

УДК: 634.11:631.461.1:631.559(470.32)

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА В ПОЧВЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ЦЧР¹

Кузин А.И., кандидат с.-х. наук^{1,2},

Трунов Ю.В., доктор с.-х. наук¹,

¹Государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства

им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии

²Федеральное государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Мичуринский государственный аграрный университет»

(Мичуринск)

Реферат. Результаты многолетних исследований показывают, что содержание легкогидролизуемого азота в почве имеет положительную корреляцию с содержанием общего азота в листьях и урожайностью и может использоваться в качестве диагностического признака при оценке содержания азота в почве для определения и корректировки норм внесения азотных удобрений. Оптимальное содержание азота в листьях и высокая продуктивность растений было стабильным только при почвенном внесении азотных удобрений или в сочетании с некорневыми подкормками.

Ключевые слова: легкогидролизуемый азот почвы, яблоня, азотные удобрения, фертигация, содержание общего азота в листьях яблони

Summary. During long term research was detected that hydrolyzable nitrogen in the soil has a positive correlation with the total nitrogen content in the leaves and yield and it can be used as a diagnostic characteristic by evaluating the content of nitrogen in the soil in order to determine the application rates of nitrogen fertilizers. Stable and optimal nitrogen content in the leaves of plants and high productivity was achieved only when the nitrogen fertilizer were applied in soil or combination of soil a foliar application .

Keywords: hydrolyzable soil nitrogen, apple, nitrogen fertilizers, fertigation, total nitrogen in apple leaves

Плодородие почвы в значительной мере определяется содержанием в ней азота. Этот элемент является одним из так называемых «органогенов», т.к. входит в состав многих важнейших веществ, определяющих рост и развитие растительного организма, включая белки и ферменты. В то же время почвенный азот – один из немногих элементов питания, который не входит в состав материнских пород, а является в основном продуктом жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий, также соединения азота могут поступать в почву с осадками, остатками животных и растительных организмов, органическими и минеральными удобрениями.

Минеральное питание является важным фактором, обеспечивающим нормальную жизнедеятельность растений. Многолетние насаждения яблони должны быть постоянно обеспечены азотом. Для правильной оценки обеспеченности растений азотом лучше всего использовать результаты почвенно-листовой диагностики. Это позволяет учитывать обеспеченность почвы и рассчитывать нормы внесения удобрений в соответствии с потребностями растений. В работах ряда российских и зарубежных ученых говорится о значимости учета содержания легкогидролизуемого азота почвы для оценки почвенного плодородия [1, 2]. При этом сообщается, что подобный расчет нормы удобрений позволяет избежать попадания ионов NO_3^- в грунтовые воды. Тем не менее, во многих рекомендациях по оценке содержания азота в почве речь идет о содержании в первую очередь минерального азота: аммиачного и нитратного [1, 2].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 12-01-97504-р_центр_a

Для текущего обеспечения растений азотным питанием в первую очередь важна оценка именно содержания минерального азота в корнеобитаемом слое почвы. Но содержание минерального азота в целом не является стабильным и подвержено динамике. Оно зависит от многих факторов: нитратный азот может вымываться в грунтовые воды, а аммиачный улетучиваться в атмосферу [8]. Для создания долговременной программы удобрения сада необходим более стабильный показатель содержания азота в почве. Основной задачей нашего исследования было установление зависимости между продуктивностью растений, содержанием легкогидролизуемого азота в почве и общего азота в листьях.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в 2010-2013 гг. Опыты заложены согласно «Методическим указаниям по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях» [4]. Объектами исследования служили деревья яблони сорта Жигулёвское/62-396 в саду 2008 года посадки (4,5x1 м). Делянка 5 деревьев, повторность трехкратная. Некорневые подкормки проводились в начале распускания плодовых почек, фазу «розовый бутон», фазу полного цветения, опадения лепестков, в фазу «лещины», в фазу «грецкого ореха», по достижении плодами размера более 3 см в диаметре и за 4 и за 2 недели до уборки согласно рекомендации официального дистрибьютора.

Некорневые обработки применяли без внесения удобрений, на фоне поверхностного внесения удобрений с заделкой в почву на 10-15 см и фертигации. Величина нормы удобрений для ежегодного внесения в почву с заделкой и фертигации определялась на основании корректировки по содержанию легкогидролизуемого азота в почве и общего азота в листьях растений.

В качестве источника азота удобрений использовали аммиачную селитру, фосфора – суперфосфат, калия – хлорид калия. Для фертигации использовали нитроаммофоску и монофосфат калия. Некорневые подкормки проводили следующими препаратами:

1. мастер специальный – комплексное водорастворимое удобрение с микроэлементами в форме хелатов (формулой NPK+Mg 18.18.18.+3; Fe – 0,070; Mn – 0, 030; Zn – 0,010; Cu – 0, 005; B – 0,020; Mo – 0,001);
2. мегафол – биостимулятор, формула: NK 4,5; 2.9;
3. бороплюс – бор в органической форме (гидроборатэтиламин) B – 11%;
4. кальбит С – Са, 15%.

Содержание легкогидролизуемого азота в почве определяли по методу И. Тюрина и М. Конноновой [9]. Содержание общего азота в листьях определяли методом Кьельдаля по К. Гинзбург с соавторами [10].

Статистическую обработку результатов осуществляли по методу Б.А. Доспехова, (1985), а также с использованием программы Microsoft Office Excel 2007.

Погодные условия в эти годы были в целом благоприятными для роста и развития растений за исключением 2010 г. В этот год была экстремальная засуха, закладка и дифференциация плодовых почек проходили в период практически без осадков при высоких температурах (до +57⁰ С на солнечной стороне). На вегетацию и плодоношение растений в 2011 году оказали сильное влияние условия 2010 года. Условия 2012 года в целом, можно охарактеризовать как благоприятные для развития растений. В 2013 не было отмечено значительных экстремальных явлений в течение вегетации, но похождение фенологических фаз у яблони было несколько запоздалым в начале вегетационного периода с последующим ускорением, а в конце июля-начале августа было сильное переувлажнение почвы в саду в результате выпадения осадков.

Таблица 1 – Варианты опытов

Без внесения удобрений	Контроль 1	
	комплекс мастер	6* мастер + 2 бороплюс + 2 мегафол + 1 кальбит
	система 1	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 1 кальбит
	система 2	6 мастер + 2 бороплюс + 3 мегафол + 7 кальбит
	система 3	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 6 кальбит
Удобрение 2010-2012: N ₉₀ P ₃₀ K ₀ 2013: N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₅₀	без подкормок	
	комплекс мастер	6 мастер + 2 бороплюс + 2 мегафол + 1 кальбит
	система 1	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 1 кальбит
	система 2	6 мастер + 2 бороплюс + 3 мегафол + 7 кальбит
	система 3	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 6 кальбит
Фертигация 2010-2012: N ₃₀ P ₁₀ K ₀ 2013: N ₃₅ P ₂₀ K ₄₀	без подкормок	
	комплекс мастер	6 мастер + 2 бороплюс + 2 мегафол + 1 кальбит
	система 1	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 1 кальбит
	система 2	6 мастер + 2 бороплюс + 3 мегафол + 7 кальбит
	система 3	6 мастер + 2 бороплюс + 6 мегафол + 6 кальбит

* - количество обработок

Обсуждение результатов. Самым значимым интегральным показателем, на улучшение которого направлены усилия ученых и производителей, является урожайность. Наилучшие результаты в сумме за 4 года исследований были получены в вариантах с фертигацией без подкормок и со следующим комплексом: 6 мастер специальный + 2 бороплюс + 6 мегафол + 6 кальбит С, на фоне поверхностного внесения удобрений: 6 мастер специальный + 2 бороплюс + 2 мегафол + 6 кальбит С (табл.2). Т.е. очевидно, что формирование высоких урожаев происходит при высоком уровне корневого питания, но и некорневые подкормки также обеспечивают очень важное дополнение к последнему. За счет внесения удобрений в почву поддерживался оптимальный уровень содержания макроэлементов питания, а некорневые подкормки обеспечивали постоянное обеспечение растений микроэлементами, что важно для усвоения основных элементов питания. В частности, для успешного усвоения нитратного азота, необходим, например, высокий уровень обеспеченности молибденом [11]. Способствует поглощению азота также и бор [12]. Метаболизм азота и потребность в нем также тесно связаны с обеспеченностью растений цинком [13].

Таблица 2 – Урожайность деревьев яблони сорта Жигулевское/62-396 при использовании минеральных удобрений и некорневых подкормок

Фактор А	Фактор В	Урожайность, ц/га				Суммарная урожайность за 4 года	
		2010	2011	2012	2013	ц/га	в % к контролю
Без внесения удобрений	Контроль 1	36,6	19,0	210,0	36,3	301,9	100,0
	Комплекс Мастер	32,2	61,2	242,8	33,0	369,2	114,7
	Система 1	32,3	47,0	324,6	21,2	425,1	132,0
	Система 2	31,7	27,2	216,9	56,2	332,0	103,1
	Система 3	40,6	34,2	293,5	38,7	407,0	124,4
Удобрение 2010-2012: N ₉₀ P ₃₀ K ₀ 2013: N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₅₀	Контроль 2	33,1	22,6	249,9	48,1	353,7	104,7
	Комплекс Мастер	38,3	50,7	272,7	43,1	404,8	125,6
	Система 1	38,8	33,0	291,4	48,5	411,7	127,9
	Система 2	40,2	43,8	322,4	55,2	461,6	143,4
	Система 3	48,4	42,2	233,8	60,5	384,9	119,6
Фертигация 2010-2012: N ₃₀ P ₁₀ K ₀ 2013: N ₃₅ P ₂₀ K ₄₀	Контроль 3	42,1	80,7	350,5	48,1	521,4	162,0
	Комплекс Мастер	37,9	55,6	198,0	66,7	358,2	111,3
	Система 1	42,7	30,5	284,7	47,5	405,4	125,9
	Система 2	43,8	11,7	271,5	60,0	387,0	120,2
	Система 3	49,5	38,3	331,0	60,9	479,7	149,0

HCP_{05A} 9,56 11,28 23,44 14,67

HCP_{05B} 12,89 14,47 30,26 16,26

HCP_{05AB} 12,89 14,47 30,26 16,26

Содержание легкогидролизуемого азота в опытных делянках без внесения удобрений за годы исследований колебалось в пределах 86,2-134,2 мг/кг почвы, при поверхностном внесении удобрений 134,4-201,6 мг/кг, при фертигации 154,4-228,6 (табл. 3). Согласно классификации для пахотных почв для полевых сельскохозяйственных культур [1] содержание азота в первом случае можно оценить как низкое, а при внесении удобрений как среднее, причем обращает на себя внимание тот факт, что использование фертигации позволило увеличить содержание азота почвы при существенно более низких нормах удобрений.

За три последних года исследований мы обнаружили устойчивую положительную корреляцию между содержанием легкогидролизуемого азота почвы и урожайностью. Только в 2011 году, после сильнейшего стресса предыдущего года коэффициент корреляции составил 0,39 (рис. 1). В 2011, в 2012 и 2013 гг. коэффициент превысил значение 0,50.

Таким образом, можно говорить о достаточно высокой положительной корреляции содержания в почве легкогидролизуемого азота с урожайностью.

Таблица 3 – Содержание легкогидролизуемого азота в почве опытных делянок при различных способах и нормах внесения удобрений

Фактор А	Фактор В	Содержание легкогидролизуемого азота в почве, мг/кг			
		2010	2011	2012	2013
Без внесения удобрений	Контроль 1	124,8	118,4	117,6	90,7
	Комплекс Мастер	126,7	137,9	143,9	126,8
	Система 1	117,3	129,4	139,8	86,2
	Система 2	134,2	127,7	126,7	116,8
	Система 3	107,1	139,9	135,6	121,2
Удобрение 2010-2012: N ₉₀ P ₃₀ K ₀ 2013: N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₅₀	Контроль 2	174,2	143,6	134,7	147,0
	Комплекс Мастер	172,3	188,1	179,2	201,6
	Система 1	163,4	201,6	156,4	153,8
	Система 2	155,2	189,4	186,8	138,9
	Система 3	176,7	178,3	144,4	136,1
Фертигация 2010-2012: N ₃₀ P ₁₀ K ₀ 2013: N ₃₅ P ₂₀ K ₄₀	Контроль 3	186,7	187,3	229,6	166,3
	Комплекс Мастер	188,7	181,5	212,8	202,2
	Система 1	172,3	159,4	173,6	183,6
	Система 2	199,4	158,4	179,2	167,7
	Система 3	176,5	176,3	184,8	154,4

Содержание легкогидролизуемого азота в почве, несмотря на относительную трудоемкость анализа, можно и нужно использовать при проведении мероприятий почвенной диагностики, потому что в отличие от минерального азота (аммиачного и нитратного), обладающего достаточно высокой сезонной динамикой, содержание легкогидролизуемого азота более стабильно.

Важной составной частью оценки обеспеченности элементами питания является растительная диагностика. Высокое содержание элементов питания в почве далеко не всегда может определять хорошее физиологическое состояние растений и обеспечивать тем самым высокую продуктивность и качество. Лист растений является органом, где происходят основные физиологические процессы, поэтому он является и диагностическим органом.

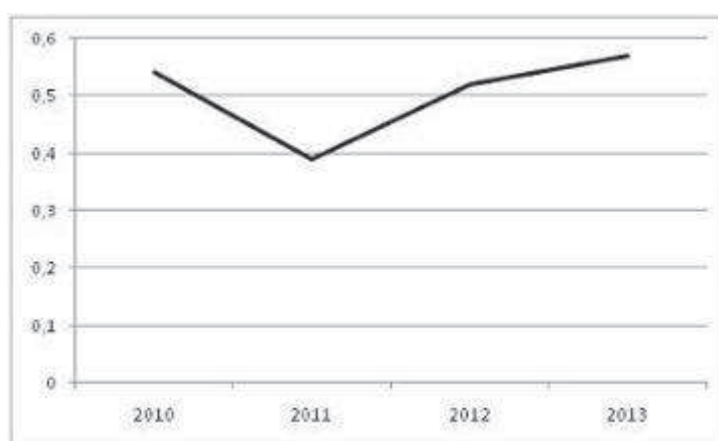


Рис. 1. Динамика корреляции между содержанием легкогидролизуемого азота почвы и урожайностью

Существует много различных работ, посвященных листовой диагностике питания яблони. В условиях ЦЧР много внимания листовой диагностике уделял А.К. Кондаков, существуют также многочисленные справочники и рекомендации по листовой диагностике минерального питания яблони. Содержание общего азота в листьях растений за годы исследований было в пределах 1,17-2,54% (табл. 4). Оптимальным содержанием по А.К. Кондакову (2006) является 1,8-2,5%.

Таблица 4 – Содержание общего азота в листьях растений яблони Жигулевское/62-396 при различных способах применения минеральных удобрений

Фактор А	Фактор В	Содержание общего азота, % с.в.			
		2010	2011	2012	2013
Без внесения удобрений	Контроль 1	1,63	1,17	1,37	1,17
	Комплекс Мастер	1,54	2,35	2,00	1,25
	Система 1	1,44	1,70	1,81	1,58
	Система 2	1,50	1,94	2,00	1,68
	Система 3	1,32	2,40	2,54	1,55
Удобрение 2010-2012: N ₉₀ P ₃₀ K ₀ 2013: N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₅₀	Контроль 2	1,71	2,23	2,40	1,82
	Комплекс Мастер	1,66	2,20	2,20	2,08
	Система 1	1,61	1,57	1,61	1,77
	Система 2	1,44	2,17	2,25	1,88
	Система 3	1,58	1,58	1,56	1,92
Фертигация 2010-2012: N ₃₀ P ₁₀ K ₀ 2013: N ₃₅ P ₂₀ K ₄₀	Контроль 3	1,47	2,40	2,44	2,33
	Комплекс Мастер	1,55	1,75	1,86	2,33
	Система 1	1,48	2,10	2,20	2,40
	Система 2	1,66	1,98	2,00	1,94
	Система 3	1,78	2,12	2,10	2,43

В 2010 году содержание азота во всех вариантах опыта было ниже оптимального, что можно объяснить экстремальной засухой. Тем не менее, коэффициент корреляции между содержанием легкогидролизуемого азота в почве и содержанием общего азота в листьях яблони составил 0,53 (рис. 2), хотя коэффициент корреляции между содержанием азота в листьях и урожайностью всего 0,23 (рис. 3). В 2011 году коэффициент корреляции между содержанием азота в почве и в листьях составил 0,16, а между содержанием азота в листьях и урожайностью 0,48. В 2012 году между содержанием азота в листьях и в почве составил 0,39, между содержанием азота в листьях и урожайностью 0,52. В 2013 году азот в почве и азот в почве и азот в листьях – 0,79, азот в листьях и урожайность – 0,63.

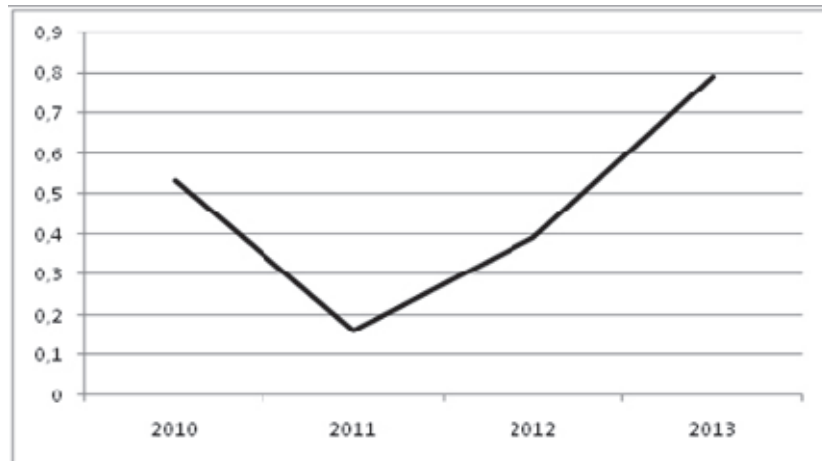


Рис. 2. Динамика корреляции между содержанием общего азота в листьях и легкогидролизуемого азота в почве

Подобную динамику можно в целом охарактеризовать как положительную корреляцию, особенно, с учетом того количества факторов, которые действуют на изучаемые показатели. Снижение коэффициента корреляции в 2011 году вызвано последствиями сильнейшего стресса в 2010.

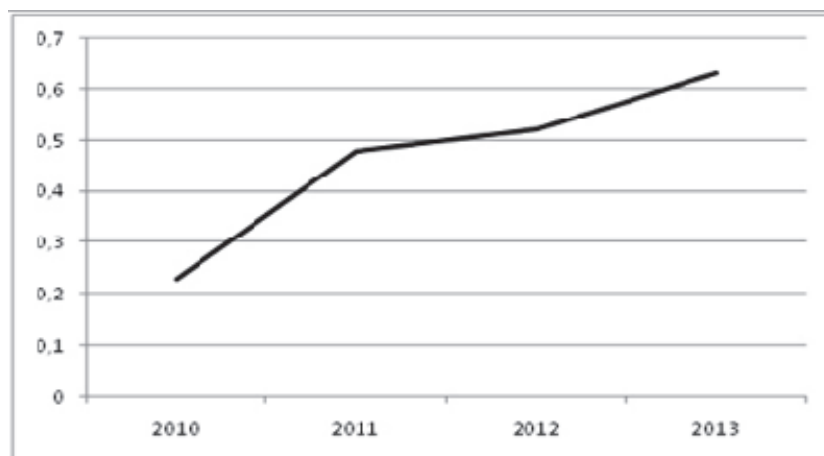


Рис. 3. Динамика корреляции между содержанием общего азота в листьях и урожайностью

В 2010 году не было четкой положительной взаимосвязи между содержанием легкогидролизуемого азота в почве и урожайностью. Снижение продуктивности растений в этом году было вполне логичным при практически полном отсутствии осадков в течение

двух месяцев вегетации. В остальные годы исследований корреляция между содержанием легкогидролизуемого азота в почве и урожайностью была положительной.

Выводы. 1. Для формирования высокой продуктивности растений в условиях интенсивного сада необходимо сочетание различных форм внесения удобрений в почву с системой некорневых подкормок, основой которой является применение микроэлементов и биостимуляторов.

2. Оптимальное содержание общего азота в листьях в наших опытах было стабильным только при внесении азотных удобрений в почву, за исключением экстремально засушливого 2010 года.

3. Содержание общего азота в листьях и легкогидролизуемого азота в почве имело положительную корреляцию за исключением 2011 г., содержание легкогидролизуемого азота в почве имело устойчивую положительную корреляцию с урожайностью.

4. Содержание легкогидролизуемого азота в почве является важным показателем при проведении мероприятий почвенно-лиственной диагностики минерального питания яблони.

Литература

1. Лукин, С.В. Агроэкологическая оценка содержания азота в сельскохозяйственных растениях и почвах Белгородской области/С.В. Лукин, Н.С. Четверикова, М.А. Ероховец // Научные ведомости БелГУ; серия Естественные науки. – 2011. – № 21 (116), вып. 17. – С. 95-102.
2. Quast, P. Einflß von unterschiedlichen Dыngertypen bzw. Dыngertechniken auf den Ertrag und die N_{min}-Versiecherung in Erdbeehrepflanzungen/P. Quast// Mitt. Obstbauvers. des Alten Landes Ring Jork. – 1988. – Vol.43 – S. 306-316.
3. Кондаков, А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А.К. Кондаков. – Мичуринск, 2006. – 254 с.
4. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях /А.К. Кондаков, А.А. Пастухова. – Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства МСХ СССР (ЦИНАО). – Москва, 1981. – 39 с.
5. Трунов, Ю.В. Применение удобрений в садах / Ю.В. Трунов, А.И. Кузин, О.А. Грезнев // Система производства плодов яблони в интенсивных садах средней полосы России: рекомендации / под ред. Ю.В. Трунова. – Воронеж: Изд-во «Кварта», 2011. – С. 63-77.
6. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник/В.В. Церлинг. – М., «Агропромиздат», 1988. – 235 с., [16] л. ил.
7. Friedrich, G. Physiologische Grundlagen des Obstbaues/G. Friedrich, M. Fischer [u.a.]. – Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH&Co, 2000. – 512 S.
8. Riley, W.J. Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico/W.J. Riley, I. Ortiz-Monasterio, P.A. Matson// Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2001. – Vol. 68. – Pp. 223-236.
9. Петербургский, А.В. Практикум по агрономической химии/А.В. петербургский. – Изд. 6, перераб. и доп. – М.: Колос, 1968. – 496 с.
10. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии - 2-е изд.: Учебное пособие/ В.Г. Минеев, В.Г.Сычев, О.А. Амелянчик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова, Е.П. Дурьнина, В.С. Егоров, Е.В. Егорова, Н.Л. Едемская, Е.А. Карпова, В.Г. Прижукова. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с.
11. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / Третьяков Н.Н., Е.И. Кошкин, Макрушин Н.М. [и др.]; под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 1998. – 640 с.
12. Weinbaum, S.A. Fertilizer nitrogen and boron uptake, storage, and allocation vary during the alternate-bearing cycle of pistachio trees/ S.A. Weinbaum, G.A. Picchioni, T.T. Muraoka, L. Ferguson, P.H. Brown// J.Amer. Soc. Hort. Sci. – 1994. – Vol. 119. – Pp.24–31.
13. Sanchez, E. E. Comparative movement of labelled nitrogen and zinc in 1-year-old peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] trees following late-season foliar application/ E. E. Sanchez, S.A.Weinbaum, R. S. Johnson// Journal of Horticultural Science & Biotechnology. – 2006. – Vol. 81, No. 5. – Pp. 839–844.