

УДК 633.521:631.8(470.4)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСОНАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Скворцов С.С., Васильев А.С., Яковлева С.В., Лесных П.А., Чумакова Е.Н.

*ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь,
e-mail: vasilevtgsha@mail.ru*

Верхневолжье является традиционным льноводческим регионом Российской Федерации, характеризующимся благоприятными почвенно-климатическими условиями для выращивания льна. Наряду с этим известно, что почвы региона имеют низкую обеспеченность микроэлементами, что отрицательно сказывается на формировании продуктивности посевов льна-долгунца. В связи с указанным целью исследований было изучено влияние новых видов микроэлементных удобрений, изготовленных, в частности, в форме комплексонатов, на продуктивность льна-долгунца сорта Тверской при выращивании его на хорошо окультуренных дерново-среднеподзолистых почвах. Комплексные исследования проводились в 2017–2018 гг. на базе Тверской государственной сельскохозяйственной академии. Схема опыта включала в себя следующие варианты: 1) Без обработки растений; 2–6) некорневая подкормка микроэлементными удобрениями Сивид-Цинк (200 мл/га), Сивид-Комплекс (200 мл/га), комплексонатами Se-ЭДДЯК (50 мл/га), Zn-ЭДДЯК (50 мл/га), B-ЭДДЯК (50 мл/га). Удобрения применялись в фазу «елочки» растений льна посредством опрыскивания с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га. В результате исследований была выявлена целесообразность использования для некорневой подкормки комплексоната бора, обеспечивающего повышение урожайности соломы и семян льна относительно варианта без обработки – на 9,4 ц/га (30,9%) и 1,8 ц/га (41,9%) соответственно, а также увеличение экономической эффективности вследствие более низкой себестоимости подкормки. При этом установлено, что рост продуктивности посевов льна достигался за счет улучшения густоты стояния и морфологических показателей растений. Другие, изучаемые в опыте удобрения, также характеризовались положительным эффектом, который относительно комплексоната бора совокупно был значительно ниже.

Ключевые слова: микроэлементы, комплексонаты, бор, лен-долгунец, повышение продуктивности, экономическая эффективность

USE OF COMPLEXONATES IN TECHNOLOGY OF FLAX CULTIVATION IN CONDITIONS OF THE UPPER VOLGA REGION

Skvortsov S.S., Vasilev A.S., Yakovleva S.V., Lesnykh P.A., Chumakova E.N.

Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: vasilevtgsha@mail.ru

The Upper Volga region is a traditional flax-growing region of the Russian Federation, characterized by favorable soil and climatic conditions for flax cultivation. It is also known that the soils of the region have a low supply of trace nutrients, which negatively affects the formation of flax productivity. In this regard the researchers' aim was to examine the impact of new trace element fertilizers, manufactured particularly in the form of complexonates, on the productivity of Tver flax variety when grown in a well-cultivated sod-medium podzolic soils. Complex researches were conducted in 2017–2018 on the base of the Tver state agricultural Academy. The experiment diagram included the following variants: 1) Without foliar application of plants; 2–6) foliar application with microelement fertilizers Sivid-Zinc (200 ml/ha), Sivid Complex (200 ml/ha), complexonates Se-EDDYAK (50 ml/ha), Zn-EDDYAK (50 ml/ha), B-EDDYAK (50 ml/ha). Fertilizer were applied in the «fir-tree» phase of the flax by spraying with the consumption rate of working fluid 200 l/ha. As a result of research, the feasibility of using foliar application of boron complexonate, providing increasing yields of straw and flax seeds relative to the variant without treatment – 9.4 t/ha (of 30.9%) and 1.8 kg/ha (41.9%), respectively, and the increase in economic efficiency due to lower cost of application were revealed. It was found that the increase in productivity of flax crops was achieved by improving the density of standing and morphological parameters of plants. Other fertilizers studied in the experiment were also characterized by a positive effect, that was significantly lower due to boron complexonate.

Keywords: microelements, complexonates, boron, flax, productivity increase, economic efficiency

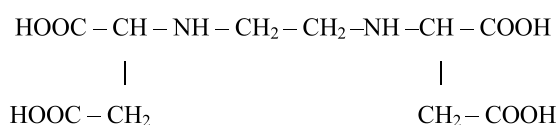
Тверская область традиционно характеризуется благоприятными почвенно-климатическими условиями для успешного выращивания льна-долгунца, что делает расширение площадей посева льна экономически оправданным. Вместе с тем главным средством улучшения продуктивности и качества урожая льна в регионе остается использование различных удобрений [1, 2]. Многочисленными научными исследованиями доказано, что для нормального роста и развития растений льна недостаточно

применять только макроудобрения, а требуется комплексное удовлетворение потребностей растений, включая как макро-, так и микроэлементы, дефицит которых очень сложно, даже частично, компенсировать другими агроприемами [2, 3].

Научные основы использования различных микроэлементных удобрений в растениеводстве включают в себя не только анализ потребностей растений, но и определение обеспеченности микроэлементами за счет их запасов, содержащихся в почве. При

этом отмечается, что наличие микроэлементов в почве определяется, прежде всего, условиями ее формирования и использования и может очень сильно варьироваться. Среди сдерживающих факторов, затрудняющих комплексное применение микроэлементов, выделяют негативное изменение базовых свойств основных компонентов при смешении солей металлов, выраженное в снижении эффективности готовых удобрений за счет формирования трудноусвояемых соединений, что в особенности свойственно дерново-подзолистым почвам Верхневолжья, характеризующимся высоким содержанием подвижного фосфора и близкой к нейтральной кислотностью. Устранить получение труднодоступных для растений форм микроэлементов в процессе приготовления микроудобрений возможно только за счет внедрения в производство новых форм их эффективного использования [2–4].

К перспективным формам применения микроэлементов, характеризующимся высокой усвояемостью растениями, относят их комплексонаты, особая эффективность применения которых достигается за счет содержащейся в них биологической части, называемой комплексонами [2, 5]. Наиболее действенными и экологически безопасными комплексонами для создания комплексонатов являются производные янтарной кислоты, к числу которых относится этилендиаминдиантарная кислота (ЭДДЯК):



впервые синтезированная на кафедре химии Калининского сельскохозяйственного института (ныне Тверская государственная сельскохозяйственная академия) [6, 7].

Наряду с тем, что получение и химические свойства комплексонатов биометаллов достаточно хорошо изучены [6–8], в то же время целесообразность и технология применения комплексонатов микроэлементов (В, Se и др.) на основе ЭДДЯК в технологиях возделывания различных сельскохозяйственных культур в условиях Верхневолжья являются недостаточно изученными, что требует от науки проведения специальных исследований.

Цель исследования: изучить влияние новых видов микроэлементных удобрений, изготовленных, в частности, в форме комплексонатов, на продуктивность льна-

долгунца сорта Тверской, выращиваемого на хорошо освоенных дерново-подзолистых почвах Верхневолжья.

Материалы и методы исследования

Комплексные исследования выполнялись в 2017 и 2018 гг. в севообороте на опытном поле Учебного научно-инновационного центра «Агротехнологический полигон» при Тверской ГСХА. Почва под опытами – дерново-среднеподзолистая, супесчаная по гранулометрическому составу. Оценка агрохимических характеристик почвы выявила следующие показатели: гумус – 1,7% (по Тюрину), подвижный фосфор – 185 (по Кирсанову) мг/кг, обменный калий – 165 мг/кг (по Кирсанову), легкогидролизуемый азот – 58,0 мг/кг (по Корнфилду), рН солевой вытяжки – 4,9.

Схема опыта состояла из следующих вариантов:

- 1) без обработки микроэлементными удобрениями;
- 2) опрыскивание посевов удобрением Сивид-Цинк (200 мл/га);
- 3) опрыскивание посевов удобрением Сивид-Комплекс (200 мл/га);
- 4) опрыскивание посевов комплексонатом Se-ЭДДЯК (50 мл/га);
- 5) опрыскивание посевов комплексонатом Zn-ЭДДЯК (50 мл/га);
- 6) опрыскивание посевов комплексонатом В-ЭДДЯК (50 мл/га).

Учетная площадь делянки – 18 м², повторность в опыте – четырёхкратная. Варианты опыта размещались методом расщепленной делянки. В роли объекта исследований выступал сорт льна-долгунца Тверской (ФГБНУ ВНИИ льна).

Удобрения Сивид-Цинк и Сивид-Комплекс зарегистрированы и выпускаются промышленным способом ООО НПО «РосАгроХим»; комплексонаты селена, цинка и бора для исследований изготавливались в межкафедральной лаборатории, функционирующей при Тверской ГСХА.

Уровень агротехнологий льна-долгунца в опытах соответствовал интенсивным. Предшественник – яровые зерновые. Посев льна проводился сеялкой СПУ-6 с нормой высева 20 млн всхожих семян на 1 га. В фазе льна «елочка» (при высоте 7–10 см), проводили опрыскивание удобрениями и комплексонатами согласно схеме опыта. Норма расхода рабочей жидкости составляла 200 л/га. Для опрыскивания посевов в полевых опытах использовали ручной помповый опрыскиватель «Marolex Profes-

sion». Учет урожая осуществляли методом сплошной поделаночной уборки.

Погодные условия в годы исследований были различны, что позволило полнее выявить влияние микроудобрений и комплексонатов на культуру льна-долгунца. Так, за период вегетации количество осадков в 2017 г. составляло 138 %, а в 2018 г. – 122 % от нормы.

Исследования в опыте осуществляли, руководствуясь «Методическими указаниями по проведению полевых опытов со льном-долгунцом (1978)» [9]. Математическую обработку данных результатов наблюдений и учетов – по Б.А. Доспехову (1985) [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Урожайность льна-долгунца является интегральным показателем, который определяется числом всходов и сохранившихся к уборке на единице площади растений, длиной стебля, числом коробочек на растении и семян в одной коробочке.

Густота стояния растений льна-долгунца в годы исследований зависела от вида изучаемых микроэлементных удобрений и была различной (табл. 1). Так, число растений к уборке в варианте с применением комплексоната В-ЭДДЯК (1699 шт/м²) было несколько выше (на 5,5–5,9%), чем при обработках посевов Se-ЭДДЯК (1598 шт/м²) и Zn-ЭДДЯК (1605 шт/м²). Сходная тенденционность отмечалась и при оценке количества, сохранившихся от всходов, растений льна-долгунца к уборке, когда опрыскивание комплексонатом бора повысило сохранность в сравнении с Se-ЭДДЯК на 5,6%, с Zn-ЭДДЯК на 3,2%, а относительно удобрений Сивид-Цинк и Сивид Комплекс на 1,7 и 4,7%.

Применение комплексоната В-ЭДДЯК также положительно отразилось на общей выживаемости семян, увеличив ее, в срав-

нении с другими вариантами некорневых подкормок, на 2,9–5,0%.

Преимущество использования бора в формировании более высокой густоты стояния растений объясняется его высокой значимостью в физиологических и биохимических процессах, протекающих в клетках растений льна-долгунца. В частности, бор затрагивает наиболее сильно процессы метаболизма в клетках растения льна и его дефицит приводит к отмиранию точек роста и даже гибели растений практически сразу же после раскрытия семядолей и наличия 1–2 пар листьев. При этом следует учитывать, что применять бор в качестве удобрения наиболее целесообразно в раздельном виде, а не в комбинациях с другими микроэлементами, так как может проявляться эффект антагонизма в поступлении микроэлементов в клеточные структуры растений [2].

Одним из базовых параметров формирования продуктивности и качества урожая льна-долгунца служит техническая длина стебля, которая находится в прямой взаимосвязи с общей длиной стебля, образовавшейся к моменту уборки (ранняя желтая спелость). Все, изучаемые в опыте микроэлементные удобрения, обеспечивали повышение технической длины стебля льна-долгунца в сравнении с контролем на 2,1–4,5%, увеличивая при этом диаметр стеблей на 9,1% (табл. 2).

Наибольшую в опыте общую длину стеблей, равную 69,2 см, обеспечило применение препарата В-ЭДДЯК, а техническую длину – обработка растений удобрениями В-ЭДДЯК и Se-ЭДДЯК.

Опрыскивание посевов микроэлементными удобрениями усиливало образование генеративных органов, что отразилось на повышении числа коробочек на одном растении – на 10,0–33,3%. Наибольшее количество коробочек на растении (4,0 шт.) отмечалось при использовании В-ЭДДЯК.

Таблица 1

Показатели густоты стояния растений льна-долгунца в зависимости от изучаемых микроэлементных удобрений, среднее за 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Густота стояния, шт/м ²		Сохранность, %	Выживаемость, %
	всходы	к уборке		
Без обработки	1902	1601	84,2	80,0
Сивид-Цинк	1898	1617	86,2	80,8
Сивид-Комплекс	1840	1641	89,2	82,0
Se-ЭДДЯК	1874	1598	85,3	79,9
Zn-ЭДДЯК	1830	1605	87,7	80,2
В-ЭДДЯК	1870	1699	90,9	84,9

Таблица 2

Морфологические показатели растений льна, среднее за 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Длина стебля, см		Диаметр стеблей, мм	Количество коробочек на 1 растении, шт.
	общая	техническая		
Без обработки	67,8	58,2	1,1	3,0
Сивид-Цинк	68,2	59,4	1,2	3,3
Сивид-Комплекс	68,4	60,2	1,2	3,4
Se-ЭДДЯК	68,5	60,8	1,2	3,5
Zn-ЭДДЯК	68,6	59,6	1,2	3,4
B-ЭДДЯК	69,2	60,8	1,2	4,0

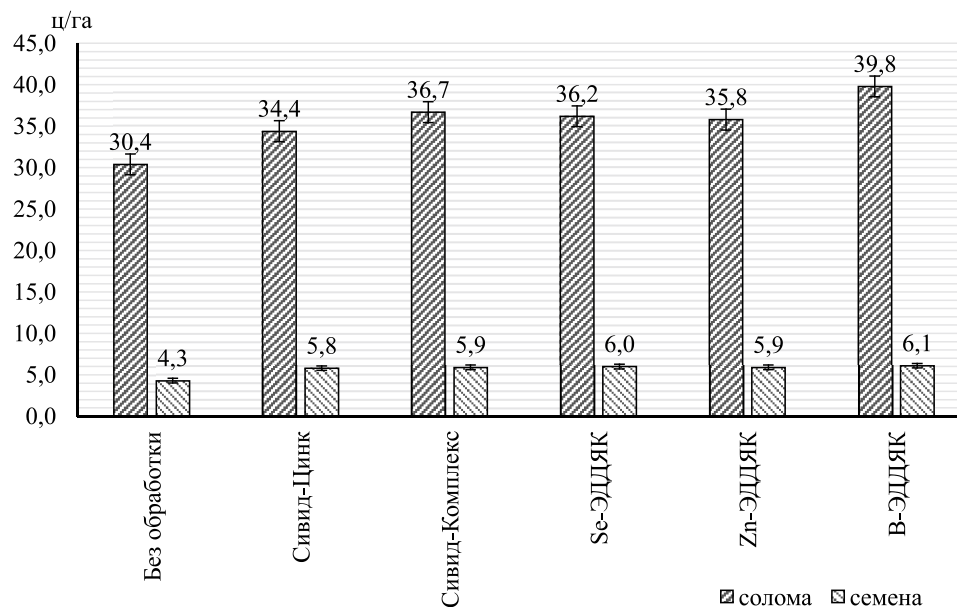
НСР₀₅ (солома) = 1,1, (семена) = 0,9 ц/га

Рис. 1. Влияние микроэлементных удобрений на урожайность соломы и семян льна, среднее за 2017–2018 гг.

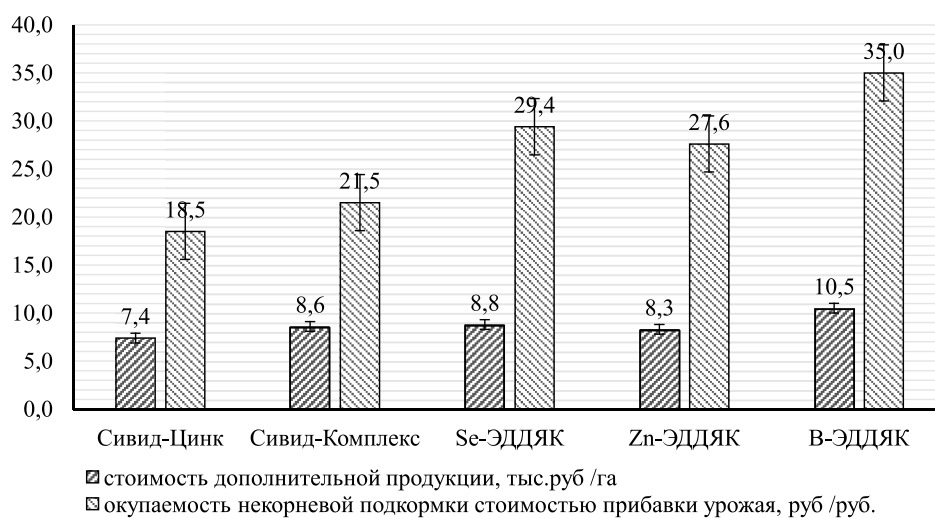


Рис. 2. Экономическая эффективность применения микроэлементных удобрений на льне-долгунце, среднее за 2017–2018 гг.

Улучшение густоты стеблестоя и морфологических показателей льна-долгунца, вызванное некорневыми подкормками микроэлементами удобрениями, обеспечило повышение его продуктивности, увеличив урожайность льносоломой относительно не-удобренных посевов на 4,0–9,4 ц/га (13,2–30,9%), а льносемян на 1,5–1,8 ц/га (34,9–41,9%) (рис. 1).

Наибольшая урожайность льнопродукции (льносолома – 39,8 ц/га, льносемена – 6,1 ц/га) была сформирована при обработке посевов комплексонатом на основе бора, что связано с благоприятным влиянием бора на формирование анатомической структуры стебля и его значимостью в процессах образования пыльцы и семян.

Подкормки другими удобрениями также способствовали достоверному повышению продуктивности растений, но диапазон этих прибавок был ощутимо ниже.

Наряду с оценкой увеличения урожайности льна-долгунца от изучаемых микроэlementных удобрений важно изучить экономическую целесообразность применения разрабатываемых приемов. Так, анализ экономического эффекта от некорневых подкормок микроэлементами выявил их высокую окупаемость стоимостью полученной прибавки урожая льнопродукции, достигающую 35,0 рублей на 1 рубль понесенных затрат (рис. 2).

По экономической эффективности в порядке убывания их ценности, изучаемые удобрения, расположились в следующем порядке: 1) комплексонат бора, 2) комплексонат селена, 3) комплексонат цинка, 4) Сивид-Комплекс, 5) Сивид-Цинк. Отдельным фактором, определяющим перспективность применения комплексонатов в системе удобрения льна-долгунца, является их низкая себестоимость производства, составляющая в промышленных условиях от 250 до 300 рублей за 1 л.

Выводы

Таким образом, в результате комплексных исследований, проведенных на дерново-среднеподзолистых хорошо окультуренных почвах Верхневолжья, характеризующихся недостатком содержания бора и цинка, была выявлена высокая эффективность применения микроэlementных удобрений при возделывании льна-долгунца. Особой эффективностью отличались новые формы микроудобрений – комплексонаты, некорневая подкормка которыми обеспечила существенный рост продуктивности

льна-долгунца: соломы – 5,4–9,4 ц/га (17,8–30,9%), семян – 1,6–1,8 ц/га (37,2–41,9%).

Максимальная урожайность льносоломой (30,9 ц/га) и льносемян (6,1 ц/га) с наибольшей окупаемостью экономических затрат стоимостью прибавки урожая (35,0 руб/руб.) была сформирована при опрыскивании посевов комплексонатом бора, действующее вещество которого характеризуется значительным влиянием на биологические и биохимические процессы, происходящие в растениях. Также, наряду с повышением урожайности, В-ЭДДЯК характеризовался преимущественным влиянием на формирование густоты стояния и морфологические параметры растений льна-долгунца.

Другие виды удобрений (Сивид-Цинк, Сивид-Комплекс, Se-ЭДДЯК, Zn-ЭДДЯК) также характеризовались существенным положительным эффектом на продуктивность льна, но при этом ощутимо уступали В-ЭДДЯК.

В целом производству для повышения урожайности льна-долгунца и увеличения экономической эффективности его возделывания следует рекомендовать – проводить обработку посевов льна в фазе «елочка» комплексонатом бора (В-ЭДДЯК) с дозой расхода удобрения 50 г/га и нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га.

Список литературы / References

1. Фаринюк Ю.Т., Мигулев П.И., Глебова А.Г. Инновационное развитие АПК Тверской области: монография. Тверь: Тверская ГСХА, 2013. 175 с.
2. Сорокина О.Ю. Научное обоснование оптимальных параметров плодородия дерново-подзолистых почв и применение агрохимических средств при возделывании льна-долгунца в Центральном Нечерноземье: дис. ... докт. с.-х. наук. Торжок, 2007. 237 с.
3. Sorokina O.Yu. Scientific substantiation of optimal parameters of sod-podzolic soil fertility and the use of agrochemical agents in the cultivation of flax in the Central Non-Black Earth Region: dis. ... doc. s.-h. nauk. Torzhok, 2007. 237 p. (in Russian).
4. Мамутова А.А. Химия и действие регуляторов роста и развития растений. Алматы, 2013. 148 с.
5. Mamutova A. A. Chemistry and action of growth regulators on plant development. Almaty, 2013. 148 p. (in Russian).
6. Ярошенко Т.М., Журавлева Д.Ю., Климова Н.Ф. Результаты применения микроэlementных препаратов на яровой пшенице // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 3–2. С. 74–77.
7. Yaroshenko T.M., Zhuravlev D.Yu., Klimova N.F. The results of the application of microelement preparations on the spring wheat // Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii. 2015. № 3–2. P. 74–77 (in Russian).
8. Доронин С.В., Тихвинский С.Ф. Лён-долгунец. Технология возделывания и селекция. Киров: ВГСХА, 2003. 112 с.

Doronin S.V., Tikhvinskiy S.F. Flax. Technology of cultivation and selection. Kirov: VGSXA, 2003. 112 p. (in Russian).

6. Смирнова Т.И., Никольский В.М., Кудряшова Н.В., Иванютина Н.Н., Усанова З.И. Безотходная биологическая стимуляция растений на основе применения экологически чистых комплексов // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1. С. 61–63.

Smirnova T.I., Nikolskiy V.M., Kudryashova N.V., Ivanyutina N.N., Usanova Z.I. Waste – free biological stimulation of plants on the basis of application of environmentally friendly complexons // Energoberezhenie i vodopodgotovka. 2009. № 1. P. 61–63 (in Russian).

7. Усанова З.И., Смирнова Т.И., Иванютина Н.Н., Павлов М.Н., Булюкина О.А. Увеличение содержания полифруктанов в клубнях топинамбура под влиянием хелатных комплексов микроэлементов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2017. № 3. С. 139–147.

Usanova Z.I., Smirnova T.I., Ivanyutina N.N., Pavlov M.N., Bulyukina O.A. Increase of polyfructan amount in the tubers of je-

rusalem artichoke under the influence of chelate complexes of microelements // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. 2017. № 3. P. 139–147 (in Russian).

8. Цой Т.Л. Влияние сверхмалых доз комплексов биогенных металлов на онтогенез, урожайность и качество льна-долгунца и картофеля: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2007. 23 с.

Tsoi T.L. Influence of ultra-low doses kompleksonatov biogenic metals on ontogeny, yield and quality of flax and potatoes: aftoref. dis. ... kand. biol. nauk. Barnaul, 2007. 23 p. (in Russian).

9. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок: ВНИИЛ, 1978. 71 с.

Methodical instructions on carrying out field experiments with flax. Torzhok: VNIYL, 1978. 71 p. (in Russian).

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Dospexov B.A. Technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).