

УДК 634.11:631.416.1:581.13(470.32)

UDK 634.11:631.416.1:581.13(470.32)

**СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА В ПОЧВЕ КАК ВАЖНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА**

**HYDROLYZABLE SOIL NITROGEN CONTENT AS AN IMPORTANT INDEX FOR APPLE NUTRITION DIAGNOSTICS IN THE CONDITIONS OF CENTRAL BLACK EARTH REGION**

Кузин Андрей Иванович  
к. с.-х. н., доцент  
*Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия*

Kuzin Andrei Ivanovich  
Cand.Agr.Sci., senior lecturer  
*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*

Трунов Юрий Викторович  
д. с.-х.н., профессор  
*Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия*

Trunov Yury Viktorovich  
Dr.Agr.Sci., professor  
*Russian research institute for horticulture named in honor of I.V. Michurin, Michurinsk, Russia*

Соловьев Александр Валерьевич  
к. с.-х. н., доцент  
*Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия*

Solovyev Alexandr Valeryevich  
Cand.Agr.Sci., senior lecturer  
*Russian research institute for horticulture named in honor of I.V. Michurin, Michurinsk, Russia*

Тарова Зинаида Николаевна  
к. с.-х. н., доцент  
*Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия*

Tarova Zinaida Nikolayevna  
Cand.Agr.Sci., senior lecturer  
*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*

Приведены результаты многолетних исследований по изучению содержания в почве различных форм азота и их взаимосвязей с содержанием общего азота в листьях и урожайностью. Обнаружена устойчивая положительная корреляция содержания легкогидролизуемого азота в почве с содержанием общего азота в листьях и урожайностью. Предлагается использование этого показателя в качестве диагностического для оценки обеспеченности почвы азотом.

There are given the results of long-term research of different forms of soil nitrogen content and their relationships with the content of total nitrogen in leaves and yield. It was detected a strong positive correlation among them hydrolyzable nitrogen content in the soil and total nitrogen content in the leaves and yield. It is proposed the use of this index for diagnostic of soil nitrogen supply

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, УРОЖАЙНОСТЬ, ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМЫЙ АЗОТ ПОЧВЫ, ОБЩИЙ АЗОТ ЛИСТЬЕВ, НИТРАТНЫЙ АЗОТ ПОЧВЫ, АММОНИЙНЫЙ АЗОТ ПОЧВЫ

Keywords: APPLE, YIELD, SOIL HYDROLYZABLE NITROGEN, TOTAL LEAF NITROGEN, NITRATE SOIL NITROGEN, AMMONIUM SOIL NITROGEN

Успех возделывания различных сельскохозяйственных культур, в т.ч. яблони, в значительной степени, зависит от содержания доступных азотсодержащих веществ в почве, поскольку азот входит в состав многих важнейших веществ, определяющих рост и развитие растительного организма, включая белки и ферменты. Азот – четвертый элемент по содержанию в растениях после углерода, кислорода и водорода. Азот поступает в

растения в основном из почвы. При такой высокой потребности растений в азоте следует учитывать тот факт, что почвенный азот – один из немногих элементов питания, который не входит в состав материнских пород. Поэтому правильное снабжение растений азотом имеет особое значение.

Минеральное питание является важным фактором для обеспечения нормальной жизнедеятельности растений. Человек может и должен управлять этим фактором для повышения продуктивности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции. Насаждения яблони, в течение многих лет произрастающие на одном месте, должны быть постоянно обеспечены оптимальным уровнем содержания азота в почве [12]. Для контроля за содержанием этого элемента можно и нужно использовать результаты почвенно-листовой диагностики минерального питания растений [10]. Благодаря такой диагностике, удобрения применяются в соответствии с потребностями растений и с учетом обеспеченности почвы. Во многих работах, как в России, так и за рубежом, приводятся данные о необходимости определения содержания легкогидролизуемого азота почвы для оценки почвенного плодородия [5, 17, 18, 21]. Приводятся также сведения о том, что при таких расчетах удастся избежать попадания ионов  $\text{NO}_3^-$  в грунтовые воды [19]. Однако во многих рекомендациях по оценке содержания азота в почве речь идет о содержании минерального азота: аммонийного и нитратного [4, 12, 14, 15]. Растения поглощают азот, преимущественно, в нитратной и аммонийной формах, и для оценки текущей обеспеченности эти показатели важны. Но содержание минерального азота в целом не является стабильным и подвержено изменениям в течение сезона (а аммонийного даже в течение суток). Оно зависит от многих факторов – нитратный азот может вымываться в грунтовые воды, а аммонийный – улетучиваться в атмосферу [20]. В течение вегетационного сезона содержание минерального азота в почве может изменяться в 3 и более раз [16]. Для создания долговременной программы удобрения сада необходим более стабильный показатель

содержания азота в почве. При этом следует помнить о том, что обеспечение только одним азотом недостаточно. Растения должны быть обеспечены всеми элементами питания как за счет внесения удобрений, так и некорневых подкормок [11].

### **Объекты и методика исследования**

Исследования проводились в 2010–2013 гг. в опытном саду ВНИИС им. И.В. Мичурина. Опыты заложены согласно «Методическим указаниям по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях» [7]. Объектами исследования служили деревья яблони сорта Жигулёвское/62-396 в саду с капельным орошением (4,5×1 м), 2008 года посадки. Делянка – 5 деревьев, повторность трехкратная. На фоне различных способов внесения удобрений, включая фертигацию и некорневые подкормки, изучали обеспеченность растений и почвы азотом. Обработки проводились в начале распускания плодовых почек, фазу «розовый бутон», фазу полного цветения, после окончания цветения, в фазы «лесного ореха», «грецкого ореха», по достижении плодами размеров более 5 см в диаметре, за 4 и за 2 недели до уборки согласно существующим рекомендациям.

Величина нормы удобрений для ежегодного внесения в почву с заделкой и при фертигации определялась на основании корректировки по содержанию легкогидролизуемого азота в почве и листьях растений. В качестве источника азота использовали аммиачную селитру, фосфора – суперфосфат, калия – сульфат калия. Для фертигации применяли нитроаммофоску и монофосфат калия. Удобрения вносили ежегодно весной, фертигационные поливы проводили еженедельно в период с момента окончания цветения и заканчивали за неделю до съема плодов.

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 – Ca, 15 %.

Опыт был заложен по следующей схеме:

Без внесения удобрений	Контроль 1	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
Удобрение 2010-2012: N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>250</sub>	Контроль 2	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 <sub>30</sub> P <sub>10</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>35</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	Контроль 3	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

Отбор проб листьев проводили в оптимальные сроки по рекомендациям А.К. Кондакова [4] в начале – середине августа со средней части однолетних приростов, отбор проб почвы в конце сентября на глубину основ-

ного корнеобитаемого слоя 0–40 см. Содержание легкогидролизуемого азота в почве определяли по методу И. Тюрина и М. Конноновой [9]. Содержание общего азота в листьях определяли методом Къельдаля по К. Гинзбург с соавторами [6]. Содержание нитратного азота определяли колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой, содержание аммонийного азота – колориметрическим методом с реактивом Несслера [1]. Статистическую обработку результатов осуществляли по Б.А. Доспехову [3], а также с использованием программы Microsoft Office Excel 2007.

Закладка опытов была сделана в 2010 году, который был экстремальным по многим показателям – в течение 2 месяцев не было осадков, а температура днем достигала  $+57^{\circ}\text{C}$  на солнечной стороне кроны. Условия этого года оказали большое влияние и на развитие растений в течение вегетации в 2011 году. В 2012 году растения в целом вегетировали достаточно хорошо. В 2013 году не было отмечено значительных экстремальных явлений в течение вегетации, но прохождение фенологических фаз у яблони было несколько запоздалым, а в конце июля – начале августа было сильное переувлажнение почвы в саду в результате выпадения осадков.

### **Результаты исследований**

За годы исследований содержание легкогидролизуемого азота в почве опытных делянок без внесения удобрений колебалось в пределах 86,2–134,2 мг/кг почвы, при поверхностном внесении удобрений – 134,4–201,6, при фертигации – 154,4–228,6 мг/кг (табл. 1). Согласно классификации для полевых сельскохозяйственных культур в пахотных почвах [5], 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. В настоящий момент перед плодоводством России стоит задача интенсификации отрас-

ли, в т.ч. и за счет оптимального использования эффективности применения удобрений при снижении затрат на их внесение [2].

Таблица 1 – Содержание легкогидролизуемого азота в почве опытных  
деленок при различных способах и нормах внесения удобрений

Показатель	Показатель	Содержание легкогидролизуемого азота в почве, мг/кг			
		2010 г.	2011г.	2012г.	2013 г.
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 <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>250</sub>	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 <sub>30</sub> P <sub>10</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>35</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	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
	<i>HCP<sub>05A</sub></i>	2,6	3,4	3,1	2,9
	<i>HCP<sub>05B</sub></i>	2,3	2,8	2,7	2,4
	<i>HCP<sub>05AB</sub></i>	2,3	2,8	2,7	2,4

Общепринятым показателем для оценки питания растений с точки зрения состояния растений является содержание азота в листе. Высокая обеспеченность почвы отдельными элементами питания далеко не всегда может определять хорошее физиологическое состояние растений и обеспе-

чивать высокую продуктивность растений и качество продукции. Лист является, по-существу, «фабрикой», где активно происходит синтез органических веществ и целый ряд других важнейших физиологических процессов. Именно поэтому в листе наиболее высокое содержание элементов питания по сравнению с другими органами, и он является индикаторным органом, наиболее удачно подходящим для диагностических целей. Много авторов активно работали по совершенствованию этого вопроса. В условиях ЦЧР особое внимание листовой диагностике уделял А.К. Кондаков [4], интересны работы в этой области [14] и других авторов. Мы также уделяли внимание именно листовой диагностике питания растений [10].

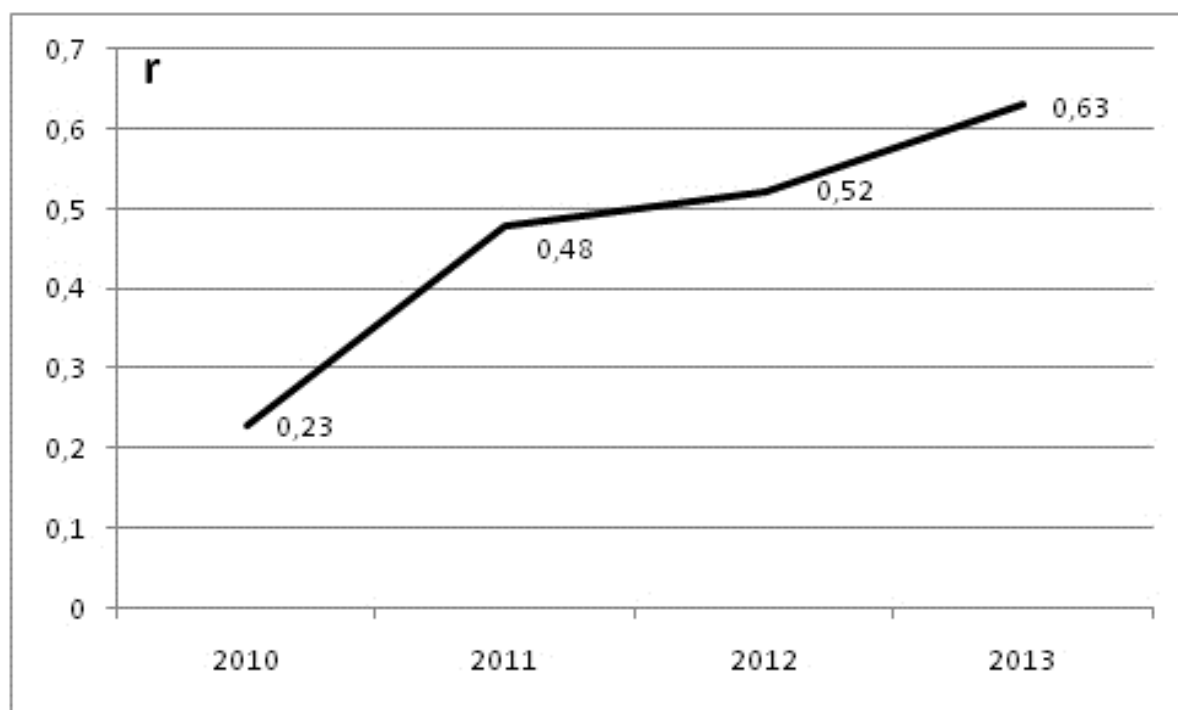


Рисунок 1. Коэффициент корреляции между содержанием общего азота в листьях и урожайностью

По нашим данным, корреляция между содержанием общего азота в листьях только в экстремальном по летним температурам 2010 году была на уровне 0,23, в 2011 коэффициент корреляции составил +0,48, в 2012 году +0,52; в 2013 – +0,63 (рис. 1). В 2010 году, как уже упоминалось выше, отмечены экстремальные условия, и был поставлен ряд температурных ре-

кордов за более чем 100 лет метеорологических наблюдений. Поэтому относительно низкий коэффициент корреляции в 2010 году вполне объясним. В 2011 году вегетация проходила под влиянием сложнейших условий предшествующего года. Именно поэтому в нашем опыте мы наблюдали возрастанием коэффициента корреляции содержания легкогидролизуемого азота почвы и урожайности по мере стабилизации погодных условий.

Содержание общего азота в листьях растений за годы исследований было в пределах 1,17–2,54 % (табл. 2). Оптимальным содержанием по А.К. Кондакову (2006) является 1,8–2,5 %.

В 2010 году на фоне экстремальной засухи внесенные удобрения не оказали влияния на содержания азота в листьях. В 2011 и 2012 гг. не только внесение удобрений, но и некорневые подкормки способствовали повышению уровня содержания азота в листьях по сравнению с контролем 1. В 2013 г. применение некорневых подкормок не обеспечило оптимального содержания азота в листьях, таковой был только при внесении удобрений в почву.

Даже в 2010 г. коэффициент корреляции между содержанием легкогидролизуемого азота в почве и содержанием общего азота в листьях яблони составил 0,53 (рис. 2). В 2011 году коэффициент корреляции между содержанием азота в почве и в листьях составил +0,16; в 2012 году – +0,39; в 2013 – +0,79. Исходя из полученных данных, можно говорить о том, что содержание легкогидролизуемого азота в почве, в целом, положительно коррелирует с содержанием общего азота в листьях.

Содержание нитратного и аммонийного азота в почве (2010, 2011 гг.) было ниже среднего (табл. 3), а в 2012 произошло резкое увеличение содержания аммонийного азота в почве, несмотря на достаточно высокую урожайность (210–350 ц/га), в 2013 году суммарное содержание нитратного и аммонийного азота в почве было низким.



Таблица 2 – Содержание общего азота в листьях растений яблони Жигулевское/62-396 при различных способах применения минеральных удобрений

Показатель	Показатель	Содержание общего азота, % с.в.			
		2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
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 <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>250</sub>	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 <sub>30</sub> P <sub>10</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>35</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	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
	<i>HCP<sub>05A</sub></i>	0,22	0,27	0,29	0,26
	<i>HCP<sub>05B</sub></i>	0,19	0,24	0,26	0,24
	<i>HCP<sub>05AB</sub></i>	0,19	0,24	0,26	0,24

Подобные резкие перепады свидетельствуют о достаточно сложной интерпретации этих данных для формирования системы удобрений в многолетних насаждениях, где в растениях есть определенные запасы азота.

Коэффициенты корреляции содержания нитратного азота в почве с содержанием общего азота в листьях соответственно: 2010 г. – +0,32; 2011 г. – +0,52; 2012 г. – -0,13; 2013 – -0,10. Коэффициенты корреляции аммонийного азота с содержанием общего азота в листьях соответственно: 2010 г. – +0,18; 2011 г. – +0,34; 2012 г. – +0,15; 2013 г. – -0,35. Коэффициенты корреляции суммы нитратного и аммонийного азота почвы с содержанием

общего азота в листьях соответственно: 2010 г. – +0,30; 2011 г. – +0,51; 2012 г. – +0,14; 2013 г. – -0,26.

Таблица 3 – Содержание нитратного и аммонийного азота в почве опытных делянок

Показатель	Показатель	Содержание нитратного и аммонийного азота в почве, мг/кг											
		2010 г.			2011 г.			2012 г.			2013 г.		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Σ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Σ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Σ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Σ
Без внесения удобрений	Контроль 1	9,2	3,1	12,3	1,3	3,1	4,4	3,0	44,4	47,4	5,7	7,9	13,6
	Комплекс Мастер	8,1	4,2	12,3	1,7	4,3	6,0	3,4	44,8	48,2	9,9	6,0	15,9
	Система 1	5,4	6,2	11,6	1,9	4,2	6,1	11,0	95,2	106,2	7,3	11,1	18,4
	Система 2	6,1	17,4	23,5	3,9	2,9	6,8	4,8	94,8	99,6	5,3	7,2	12,5
	Система 3	2,9	9,5	12,4	4,8	5,1	9,9	3,6	119,6	123,2	5,3	11,5	16,8
Удобрение 2010-2012: N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>250</sub>	Контроль 2	4,8	6,2	11,0	3,9	6,2	10,1	3,6	23,0	26,6	3,6	5,2	8,8
	Комплекс Мастер	7,1	7,3	14,4	2,9	2,3	5,2	4,0	48,6	52,6	6,6	5,1	11,7
	Система 1	6,8	3,3	10,1	1,5	2,9	4,4	4,8	40,2	45,0	4,8	9,7	14,5
	Система 2	8,2	5,9	14,1	3,4	5,9	9,3	3,9	89,6	93,5	2,9	15,5	18,4
	Система 3	8,4	4,7	13,1	2,7	4,8	7,5	4,7	88,8	93,5	4,1	8,5	12,6
Фертигация 2010-2012: N <sub>30</sub> P <sub>10</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>35</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	Контроль 3	5,6	4,4	10,0	2,9	4,4	7,3	6,2	39,2	45,4	3,4	5,6	9,0
	Комплекс Мастер	6,8	7,4	14,2	3,0	5,1	8,1	4,0	54,0	58,0	11,4	6,0	17,4
	Система 1	4,7	6,3	11,0	4,2	4,2	8,4	2,9	112,4	115,3	6,2	10,8	17,0
	Система 2	5,6	5,8	11,4	5,4	3,6	9,0	5,1	84,8	89,9	3,9	6,9	10,8
	Система 3	6,2	19,7	25,9	4,3	7,6	11,9	3,0	78,4	81,4	4,9	4,7	9,6
	<i>HCP<sub>05A</sub></i>	0,2	1,5	1,5	0,4	0,5	0,7	0,8	6,4	3,6	0,7	1,1	1,1
	<i>HCP<sub>05B</sub></i>	0,2	1,9	2,0	0,6	0,6	0,9	1,1	8,2	4,6	0,9	1,4	1,4
	<i>HCP<sub>05AB</sub></i>	0,2	1,9	2,0	0,6	0,6	0,9	1,1	8,2	4,6	0,9	1,4	1,4

Полученные данные указывают на то, что между содержанием нитратного и аммонийного азота почвы и общего азота в листьях многолетних растений яблони нет устойчивой положительной корреляции. По сообщению ряда российских авторов, в нашей зоне даже на соседних участках, относящихся к одному типу почвы, может содержаться разное количество минеральных питательных веществ [8]. Это может служить подтверждением

ем положения о том, что минеральные формы азота очень не стабильны по своему содержанию в почве, то есть именно содержание в почве легкогидролизуемого азота позволяет более объективно судить об уровне обеспеченности почвы азотом. Это хорошо видно на графике (рис.1), где содержание минерального азота не имеет ни положительной, ни отрицательной корреляции с содержанием азота в листьях яблони.

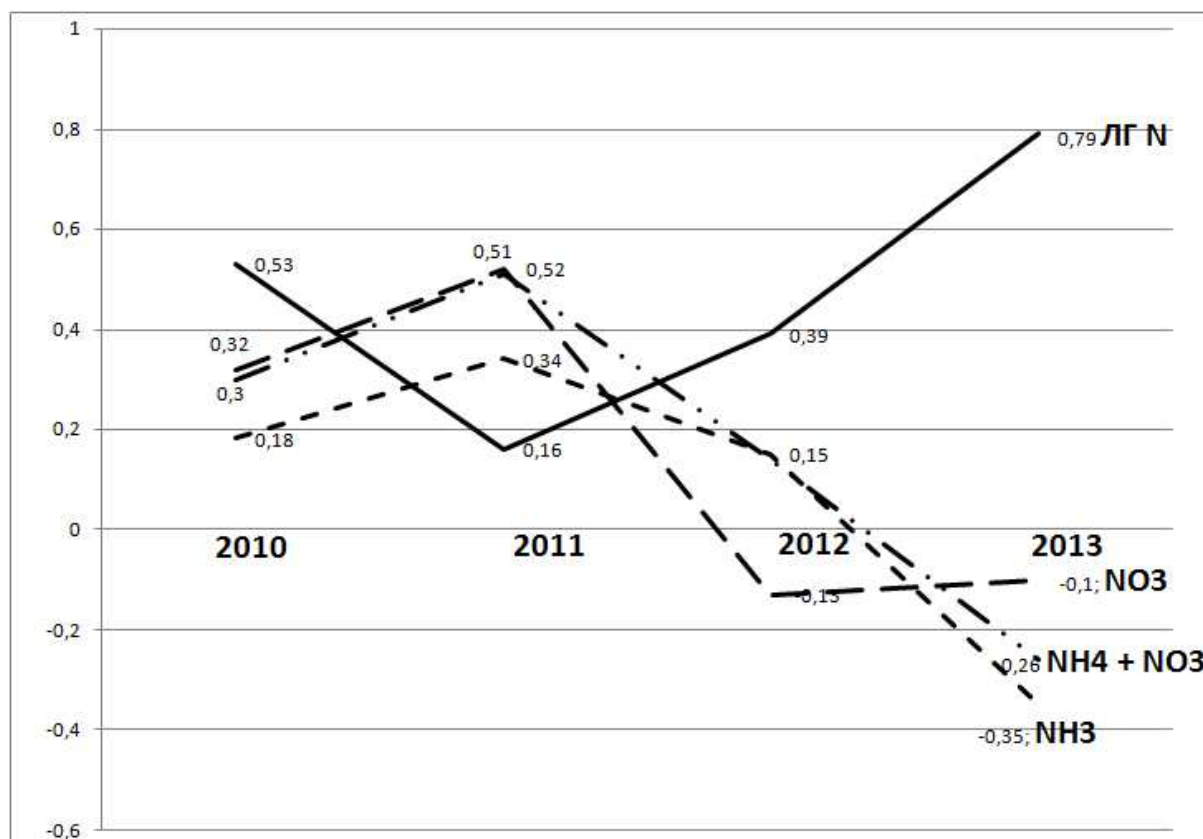


Рисунок 2. Коэффициенты корреляции между содержанием общего азота в листьях и легкогидролизуемого и минерального азота в почве

Все мероприятия по листовой и почвенной диагностике имеют своей целью в конечном итоге повышение урожайности при снижении затрат на внесение удобрений и повышении экологичности. В этой связи очень интересно посмотреть на зависимость урожая от содержания различных видов азота в почве (рис. 3). При этом следует отметить, что формирование больших урожаев происходит при высоком уровне корневого питания, но и некорневые подкормки также вносят очень важное дополнение к послед-

нему. За счет рационального внесения удобрений в почву поддерживается оптимальный уровень содержания необходимых макроэлементов, а некорневые подкормки поддерживают постоянное обеспечение растений микроэлементами, что важно для усвоения основных элементов питания. Так, например, для усвоения нитратного азота необходим достаточный уровень обеспеченности молибденом (Физиология, 1998). Способствует поглощению азота также и бор (Wienbaum et al., 1994). Метаболизм азота и потребность в нем также тесно связаны с обеспеченностью растений цинком (Sanchez et al., 2006).

Только в 2011 году после сильнейшего стресса предыдущего года коэффициент корреляции между урожайностью и содержанием легкогидролизуемого азота в почве составил +0,39 (рис. 3). В 2010 – +0,54; в 2012 – +0,52 и 2013 – +0,57. На формирование урожая влияют десятки различных биотических и абиотических факторов, различающихся по степени своего воздействия на растение. В наших опытах можно говорить о достаточно высокой положительной корреляции между содержанием легкогидролизуемого азота в почве и урожайностью в годы с сильно различающимися погодными условиями.

Если посмотреть на корреляцию между содержанием в почве нитратного азота и урожайностью, то картина получается совершенно иной – 2010 г. – 0,00; 2011 г. -0,36; 2012 г.: +0,36; 2013 г.: -0,19. За годы исследований нами не выявлено какой-либо стабильной корреляции между содержанием нитратного азота в почве и урожайностью.

Коэффициенты корреляции между содержанием аммонийного азота в почве и урожайностью следующие: 2010 г. – +0,16; 2011 г. – +0,09; 2012 г. – +0,19; 2013 г. – -0,35. Здесь также не прослеживается какой-то устойчивой взаимосвязи между содержанием аммонийной формы азота и урожайностью за годы исследований.

Таблица 4 – Урожайность деревьев яблони сорта Жигулевское/62-396 при использовании минеральных удобрений и некорневых подкормок

Показатель	Показатель	Урожайность, ц/га				Урожайность за 4 года	
		2010г.	2011г.	2012 г.	2013 г.	ц/га	В % К контролю
Фактор А 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 гг: N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>250</sub>	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 гг.: N <sub>30</sub> P <sub>10</sub> K <sub>0</sub> 2013: N <sub>35</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	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
	<i>HCP<sub>05A</sub></i>	9,56	11,28	23,4	14,6		
	<i>HCP<sub>05B</sub></i>	12,89	14,47	30,2	16,2		
	<i>HCP<sub>05AB</sub></i>	12,89	14,47	30,2	16,2		

Подобную картину мы наблюдали и при изучении взаимосвязи содержания суммы нитратного и аммонийного азота почвы и урожайности – 2010 г.– +0,16; 2011 г.– -0,15; 2012 г. – +0,22; 2013 г.– -0,32. В случае учета содержания в почве обеих форм азота: нами не выявлена какая-либо корреляция с урожайностью многолетних растений яблони.

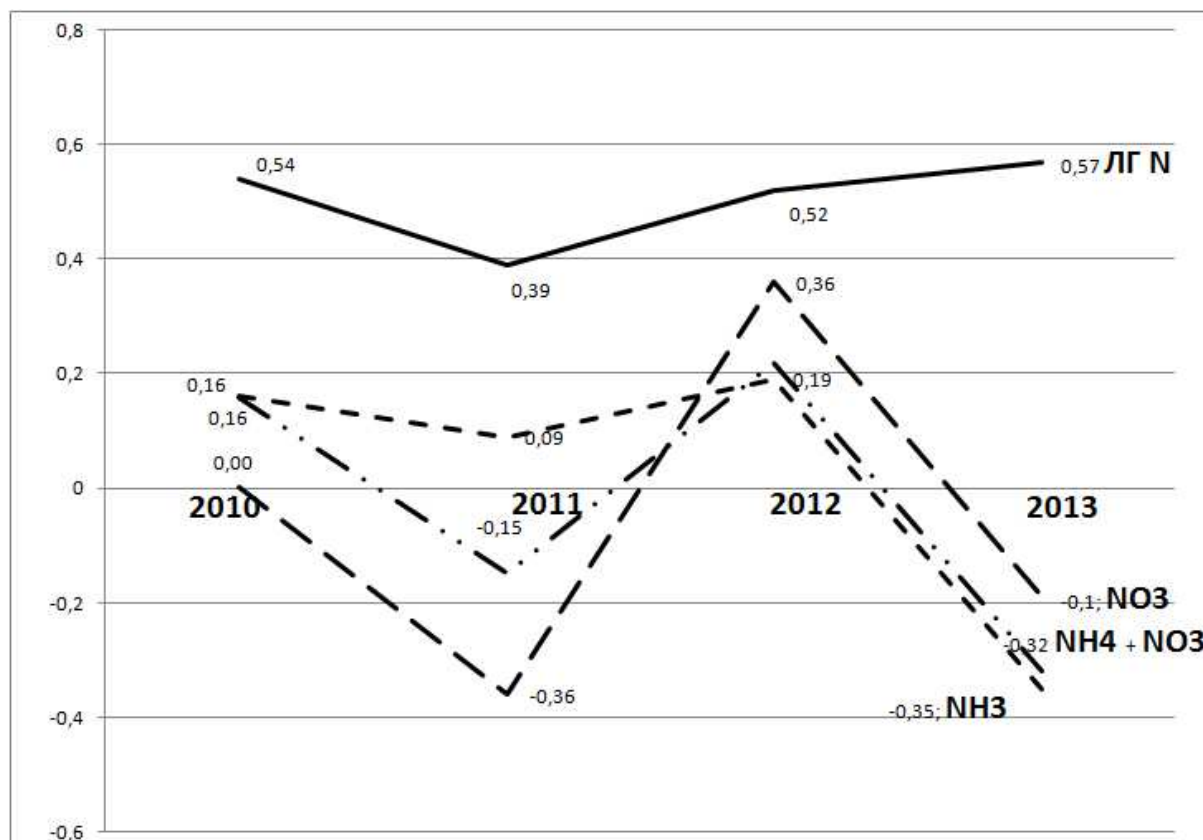


Рисунок 3. Коэффициенты корреляции между содержанием различных форм азота в почве и урожайностью

Определение количества содержания легкогидролизуемого азота в почве, несмотря на относительную трудоемкость анализа, мы рекомендуем использовать при проведении почвенной диагностики, потому что в отличие от минерального азота (аммонийного и нитратного), обладающего достаточно сильными количественными колебаниями в почве в течение вегетационного периода, содержание легкогидролизуемого азота более стабильно.

### Выводы

1. Внесение минеральных удобрений в почву как в случае поверхностного внесения с заделкой на глубину 10–15 см, так и в случае фертигации повышало уровень содержания легкогидролизуемого азота в почве и способствовало стабильному содержанию общего азота в листьях яблони в пределах оптимума.

2. Содержание нитратного и аммонийного азота в почве, а также их суммы не имели корреляции с содержанием азота в листьях и с урожайностью.
3. За годы исследований содержание легкогидролизуемого азота в почве имело положительную корреляцию с содержанием общего азота в листьях и с урожайностью. Этот показатель мы рекомендуем использовать в диагностических целях для оценки обеспеченности азотом почв в насаждениях яблони.

#### Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова, Д.Л. Аскинази. – М.: Изд-во «Наука», 1965. – 430 с.
2. Вязьмикина, Н.С. Оптимизация плодоношения яблони в среднерослых садах средней зоны садоводства России на основе применения удобрений / Н.С. Вязьмикина, Ю.В. Трунов, А.И. Кузин, Д.Н. Еремеев // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 58–63.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Кондаков, А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А.К. Кондаков. – Мичуринск, 2006. – 254 с.
5. 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.
6. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии - 2-е изд.: Учебное пособие / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амельянчик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова, Е.П. Дурынина, В.С. Егоров, Е.В. Егорова, Н.Л. Едемская, Е.А. Карпова, В.Г. Прижукова. – М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с.
7. 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.
8. Научные основы и рекомендации по применению удобрений в Центрально-Черноземной Зоне – рекомендации / Одобрены Всесоюзным научно-методическим совещанием учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями 9-12 июля 1974 г. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1976. – 152 с.
9. Петербургский, А.В. Практикум по агрономической химии / А.В. петербургский. – Изд. 6, перераб. и доп. – М.: Колос, 1968. – 496 с.
10. Трунов, И.А. О возможности листовой диагностики минерального питания саженцев яблони на слаборослых подвоях / И.А. Трунов, А.И. Кузин // Агро XXI. – 2008. - № 10-12. – С. 45-46.
11. Трунов Ю.В. Минеральный состав и рост вегетативных органов однолетних саженцев яблони в зависимости от условий почвенного питания / Ю.В. Трунов, А.И. Ку-

- зин, Н.С. Вязьмикина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 48–57.
12. 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 «Кварт», 2011. – С. 63–77.
  13. 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.
  14. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: «Агропромиздат», 1988. – 235 с., [16] л. ил.
  15. Friedrich, G. Physiologische Grundlagen des Obstbaues/G. Friedrich, M. Fischer [u.a.]. – Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH&Co, 2000. – 512 S.
  16. Ikerra, S.T. Soil nitrogen dynamics and relationships with maize yields in a gliricidia-maize intercrop in Malawi/S. T. Ikerra, J.A. Maghembe, P.C. Smithson, R.J. Buresh//Plant and Soil. – 1999. – Vol.211. – Pp. 155-164.
  17. Näfe, D. Untersuchungen zur Mineralization des organisch gebundenen Boden-N in Abhängigkeit von Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit unter Verwendung Inkubationsmethoden: Diss. Humboldt Universität. – Berlin, 1983. – 214 S.
  18. Näfe, D. Untersuchungen auf unorganischen Stickstoff und standortgerechte Düngergaben/D. Näfe, K. Lerche // Gartenerpost. – 1990. – Vol. 26. – S. 25-32.
  19. Näfe, D. The content of inorganic nitrogen in soils of orchards in different plantation areas/D. Näfe, K. Lerche, G. Schönberg // Acta Horticulturae. – 1990. – Vol. 274. – pp. 339-345.
  20. 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.
  21. Quast, P. Einfluß von unterschiedlichen Düngertypen bzw. Düngertechniken auf den Ertrag und die  $N_{min}$ -Versiecherung in Erdbeerpflanzungen/P. Quast// Mitt. Obstbauvers. des Alten Landes Ring Jork. – 1988. – Vol.43 – S. 306–316.
  22. 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.
  23. 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.

## References

1. Agrohimicheskie metodyi issledovaniya pochv/pod red. A.V. Sokolova, D.L. Askinazi. – М.: Изд-во «Наука», 1965. – 430 с.
2. Vyazmikina, N.S. Optimizatsiya plodonosheniya yabloni v sredneroslyih sadah sredney zonyi sadovodstva Rossii na osnove primeneniya udobreniy/N.S. Vyazmikina, Y.V. Trunov, A.I. Kuzin, D.N. Ereemeev// Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2012. – Т.30. – С.58-63.
3. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospekhov. – М.: Agropromizdat, 1985. – 351 с.



4. Kondakov, A.K. Udobrenie plodovykh derevyev, yagodnikov, pitomnikov i tsvetochnykh kultur/A.K. Kondakov. – Michurinsk, 2006. – 254 s.
5. Lukin, S.V. Agroekologicheskaya otsenka sodержaniya azota v selskohozyaystvennykh rasteniyakh i pochvah Belgorodskoy oblasti/S.V. Lukin, N.S. Chetverikova, M.A. Erohovets//Nauchnyie vedomosti BelGU; seriya Estestvennyie nauki. – 2011. – № 21 (116), vyip. 17. – S. 95-102.
6. Mineev V.G. Praktikum po agrohimii - 2-e izd.: Uchebnoe posobie/ V.G. Mineev, V.G.Syichev, O.A. Amelyanchik, T.N. Bolyisheva, N.F. Gomonova, E.P. Duryinina, B.C. Egorov, E.V. Egorova, N.L. Edemskaya, E.A. Karpova, V.G. Prizhukova. — M.: Izd-vo MGU, 2001. — 689 c.
7. Metodicheskie ukazaniya po zakladke i provedeniyu opytov s udobreniyami v plodovykh i yagodnykh nasazhdeniyah/A.K. Kondakov, A.A. Pastuhova. – Tsentralnyiy institut agrohimicheskogo obsluzhivaniya selskogo hozyaystva MSH SSSR (TsINAO). – Moskva, 1981. – 39 s.
8. Nauchnyie osnovyi i rekomendatsii po primeneniyu udobreniy v Tsentralno-Chernozemnoy Zone – rekomendatsii/Odobreniyi Vsesoyuznyim nauchno-metodicheskim soveschaniem uchrezhdeniy-uchastnikov Geograficheskoy seti opytov s udobreniyami 9-12 iyulya 1974 g. – Voronezh: Tsentr.-Chernozem. kn. izd-vo, 1976. – 152 s.
9. Peterburgskiy, A.V. Praktikum po agronomicheskoy himii/A.V. peterburgskiy. – Izd. 6, pererab. i dop. – M.: Kolos, 1968. –496 s.
10. Trunov, I.A. O vozmozhnosti listovoy diagnostiki mineralnogo pitaniya sazhentsev yabloni na slaboroslyih podvoyah/I.A. Trunov, A.I. Kuzin//Agro HHI. – 2008. - # 10-12. – S. 45-46.
11. Trunov Y.V. Mineralnyiy sostav i rost vegetativnykh organov odnoletnih sazhentsev yabloni v zavisimosti ot usloviy pochvennogo pitaniya/Yu.V. Trunov, A.I. Kuzin, N.S. Vyazmikina//Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2012. – T.30. – S.48-57.
12. Trunov, Y.V. Primenenie udobreniy v sadah / Y.V. Trunov, A.I. Kuzin, O.A. Greznev // Sistema proizvodstva plodov yabloni v intensivnykh sadakh sredney polosyi Rossii: rekomendatsii / pod red. Y.V. Trunova. – Voronezh: Izd-vo «Kvarta», 2011. – S. 63-77.
13. Fiziologiya i biokhimiya selskohozyaystvennykh rasteniy: Uchebniki i ucheb. posobiya dlya studentov vyssh. ucheb. zavedeniy / Tretyakov N.N., E.I. Koshkin, Makrushin N.M. [i dr.]; pod red. N.N. Tretyakova. – M.: Kolos, 1998. – 640 s.
14. Tserling V.V. Diagnostika pitaniya selskohozyaystvennykh kultur: spravochnik/V.V. Tserling. – M., «Agropromizdat», 1988. – 235 s., [16] l. il.
15. Friedrich, G. Physiologische Grundlagen des Obstbaues/G. Friedrich, M. Fischer [u.a.]. – Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH&Co, 2000. – 512 S.
16. Ikerra, S.T. Soil nitrogen dynamics and relationships with maize yields in a gliricidia-maize intercrop in Malawi/S. T. Ikerra, J.A. Maghembe, P.C. Smithson, R.J. Buresh//Plant and Soil. – 1999. – Vol.211. – Pp. 155-164.
17. Näfe, D. Untersuchungen zur Mineralization des organisch gebundenen Boden-N in Abhängigkeit von Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit unter Verwendung Inkubationsmethoden: Diss. Humboldt Universität. – Berlin, 1983. – 214 S.
18. Näfe, D. Untersuchungen auf unorganischen Stickstoff und standortgerechte Düngergaben/D. Näfe, K. Lerche//Gartnerpost. – 1990. – Vol. 26. – S. 25-32.
19. Näfe, D. The content of inorganic nitrogen in soils of orchards in different plantation areas/D. Näfe, K. Lerche, G. Schönberg//Acta Horticulturae. – 1990. – Vol. 274. – pp. 339-345.
20. 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.

21. Quast, P. Einfluß von unterschiedlichen Düngertypen bzw. Düngertechniken 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.
22. 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.
23. 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.