

УДК 634.11:581.5:581.13

КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОДОВОГО АГРОЦЕНОЗА К СТРЕССОРАМ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Сергеева Н.Н., канд. с.-х. наук, **Ненько Н.И.**, д-р с.-х. наук. профессор,
Пестова Н.Г., **Караваева А.В.**

*Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства
(Краснодар)*

Реферат. В результате исследований определены: зависимости показателей активности фотосинтетической деятельности яблони от содержания валовых и неорганических форм основных минеральных элементов в листьях побегов; особенности и закономерности динамики питательного режима слаборослой яблони при различных условиях питания; параметры агрохимических показателей состояния яблони, дифференцированные в зависимости от фазы развития растений. Функциональную устойчивость плодового агроценоза определяли по критериям: эффективность фотосинтеза, содержание в листьях связанной формы воды в период летнего высокотемпературного стресса, динамика оводнённости и синтез белка в листьях. Наиболее высокие показатели активности ассимиляционных процессов у плодоносящей яблони получены при применении некорневых подкормок на фоне внутрипочвенного внесения органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: яблоня, удобрения, химическая диагностика, функциональное состояние, содержание минеральных элементов

Summary. It is defined as a result of research the dependences of indicators of an apple-tree photosynthetic activity, depending from the maintenance of total and inorganic forms of the basic mineral elements in the leaves of shoots; the features and regularities of nutritious mode dynamics of slow growing apple-tree under various conditions of food; the parameters of agrichemical indicators of an apple-tree state depending on phase of plants development. Functional stability of fruit agricenosis is determined by criterias: efficiency of photosynthesis; the content of the connected water forms in the leaves in the period of a summer high-temperature stress; the dynamics of water content and protein synthesis in the leaves. The highest indexes of assimilate activity of fructifying apple-tree are received when the not root feeding and intra soil organic and mineral fertilizers are applied.

Keywords: apple-tree, fertilizers, chemical diagnostics, functional state, maintenance of mineral elements

Введение. Изучение физиологического и экологического состояния многолетних плодовых растений (минеральные дефициты) в связи со стрессами, вызванными засухой и температурными экстремумами, активно проводится современными исследователями. В этой связи изучается эффективность применения некорневых обработок деревьев, основанных на способности растений поглощать воду и растворённые в ней ионы и молекулы листьями через кутикулу при разности концентраций между её внешней и внутренней сторонами и направленными, в первую очередь, на регуляцию продукционных процессов в варьирующих условиях среды и действия повреждающих факторов [1-7].

На фоне применения подкормок изучение пигментного комплекса хлоропластов, свободных аминокислот и водообмена плодовых культур представляет значительный теоретический и практический интерес, так как позволяет раскрыть отдельные механизмы экологической адаптации различных сортов к характерным для региона колебаниям суточных и среднемесячных температур воздуха в весенний период и продолжительным летним засухам при высокой интенсивности солнечной радиации.

Кроме того, целью исследований адаптивных реакций многолетних плодовых растений к неблагоприятным экологическим факторам на фоне применения водных растворов питательных солей является необходимость теоретического обоснования активизации репродуктивной функции, зависящей от физиологического состояния растений, а также обоснование использования различных марок специальных комплексных питательных солей и сроков их применения, в том числе на фоне внутрипочвенного внесения органоминеральных удобрений.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования были плодоносящие растения слаборослой яблони сортов Прикубанское, Корей и Айдаред 1996 года посадки, подвой М9. Полевые опыты по оптимизации питания яблони заложены в насаждениях опытно-производственного хозяйства «Центральное» (г. Краснодар) в 1998 году. Почва участка – малогумусный сверхмощный чернозем выщелоченный. Участок опыта выровненный, междурядья задернены сеянными травами. Закладку и проведение полевых опытов проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [8] и «Методическими указаниями по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями» [9].

В 2011-2013 гг. анализ воздействия листовых подкормок на изменение уровня содержания валовых и неорганических форм элементов в растениях яблони для выявления взаимосвязей в системе «удобрение – многолетнее растение» был проведен с использованием 0,5 %-ных водных растворов специальных минеральных удобрений марок N10P15K10, N11P11K21, N8P12K24, N18P18K18, N12P12K35 и гумата К и Na по следующей схеме:

- контроль, без удобрений;
- внутрпочвенное внесение органоминеральных удобрений (ОМУ) в дозе 5,5 т/га + листовые подкормки;
- листовые подкормки.

Микроэлементы в составе удобрений содержались в форме хелатных соединений. В водные растворы удобрений вводили природный регулятор роста и развития растений с широким спектром действия Новосил.

Изучение динамики питательного режима яблони в связи с применением удобрений в периоды роста и созревания плодов по показателям содержания в листьях общих форм N, P, K, Ca, Mg осуществлялось по общепринятым методикам [10-13]. Динамику содержания в листьях минеральных форм K, Ca, Mg изучали методом капиллярного электрофореза, позволяющего анализировать ионные и нейтральные компоненты в растительном материале с высокой экспрессностью [14]. Анализ физиологического состояния плодовых растений проводили с использованием общепринятых методик [15-18]. Статистическая обработка результатов исследований была проведена по Б.А. Доспехову [19].

Обсуждение результатов. В результате анализа содержания валовых форм основных минеральных элементов в листьях побегов яблони на фоне листовых подкормок выявлено увеличение содержания, в первую очередь, азота, кроме варианта с применением гумата К и Na (рис. 1).

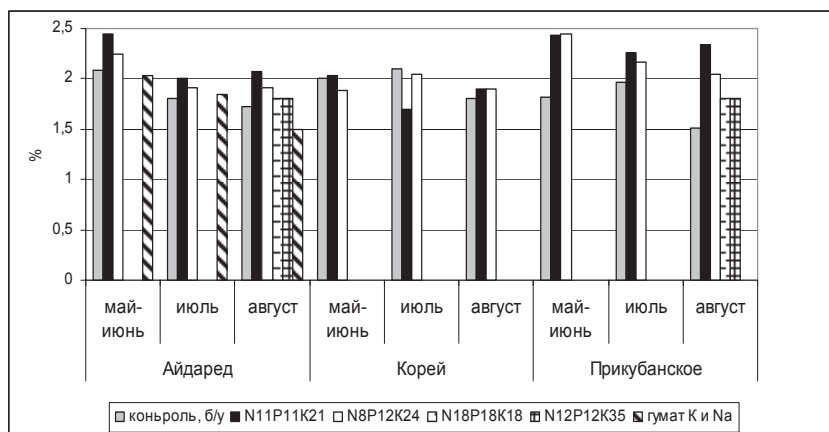


Рис. 1 Содержание валового азота в листьях яблони в связи с применением листовых подкормок, средние данные 2011-2013 гг.

В 2011 году увеличение содержания общего азота и калия в листьях побегов яблони было наиболее существенным:

азот – по сорту Корей в июле, – по сорту Айдаред – в июле и августе,
– по сорту Прикубанское – в июне и августе;

калий – по сорту Корей – в июле и августе,
– по сорту Прикубанское – в течение вегетации (табл. 1, 2)

Таблица 1 – Выборочные статистические показатели (азот)

Вариант	х	Sx(v)	Sx(v), %	НСР _{0,05}	Sx, %
	Сорт Прикубанское, июнь				
Контроль	2,18	0,017	0,76	0,08	0,81
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	2,42	0,012	0,50		
	Сорт Корей, июль				
Контроль	1,90	0,003	0,18	0,05	0,63
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	2,08	0,015	0,70		
	Сорт Айдаред, июль				
Контроль	1,71	0,012	0,70	0,07	0,79
N11P11K21+МЭ+БАВ	2,03	0,018	0,87		
	Сорт Айдаред, август				
Контроль	1,93	0,035	1,82	0,07	0,79
N11P11K21+МЭ+БАВ	2,39	0,015	0,61		
Контроль	1,93	0,035	1,82	0,17	1,77
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	2,44	0,020	0,83		
	Сорт Прикубанское, август				
Контроль	2,16	0,023	1,08	0,03	0,28
N11P11K21+МЭ+БАВ	2,33	0,018	0,76		

Примечание: х – средняя арифметическая, Sx(v) – ошибка выборочной средней, Sx(v), % – относительная ошибка выборочной средней, НСР₀₅ – наименьшая существенная разность, Sx,% - точность опыта.

Характер взаимосвязи валовых форм основных минеральных элементов в листьях ростовых побегов в зависимости некорневых подкормок был выражен линейными уравнениями с коэффициентами корреляции: $r=0,7013-0,7714$ (азот), $r=0,7297-0,7647$ (фосфор), $r=0,7998-0,9805$ (калий), $r=0,6861$ (кальций), $r=0,7211$ (магний).

Экспресс-анализ динамики содержания неорганических форм основных элементов в листьях также выявил изменение значений показателей в сторону увеличения на фоне применения листовых обработок, при этом статистически была подтверждена их зависи-

мость от уровня содержания валовых форм. По итогам двух лет исследований устойчивая статистическая взаимосвязь содержания неорганических форм минеральных элементов и их валовых форм наблюдалась:

по калию – $r = 0,767$ (2011 г.), $0,7614$ (2012 г.);

кальцию – $r = 0,924$ (2011 г.), $0,8042$ (2012 г.);

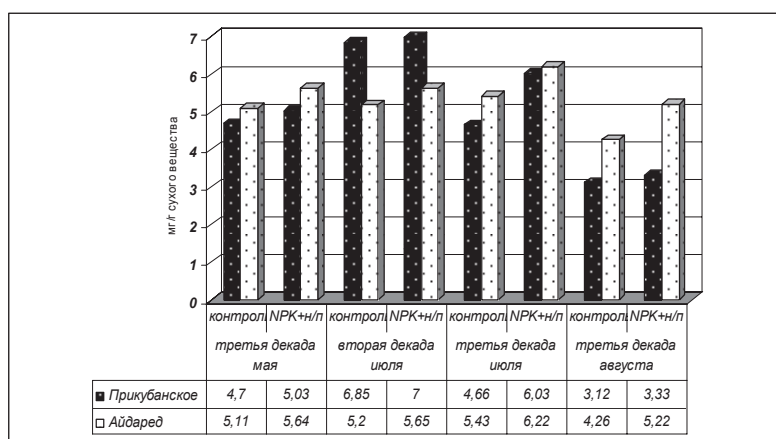
магний – $r = 0,8898$ (2011 г.), $0,8737$ (2012 г.), что позволяет предположить возможность дальнейшего экспрессного диагностирования режима питания растений яблони и является дополнительным показателем их функционального состояния.

Таблица 2 – Выборочные статистические показатели (калий)

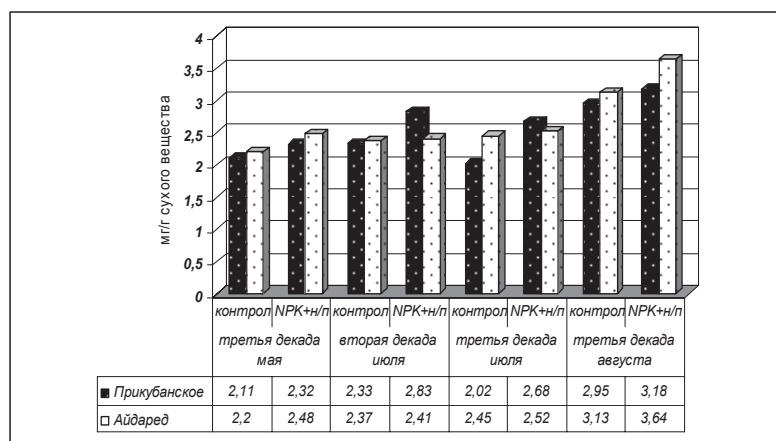
Вариант	х	Sx(v)	Sx(v), %	НСР _{0,05}	Sx, %
	Сорт Прикубанское, июнь				
Контроль	0,89	0,009	0,99	0,04	1,33
N11P11K21+МЭ+БАВ	1,03	0,012	1,12		
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	1,02	0,015	0,50		
	июль				
Контроль	0,70	0,003	0,48	0,05	1,68
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	0,79	0,015	1,93		
	август				
Контроль	0,58	0,007	1,14	0,05	1,67
N11P11K21+МЭ+БАВ	0,71	0,009	1,24		
	Сорт Корей, июль				
Контроль	1,23	0,010	0,81	0,03	0,84
N11P11K21+МЭ+БАВ	1,40	0,003	0,24		
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	1,41	0,012	0,85		
	Сорт Корей, август				
Контроль	1,01	0,007	0,66	0,02	0,74
N11P11K21+МЭ+БАВ	1,19	0,007	0,56		
МЭ+БАВ; N8P12K24+МЭ+БАВ	1,19	0,009	0,74		

В фазу развития плода «грецкий орех» содержание в листьях побегов яблони сортов Корей и Прикубанское подвижных форм калия было наиболее стабильно по годам на фоне применения листовых обработок и превышало в среднем контрольный вариант (без удобрений) соответственно на 17,2 и 8%. У яблони сорта Айдаред некорневые подкормки способствовали увеличению содержания в листьях побегов подвижных форм магния в среднем на 42,5%.

За весь период исследований тенденция к увеличению в листьях побегов яблони азота на фоне применения листовых подкормок и увеличения содержания азота и калия при применении внутрипочвенных подкормок в сочетании с листовыми сохранялась по всем изучаемым сортам в течение вегетации. Увеличение содержания минеральных элементов в листьях сопровождалось повышением активности ассимиляционных процессов у яблони, которое в 2013 году продолжили исследовать по показателям: содержание пигментов, синтез белка, засухоустойчивость. Количественные значения показателей рассматривали в сезонной динамике (рис. 2-4).



А



Б

Рис. 2. Динамика содержания хлорофиллов (а+в) (А) и каротина (Б) в листьях побегов яблони

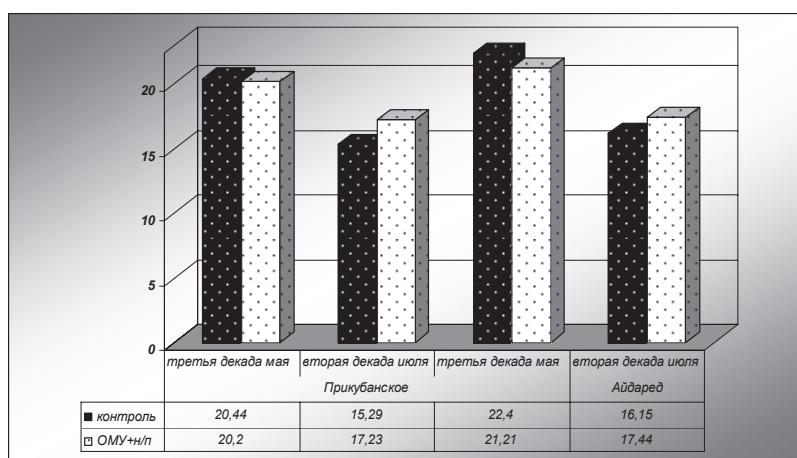


Рис. 3. Динамика содержания белка в листьях побегов яблони

Исследования по выявлению засухоустойчивости яблони на фоне применения удобрений выявили преимущество вариантов с внесением ОМУ в сочетании с некорневыми подкормками (рис. 4, 5).

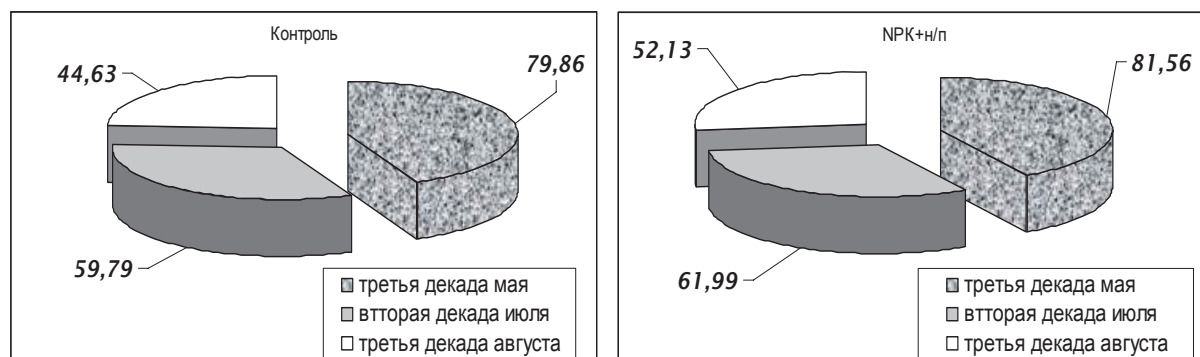


Рис. 4. Динамика засухоустойчивости яблони в период летнего высокотемпературного стресса (июль, август) по показателю содержания связанной формы воды в листьях побегов, %

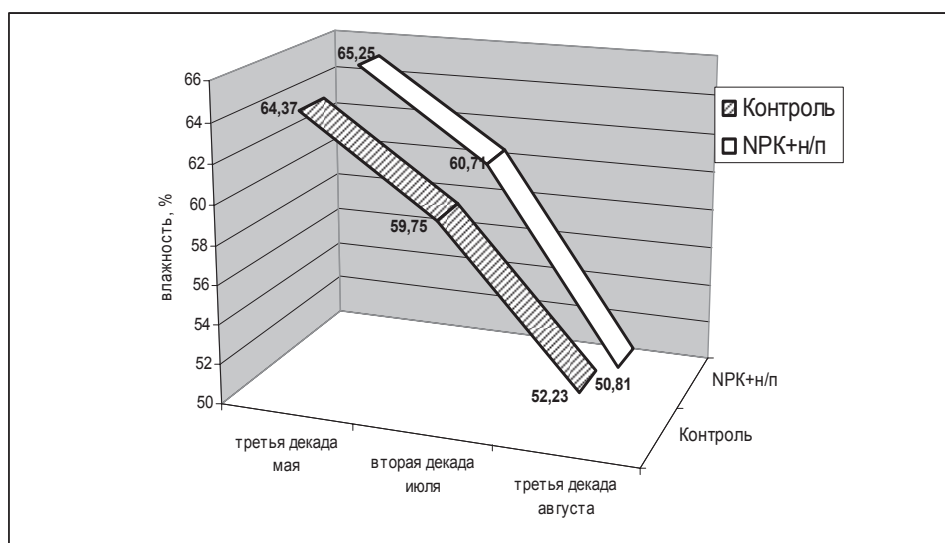


Рис. 5. Динамика оводнённости тканей листьев яблони (на примере сорта Прикубанское)

На основании проведенных исследований были определены дифференцированные в зависимости от фазы развития растений параметры агрохимических показателей состояния слаборослой яблони на подвое М9 (1996 года посадки), характеризующие максимальную реализацию её биологического потенциала (табл. 3).

Определялись следующие показатели: эффективность ассимиляционных процессов в растениях, содержание связанной формы воды в листьях в период летнего высокотемпературного стресса, динамика оводнённости и синтез белка в листьях за период исследований 2011-2013 гг.

Таблица 3 – Параметры агрохимических показателей состояния слаборослой яблони на подвое М9, характеризующие максимальную реализацию биологического потенциала растений в условиях изменяющейся среды (по результатам трёх лет исследований)

Фазы малого цикла развития	Содержание валовых форм минеральных элементов в листьях, %				
	азот	фосфор	калий	кальций	магний
Начало второй волны опадения завязи, размер плода «грецкий орех»	2,2-2,5	0,15-0,20	1,0-1,2	1,0-1,3	0,1-0,4
Дифференциация плодовых почек	1,6-2,2	0,15-0,20	0,8-1,0	1,2-1,8	0,25-0,35
Окончание дифференциации плодовых почек, налив плода	1,8-2,4	0,15-0,20	0,7-0,8	1,6-2,4	0,30-0,45

Выводы. Таким образом, выявлена стабилизация физиологического состояния слаборослой плодоносящей яблони в условиях воздействия повышенных температур воздуха летнего периода по критериям – содержание пигментов в листьях побегов, синтез белка, влагообеспеченность на фоне внутрипочвенного внесения органоминеральных удобрений в сочетании с листовыми подкормками деревьев, обеспечившими повышение их адаптационной устойчивости.

На физиологическое состояние растений яблони наиболее эффективно влияли листовые подкормки удобрениями марок N10P15K10 и N18P18K18, применяемые в первой половине вегетации и N8P12K24, N12P12K35 – во второй половине вегетации на фоне основного внесения органоминерального удобрения.

На основании полученных данных оценки функционального состояния слаборослых растений яблони по вышеперечисленным критериям были разработаны параметры агрохимических показателей для условий Западного Предкавказья, соответствующие максимальной реализации биологического потенциала плодоносящей яблони сортов – Прикубанское, Корей, Айдаред.

Литература

1. Kempeneers P. Stress detection in orchardswith hyperspectral remote sensing data / P. Kempeneers, S. De Backer, P.J. Zarco-Tejada, S. Delalieux // 8 Conference on Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology. – Stockholm, 11-13 Sept., 2006.
2. Jie-Yuling Влияние органических соединений на содержание пролина и эффективность использования влаги в листьях яблони / Jie-Yuling, Zhang Wei, Yang Hongqiang, Zhao Haizhou // Chin. Soc. Agr. Eng. – 2008. - №5 (24). – P. 20-24.
3. Bochis C. The effect of foliar fertilization upon photosynthesis process at five apple varieties / C. Bochis, G. Ripan, I. Roman, A. Pop // Agr. Sci. and Vet. Med. – Cluj-Napoca. Hort. – 2008. – №1 (65). – P. 507.

4. Сергеева, Н.Н. Влияние удобрений на физиологическое состояние растений яблони в условиях интенсивных насаждений юга России / Н.Н. Сергеева, Н.И. Ненько, Ю.И. Сергеев, Г.К. Киселёва // Труды КубГАУ. – 2010. – №4 (25). – С. 76-79.
5. Ненько, Н.И. Влияние листовых подкормок на адаптацию растений яблони к стрессовым факторам летнего периода / Н.И. Ненько, Н.Н. Сергеева, А.В. Караваева // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Новейшие научные достижения». – София, 2012. – Т. 28. – С. 14-18.
6. Трунов, Ю.В. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений / Ю.В. Трунов, Е.М. Цуканова, Е.Н. Ткачёв, О.А. Грезнев, Н.Н. Сергеева // [Электронный ресурс] Плодоводство и виноградарство юга России Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011. – № 12 (6). – С. 78-89 Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf>.
7. Pacholak T. Effect of 25 years of differentiated fertilization with NPK and magnesium on growth and fruit yield of apple “Cortland” and on the content of minerals in soil and leaves // J. Fruit ornamental Plant Res. – 2008. – Vol.16, N ann. – P.201-214.
8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орёл: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
9. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / Под ред. В. Панникова. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 172 с.
10. Гинзбург, К.Е. Ускоренный метод сжигания почв и растений / К.Е. Гинзбург, Г.М. Щеглова, Е.В. Вульфius // Почвоведение, 1963 – №5. – С. 89-96.
11. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
12. Крищенко, В.П. Методы оценки качества растительной продукции: Учеб. пособие / В.П. Крищенко. – М.: Колос, 1983. – 192 с.
13. ГОСТ 26570-85. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё (Методы определения кальция). – М., 1985. – С. 1-11.
14. Якуба, Ю.Ф. Применение СВЧ-экстракции и высокоэффективного капиллярного электрофореза для анализа вегетативных органов растений / Ю.Ф. Якуба // Матер. II междунар. конф. (ВИУА) «Современное приборное обеспечение и методы анализа почв, кормов, растений и сельскохозяйственного сырья». – М., 2004. С. 71-74.
15. Кушниренко, М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М.Д. Кушниренко, С.Н. Печерская. – Кишинёв: Штиинца, 1991. – 306 с.
16. Паушева, З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Колос, 1967. – 176 с.
17. Практикум по биохимии / Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьёвой. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 509 с.
18. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М.: Колос, 1965. – 447 с.
19. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1968. – 336 с.