni v usloviyah oroshaemogo sada/O.V. Eremina, G.N. Zhukov, V.M. Karenik // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2012. – № 76(02). – S. 1-13.
10. Balashov, A.A. Produktivnost' i arhitektonika kornevoj sistemy jabloni v intensivnyh sadah srednej zony sadovodstva, avtoref. diss. ... kand. s.-h. nauk / Balashov Aleksandr Aleksandrovich. – Michurinsk, 2011. – 24 s.
11. Neilsen, G.H., P. Parchomchuk, D. Neilsen, B. Zebarth. Drip irrigation of apple trees affects root distribution and development of K deficiency/ G.H. Neilsen, P. Parchomchuk, D. Neilsen, B. Zebarth / Canadian Journal of Soil Science. – 2000. – Vol. 80, No. 2. – Pp. 353-361.
12. Mineev, V.G. Praktikum po agrohimii / V.G. Mineev, V.G. Sychev, O.A. Amel'janichik, T.N. Bolysheva, N.F. Gomonova [i dr.] / pod. red. V.G. Mineeva. – M.: Izd-vo MGU, 2001. – 689 s.
13. Rauschkolb, R.C. Phosphorus fertilization with drip irrigation/R.C. Rauschkolb, D.E. Rolston, R.J. Miller, A.B. Carlton, R.G. Burau// Soil Science Society of America Journal. – 1976. – Vol.40. – No.1. – Pp. 68-72.
14. Popova, V.P. Izmenenie svojstv chernozemov Severnogo Kavkaza pri kapel'nom orosenii plodovyh nasazhdenij / V.P. Popova, T.G. Fomenko // Doklady RASHN. – 2012.– №3. – S. 37-40.