

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»

Кафедра физиологии и биохимии растений



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе,
д.б.н./ профессор


 Кощаев А.Г.

« _____ » _____ 2017 г.

ОТЧЕТ

Проведение регистрационных испытаний агрохимиката
Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марка: Азот
на пшенице озимой

Руководитель: профессор кафедры
физиологии и биохимии растений,
к.-с.-х.н.



А.Я. Барчукова

Краснодар, 2017

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Научный сотрудник, к.б.н.

И.И. Иващенко

Научный сотрудник, к.б.н.

Н.В.Чернышева

Научный сотрудник, к.с.-х.н.

Я.К. Тосунов

Лаборант-исследователь

Н.Ю. Быкова

Специалист

А.И. Чернышев

1. Наименование учреждения, проводящего испытания и его адрес:

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, корпус факультета защиты растений, кафедра физиологии и биохимии растений. Раб. тел. – 8(861) 221-58-51.

2. Агрохимикат: жидкое минеральное удобрение АКТИВ марки Азот.

АКТИВ марки Азот – комплексное минеральное удобрение с содержанием питательных элементов: азота – 27,00 %, азота нитратного – 10,00 %, фосфора – 2,25 %, калия – 3,78 %, магния – 0,45 %, железа – 0,09 %, серы – 2,25 %, бора – 0,05 %, меди – 0,18 %, цинка – 0,27 %, марганца – 0,05 %, молибдена – 0,09%, кобальта – 0,05 %, селена – 0,05 %. Препаративная форма – жидкость прозрачная, светло-голубого (голубоватого) цвета.

3. Цель испытания: установление биологической эффективности агрохимиката Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марки Азот на озимой пшенице.

4. Объект исследования: озимая пшеница сорта Баграт.

Баграт – сорт озимой пшеницы. Разновидность Лютесценс. Среднеранний. Вегетационный период – 219-278 дней. Куст полупрямостоячий – промежуточный. Растение среднерослое. Высота растений – 81-102 см. Устойчив к климатическим стрессам (засухе, холоду, заморозкам), полеганию и осыпанию, болезням. На фоне искусственного заражения проявляет иммунитет к пыльной головне. Устойчив к бурой ржавчине. Среднеустойчив к желтой ржавчине, мучнистой росе, фузариозу колоса и твердой головне. Средневосприимчив к септориозу.

Средняя урожайность по Северо-Кавказскому региону – 50,5 ц/га. Максимальная урожайность (84,3 ц/га) получена в Ставропольском крае в 2014 г.

Колос пирамидальный, длиной 10-11 см, средней плотности. Зерно средней крупности, удлинённой формы, основание зерна голое, бороздка не глубокая. Зерновка окрашенная. Масса 1000 зерен – 37-46 г. Сорт Баграт характеризуется высокими технологическими и хлебопекарными качествами зерна.

Сорт Баграт рекомендуется для возделывания в Северо-Кавказском регионе, после пропашных и колосовых предшественников на среднем или низком агрофоне.

Сроки посева – середина и конец оптимальных сроков для зоны.

Норма высева – 5 млн. всхожих семян на 1 га.

5. Почвенно-климатические условия.

Почва. Полевые опыты на озимой пшенице поставлены на малогумусной сверхмощной выщелоченной почве.

Чернозем выщелоченный слабогумусный содержит в пахотном слое в большинстве случаев 2,5-3,1 % гумуса. Тип гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного гуматный или фульватно-гуматный, количество гуминовых кислот превышает содержание фульвокислот в 1,5-5 раз, что характерно для черноземообразования. Обогащенность гумуса азотом – средняя и составляет 9,2-9,8; в пахотном слое – 0,16-0,18 %, редко достигает до 2,5 % и с глубиной постепенно уменьшается до 0,07-0,1 %.

Чернозем выщелоченный богат калием: валовое его содержание достигает 2,5-2,8 %. Количество общего фосфора в верхних горизонтах в среднем составляет 0,18 %, но может достигать 0,25-0,28 %. Подвижного фосфора содержится от 172 до 357, калия – 102-370 мг/кг почвы. Чернозем выщелоченный обладает высокой емкостью поглощения: масса поглощенных оснований достигает 33,1-34,7 мг.-экв./100 г почвы. Среди поглощенных оснований 74,9-75,8 % приходится на долю кальция. Реакция почвенного раствора в гумусовых горизонтах близка к нейтральной – рН 6,9-7,2, в горизонтах «С» – щелочная, рН возрастает до 8,4.

Общая скважность в пахотном слое достигает 57 %, в остальной части она колеблется около 51-52. Выщелоченные черноземы способны накапливать в слое 0-160 см – 567-632 мм воды на гектар, в зимнее время может быть выше. Влажность завядания достигает 15-32. Следовательно, эти почвы способны удерживать в корнеобитаемом слое огромное количество воды, большая часть которой является неусвояемой для растения (Вальков В.Ф. и др., 1995).

Выщелоченные черноземы пригодны для возделывания озимой пшеницы.

Климат. Климат в месте проведения опытов – умеренно-влажный с коэффициентом увлажнения 0,3-0,4, за год выпадает 600-700 мм осадков. Зима умеренно-мягкая со средней температурой января – минус 3,5-1,5 °С. Минимальные температуры могут достигать минус 36-30 °С. Снег в 60-90 % неустойчив. Переход температуры воздуха через плюс 5 °С весной отмечается во второй половине марта – начале апреля. Безморозный период на большей части территории жаркий, среднемесячная температура июля составляет плюс 22-24 °С, а максимальная может повышаться до плюс 38-40 °С. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период активной вегетации выпадает 250-400 мм. Накопление влаги в почве происходит в основном за счет осадков холодного периода. Осадки теплого периода большей частью расходуются на испарение. За лето насчитывается до 7-8 дней с суховеями. Преобладают ветры восточного и северо-восточного направления, вызывающие зимой, при наличии низких температур, вымерзание посевов, а при

большой скорости – пыльные бури. Отличительной чертой весеннего периода зоны является быстрый подъем температуры. Характерной особенностью осеннего периода являются значительные колебания температуры воздуха в течение суток от плюс 1-2 °С ночью до плюс 25-26 °С – днем..

Таблица 1 – Погодные условия во время вегетации озимой пшеницы в 2016-2017 гг.

Показатели	Декады	2016 г.			2017 г.					
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
	I	17,6	10,6	0,5	4,6	0,0	10,2	11,1	19,4	22,1
	II	8,9	6,1	-1,4	1,7	-1,9	8,4	13,0	15,9	20,4
	III	6,6	4,4	-2,5	-4,0	7,2	8,4	12,3	17,3	23,6
Средняя		11,0	7,0	-1,1	0,6	1,4	9,0	12,1	17,5	22,0
	I	1,5	-	31,7	7,1	3,4	8,1	12,2	12,6	12,2
	II	-	30,0	24,6	8,0	15,5	14,8	11,9	41,3	20,8
	III	23,8	52,4	10,1	6,2	16,1	29,3	19,4	62,1	30,4
Сумма		25,3	83,4	66,4	21,3	35,0	52,2	43,5	116,0	63,4
	I	71	62	77	73	71	61	64	65	67
	II	69	80	79	79	68	71	62	73	70
	III	70	72	86	73	60	64	67	74	72
Средняя		70	71	81	75	67	65	64	71	69

Погодные условия в период вегетации озимой пшеницы складывались не совсем благоприятно для их роста и развития. И особенно это проявилось, начиная с мая месяца (со второй декады). Температура воздуха в отдельные дни мая достигала плюс 27 °С, в июне количество таких дней значительно возросло, а установившаяся длительная аномальная жара после 25 июня и до 15 августа ($t > 30-35$ °С днем в тени), а также длительные осадки во время налива и созревания озимой пшеницы отрицательно сказались на росте растений, качестве получаемой продукции и получении высокой урожайности.

6.Схема опыта и методика исследований.

Схема опыта:

- Контроль – без обработки. Фон НРК;
- Фон НРК + Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марка: Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений: 1-я в фазе кущения, 2-я – в фазе колошения (расход агрохимиката – 1,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га);
- Фон НРК + Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марка: Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений: 1-я в фазе кущения, 2-я – в фазе колошения (расход агрохимиката – 2,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га);
- Фон НРК + Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марка: Азот – 2-х

кратная некорневая подкормка растений: 1-я в фазе кущения, 2-я – в фазе колошения (расход агрохимиката – 3,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га).

Учетная площадь делянки – 50 м², повторность – четырехкратная.

Отбор растительных проб для определения показателей роста (высоты растений, биомассы и сухой массы надземных органов; числа, длины и ширины листьев, их площади) проводили в начале созревания зерна.

Перед уборкой отбирали модельные снопы для проведения структурного анализа урожая – определения: кустистости (общей и продуктивной), длины колосьев, озерненности, массы с растения зерна и соломы и их соотношения. Урожайность определяли по общему валу зерна, убранного с делянок – по вариантам опыта. В средних пробах зерна с вариантов опыта определяли показатели качества зерна: массу 1000 зерен, стекловидность, количество и качество клейковины – по существующим ГОСТам.

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

7. Результаты исследований и их обсуждение

Озимая пшеница – одна из основных продовольственных культур, широко распространенных на Северном Кавказе, где площади под ее посевами составляют около 6 млн. га ежегодно, из них порядка 1,2-1,4 млн. га – в Ростовской области, 1,1-1,3 млн. га – в Краснодарском крае, 1,1 млн. га – в Ставропольском крае. Рынок зерна является основой сельскохозяйственного производства, обеспечивая потребность населения в главном продукте питания – хлебе, промышленность – в сырье (Тюпаков Э.Ф., Бровкина Т.Я., 2008).

Современные сорта озимой мягкой пшеницы обладают высокой потенциальной урожайностью, но в производственных условиях реализуется только 40-50 % ее величины. Полное развитие потенциальной продуктивности возможно только при совпадении параметров генотипа сорта и экологической ниши. Степень их совпадения в онтогенезе и определяет уровень реализации потенциальной продуктивности сорта (Озимая пшеница в Ставропольском крае: монография, 2003).

В процессе жизненного цикла (от всходов до созревания семян) злаковое растение проходит несколько фаз роста и развития, связанных с морфологическими изменениями в строении органов и образовании новых его частей (стеблей, листьев, генеративных органов, семян). У озимых растений

первые две фазы (всходы, кущение) протекают осенью, остальные – весной и летом следующего года.

С возобновлением весенне-летней вегетации активное отрастание наблюдается в течение недели за счет запасных органических веществ, оставшихся после перезимовки. Затем прирост уменьшается, что объясняется сокращением количества запасных пластических веществ в узлах кущения. Первую подкормку испытуемым удобрением проводили в фазу кущения в период весеннего отрастания комплексным минеральным удобрением, содержащим целый набор химических элементов: макроэлементы, содержание которых в сухой массе растений превышает 0,1 % – NPK; мезоэлементы – 0,1-0,01 % – Mg, Fe, S; микроэлементы – 0,01-0,0001 % – B, Cu, Zn, Mn, Mo, Co, Se. Каждый из этих элементов, прямо или косвенно воздействовал на ростовые процессы растений озимой пшеницы.

Таблица 2 – Влияние агрохимиката АКТИВ марки Азот на показатели роста растений озимой пшеницы (фаза начала восковой спелости, 2017 г.)

Вариант	Высота растения, см	Масса надземных органов, г/растение	
		сырая	сухая
Контроль – без обработки	75,6	8,59	2,21
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (1,0 л/га)	82,3	9,62	2,44
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (2,0 л/га)	85,7	12,94	3,31
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (3,0 л/га)	88,1	14,18	3,59
НСР ₀₅	3,9	0,56	0,14

Результаты исследований (табл. 2) показали, что последовательно проведенная двухкратная подкормка растений (1-я в фазе кущения, 2-я – в фазе колошения) активизировала рост растений после возобновления весенней вегетации за счет пополнения запасных пластических веществ, растроченных на рост в первую неделю начала отрастания после перезимовки. Это обусловлено проявлением биологической активности элементов, входящих в состав испытуемого агрохимиката.

Так, для роста и развития растений необходимы азот, калий, бор, кобальт, молибден, цинк и другие элементы. Снабжение ими растений спо-

способствует повышению высоты растений, накоплению ими биомассы и сухого вещества надземными органами растений (Хох Ф., Валли Б., 1962; Ягодин Б.А., 1985; Львов Н.П., 1989; Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989). И как видно из данных таблицы 2, применение в технологии возделывания пшеницы агрохимиката АКТИВ марки Азот стимулирует рост растений в высоту (82,3-88,1 см, в контроле – 75,6 см), нарастание биомассы (9,62-14,18, в контроле – 8,59 г) и сухой массы (2,44-3,59, в контроле – 2,21 г/растение) надземными органами. Максимальные значения рассматриваемых показателей отмечены в варианте с применением испытуемого удобрения в дозе 3,0 л/га.

Одним из способов повышения урожайности зерна является сохранение к периоду налива и созревания зерна в жизнеспособном, активном состоянии верхних листьев, особенно верхнего (флага). Доказано, что только за счет флагового листа образуется около 40 % урожая зерна. И обусловлено это тем, что в фазе формирования и созревания зерна ведущая роль в процессе фотосинтеза принадлежит двум верхним листьям, как более молодые и физиологически более активные, они «работают» почти в два раза интенсивнее, чем два нижних листа (Ничипорович А.А., 1954; Петина Н.С., Бровцына В.Л., 1963).

Двухкратная некорневая подкормка растений озимой пшеницы после возобновления вегетации весной (в фазы кущения и колошения) не только способствовала усилению роста листовой поверхности, но и удлинению срока жизни листьев и их активной деятельности.

Таблица 3 – Влияние агрохимиката АКТИВ марки Азот на величину листовой поверхности растений озимой пшеницы (фаза начала восковой спелости, 2017 г.)

Вариант	Число листьев, шт./растение	Размеры листьев, см		Площадь листьев, см ² /растение
		длина	ширина	
Контроль – без обработки	2,4	17,7	1,10	30,7
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (1,0 л/га)	3,1	17,8	1,18	36,2
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (2,0 л/га)	3,6	18,0	1,34	44,0
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (3,0 л/га)	3,8	20,6	1,38	51,7
НСР ₀₅	0,2	0,9	0,06	2,1

Из данных таблицы 3 видно, что двухкратная подкормка растений озимой пшеницы жидким минеральным удобрением АКТИВ марки Азот оказала существенное влияние на ассимиляционный аппарат и его фотосинтетическую деятельность. Так, если к моменту отбора проб в контрольном варианте жизнеспособными оставались 2,4 шт. листа, то в опытных – 3,1-3,8 шт. При этом листья отличались большими размерами (длина 14,8-20,6 см, ширина – 1,18-1,38 см, в контроле – 17,7 и 1,10 см) и как следствие, существенно превышающей площадью (36,2-51,7, в контроле – 30,7 см², НСР₀₅ – 2,1 см²). Приведенные данные указывают на тот факт, что с увеличением дозы испытуемого удобрения возрастала активность листьев, срок их жизни и фотосинтетическая деятельность, особенно в варианте с применением удобрения АКТИВ марки Азот в дозе 3,0 л/га. При этом, если первая подкормка (в фазе кущения) активизировала процесс нарастания листового аппарата и его деятельность, то вторая подкормка (в фазе колошения) усилила накопление ассимилятов и рациональное их перераспределение в формирующиеся репродуктивные органы. И входящие в состав испытуемого агрохимиката химические элементы оказали на это значительное влияние, что отражено во многих работах учеными в разное время (Чернавина И.А., 1970; Кибаленко А.П., 1976; Чернавская Н.М., Васильева Л.Ю., 1989; Полевой В.В., 1989).

Отрицательное влияние на рост растений озимой пшеницы во время всего вегетационного периода оказывают климатические стрессы (морозы, засуха, высокая температура, дефицит и избыток воды). После возобновления весеннего отрастания растения озимой пшеницы в 2017 г. подвергались таким климатическим стрессам, как высокие температуры, засуха, которые в большей мере проявились позже – во время формирования, налива и созревания зерна. Проведение подкормок ослабило стресс от засухи, повысив засухоустойчивость, что также обусловлено действием элементов, входящих в состав испытуемого агрохимиката (Володько И.К., 1983; Минеев В.Г., 1984; Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002).

Усиление ростовых процессов и устойчивости растений к климатическим стрессам при проведении некорневых подкормок растений озимой пшеницы положительно сказалось на формировании репродуктивных органов, из которых основными являются: число продуктивных стеблей, озерненность и масса зерна с растения.

Таблица 4 – Влияние агрохимиката АКТИВ марки Азот на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы

Вариант	Кустистость, шт. стеблей/растение		Длина колоса, см	Озерненность, шт./растение	Масса, г/растение		Отношение m_3/m_c
	общая	продуктивная			зерна m_3	соломы m_c	
Контроль – без обработки	1,0	1,0	7,5	32,5	1,43	1,84	0,78
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (1,0 л/га)	1,0	1,0	8,1	34,7	1,55	1,76	0,88
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (2,0 л/га)	1,2	1,0	8,2	36,3	1,66	1,75	0,95
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (3,0 л/га)	1,3	1,1	8,4	38,4	1,70	1,75	0,97
НСР ₀₅	0,05	0,05	0,4	1,7	0,08	0,08	

Представленные в таблице 4 данные указывают на то, что двукратная некорневая подкормка растений озимой пшеницы в фазах кущения и колошения способствовала формированию более крупных по длине колосьев (8,1-8,4, в контроле – 7,5 см), более озерненных (34,7-38,4 шт., в контроле – 32,5 шт.). В опытных вариантах значительно возросла зерновая продуктивность растений – масса зерна с растения (1,55-1,70 г, против 1,43 г – в контроле). Следует отметить, что максимальные абсолютные значения указанных в таблице 4 показателей получены в варианте с применением испытуемого удобрения в дозе 3,0 л/га (расход рабочего раствора 300 л/га). В указанном варианте зерновая продуктивность возросла на 18,9 %, что не могло не сказаться на величине урожайности.

Урожайность зерна озимой пшеницы при применении в технологии ее возделывания испытуемого агрохимиката возросла на 9,5-14,8 %, при урожайности в контроле – 57,6 ц/га.

Таблица 5 – Влияние агрохимиката АКТИВ марки Азот на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Клейковина	
		ц/га	%			содержание, %	ИДК
Контроль – без обработки	57,6	-	-	42,1	54	16,4	55
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (1,0 л/га)	63,1	5,5	9,5	46,0	59	18,9	75
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (2,0 л/га)	64,9	7,3	12,7	48,6	64	20,1	77
АКТИВ марки Азот – 2-х кратная некорневая подкормка растений (3,0 л/га)	66,1	8,5	14,8	51,4	67	22,0	65
НСР ₀₅	2,9			2,1			

Максимальная урожайность – 66,1 ц/га – получена в варианте с применением испытуемого удобрения в дозе 3,0 л/га.

Установлено, что удобрения повышают не только урожайность озимой пшеницы, но и качество зерна (Коданев И.Н., 1976; Пруцков Ф.М., 1982). Данные таблицы 5 показывают, что во всех опытных вариантах формировались более крупные и полновесные зерна (масса 1000 зерен – 46,0-51,4 г, в контроле – 42,1 г), высокостекловидные (50-67 %, в контроле – 54 %). По содержанию и качеству клейковины зерно опытных вариантов может быть отнесено к продовольственному, в контрольном варианте – к фуражному.

8. Заключение

Жидкое минеральное удобрение АКТИВ марки Азот, содержащее комплекс макро- и микроэлементов, обладает высокой биологической эффективностью, проявившейся в стимуляции роста и развития растений озимой пшеницы, в повышении устойчивости к климатическим стрессам, акти-

визации формирования элементов структуры урожая, повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы.

Наиболее эффективно проводить некорневую подкормку растений озимой пшеницы двукратно – в фазы кущения и колошения испытуемым агрохимикатом АКТИВ марки Азот (расход агрохимиката – 3,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га).

Литература:

1. Вальков В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, И.Т. Трубилин, Н.С. Котляров, Г.М. Соляник. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 1996. – 191 с.
2. Володько И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / И.К. Володько. – Минск: Наука и техника, 1983. – 192 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985.
4. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Кибаленко А.П. Значение бора в метаболизме растительной клетки / Микроэлементы в обмене веществ растений / А.П. Кибаленко. – Киев: Наукова Думка, 1976. – С. 93-125.
6. Коданев И.В. Повышение качества зерна / И.В. Коданев. – М.: Колос, 1976. – 334 с.
7. Львов Н.П. Молибден в ассимиляции у растений и микроорганизмов / Н.П. Львов. – М.: Наука, 1989. – 85 с.
8. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 347 с.
9. Ничипорович А.А. Особенности формирования и работы фотосинтетического аппарата растений в посевах в связи с проблемой повышения урожайности / А.А. Ничипорович // Физиология растений. – Т. 1. – Вып. 2, 1954.
10. Петина Н.С. Продуктивность фотосинтеза риса при различной густоте посева / Н.С. Петина, В.Л. Бровцына // В сб. «Фотосинтез и вопросы продуктивности растений». – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 105-122.
11. Полевой В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Агропромиздат, 1989. – 464 с.

12. Пруцков Ф.М. Повышение урожайности зерновых культур / Ф.М. Пруцков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 205 с.
13. Тюпаков Э.Ф. Озимая пшеница на Северном Кавказе: Монография / Э.Ф. Тюпаков, Т.Я. Бровкина. – Элиста: ЗАО «НПП «Джангар», 2008. – 326 с.
14. Хох Ф. Роль цинка в обмене веществ / Ф. Хох, Б. Валли // Микроэлементы. – М., 1962. – С. 435-470.
15. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. – М.: Высшая школа, 1970. – 310 с.
16. Чернавская Н.М., Васильева Л.Ю. Роль марганца при выделении кислорода в фотосинтезе / Н.М. Чернавская, Л.Ю. Васильева // Физиология растительных организмов и роль металлов. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – С. 56-117.
17. Ягодин Б.А. Влияние молибдена и кобальта на урожай и фиксацию азота у кормовых бобов при различной обеспеченности азотом / Б.А. Ягодин, И.В. Верниченко, Н.А. Савидов // Вопросы рационального использования удобрений. – М., 1985. – С. 57-61.
18. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 584 с.