

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА

О.В. Гладышева, к.с.-х.н., В.А. Свирина, В.Г. Черногаев, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) Россия, 390502, Рязанская область, Рязанский район, с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1 E-mail: svirina-vera@mail.ru

Представлены данные исследований по трем культурам звена зернотравянопропашного севооборота. Выявлена динамика изменения кислотности темно-серых лесных почв и содержания в них обменных оснований Ca^{2+} и Mg^{2+} , суммы поглощенных оснований. Установлено, что повторное известкование в дозе 1,5 Нг противодействует процессу подкисления почвы и улучшает её кислотные свойства, способствует накоплению обменных оснований Ca^{2+} и Mg^{2+} , суммы поглощенных оснований. Установлено, что повторное известкование значительно проявляется в звене севооборота на третий год. Совместное использование минеральных удобрений и известкования увеличивало продуктивность звена севооборота по сравнению с контролем (без удобрений и без CaCO_3) на 1,4 т/га.

Ключевые слова: темно-серая лесная почва, физико-химические свойства, $\text{pH}_{\text{сол.}}$, количество обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , минеральные удобрения, известкование, урожайность.

Для цитирования: Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Эффективность химической мелиорации на темно-серой лесной почве при выращивании культур севооборота// Плодородие. – 2022. – №5. – С. 66-69.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.16.

Несмотря на то, что природа кислотности и способы раскисления достаточно хорошо изучены, проблема химической мелиорации кислых почв – одна из самых актуальных в земледелии [3]. Многолетний опыт и практика земледелия свидетельствуют о постоянном подкислении и обеднении сельскохозяйственных земель регулятором почвенной кислотности – кальцием [7].

При резком прекращении комплексного агрохимического окультуривания полей почвы при использовании стали быстро подвергаться деградации, что сопровождается снижением органического вещества, обеднением оснований [13]. Создание в пахотном слое почвы оптимальных реакций среды и уровня питательных элементов, может стать важным источником повышения продуктивности земледелия [2].

При воспроизводстве почвенного плодородия обычно принимают во внимание степень кислотности, обеспеченность органическим веществом, основными элементами питания – азотом, фосфором, калием. Однако, кроме этих основных параметров плодородия, необходима информация о содержании обменных оснований Са и Mg, которые выполняют функции жизнедеятельности растений и определяют уровень урожайности сельскохозяйственных культур [12].

Обогащение почвы кальцием положительно влияет на интенсивность и направленность процессов разложения органического вещества, сокращает потери от выщелачивания [11, 15]. Недостаток кальция и магния в питательной среде приводит к снижению урожая и ухудшению качества растительной продукции [10]. В связи с этим большое значение имеют вопросы оптимизации питания растений при совместном использовании минеральных удобрений и известковых материалов на темно-серых лесных почвах. Увеличение до оптимального уровня реакции почвенной среды обогащает почву кальцием, магнием, повышает её биологическую активность, что усиливает гумусообразование, доступность для растений многих элементов питания [1].

Произвесткованные участки наряду с оптимальной средой имеют и более благоприятную водопрочную структуру, почва которой не заплывает и не растрескивается, сохраняет продуктивную влагу. Весной такие поля созревают на 6-8 дней раньше, чем неизвесткованные [7]. Создание оптимального баланса кальция и магния, особенно на темно-серых лесных почвах с усиленной минерализацией органических веществ, имеет особую значимость в сохранении этих элементов [9].

Важную роль в физиологии растений играет магний. При содержании его обменной формы меньше 2 мг/100 г почвы усиливаются окислительные процессы, нарушаются обмен веществ и фотосинтез растений. Содержание химических элементов, выполняющих многоплановую роль в жизни растений, особенно актуально в настоящее время.

Цель исследований – определить длительность влияния доломитовой муки на изменение кислотности почвы, обменных оснований Са и Mg и продуктивность культур звена севооборота.

Методика. Изучение проводили в 2018-2020 г. в условиях Института семеноводства и агротехнологий – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в шестипольном зернотравянопропашном севообороте двухфакторного опыта: фактор А – удобрения (NPK_0 и NPK_{90}), фактор В – известь. В опыте использовали комплексное удобрение – азофоску (N:P:K–16:16:16). Нормы внесения доломитовой муки, рассчитанные по гидролитической кислотности, – 6,9 т/га на фоне (NPK_0) и 8,8 т/га на фоне (NPK_{90}). Повторность опыта – четырехкратная. Учетная площадь 90 м². Агротехника общепринятая для культур в звене севооборота. Минеральные удобрения вносили под каждую культуру севооборота $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$.

Чередование культур в севообороте: 1 – ячмень + клевер; 2 – клевер 1-го года пользования; 3 – озимая пшеница; 4 – соя; 5 – яровая пшеница.

В 2017 г. осенью под яблечную обработку почвы повторно внесли доломитовую муку из расчета 1,5 Н_г (норма внесения определена на основании данных, по-

лученных в среднем за 6 лет). Доломитовую муку вносили в севообороте на фоне применения минеральных удобрений по всем четырем повторностям (табл. 1).

1. Расчет дозы повторного внесения доломитовой муки (2017 г.)

1. Расчет дозы повторного внесения доломитовой муки (2017 г.)											
Вариант опыта	Сист. извест.	Повторность								Средняя	
		I		II		III		IV			
		pH _{кол. исх.} , 2017 г.	доза Са-СО ₃ , т/га	pH _{кол. исх.} , 2017 г.	доза Са-СО ₃ , т/га	pH _{кол. исх.} , 2017 г.	доза Са-СО ₃ , т/га	pH _{кол. исх.} , 2017 г.	доза СаСО ₃ , т/га	pH _{кол. исх.} , 2017 г.	доза СаСО ₃ , т/га
Без удоб-рений	-	5,30	-	4,79	-	5,01	-	4,87	-	4,99	-
	CaCO ₃	5,77	Не вно-сить	4,92	10,84	5,51	2,62	5,23	7,32	5,36	6,9
(NPK) ₉₀	-	4,90	-	4,47	-	4,75	-	4,71	-	4,71	-
	CaCO ₃	5,34	7,56	4,94	15,95	5,50	4,23	5,13	7,32	5,23	8,8

Перед закладкой опыта почва имела следующие агрохимические показатели: содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) в варианте без удобрений – 3,05% (по Тюрину), на фоне (NPK)₉₀ – 3,10 %, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 106 и 190 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 92 и 123 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора – pH_{кол.} 5,04-4,78 ед., Н_г – гидролитическая кислотность – 4,69-5,86 мг-экв/100 г почвы, Са – 16,9-17,5, Mg 2,2-2,4 мг-экв/100 г почвы.

При закладке, проведении полевого опыта, статистической обработке экспериментальных данных использовали методику Б.А. Доспехова [5].

Учет урожая зерновых культур проводился комбайном «Сампо 130» с последующей очисткой зерна и доведением до 14 %-ной стандартной влажности. Для характеристики погодных условий рассчитывали гидро-термический коэффициент (ГТК) по Селянинову.

За годы проведения полевого опыта гидротермические коэффициенты существенно различались. Вегетационный период 2018 г. в целом характеризовался неблагоприятными условиями для развития ячменя, отмечено ускоренное прохождение фенотипов. За вегетацию осадков выпало 53,1 % от среднемесячных значений, ГТК был ниже среднемесячного – 0,59. Июнь отмечен критическим дефицитом влаги, ГТК этого месяца – 0,17. Сумма эффективных температур выше 10°C составила 2395°C при климатической норме 2000-2200°C.

Метеорологические условия вегетационного периода 2019 г. в целом можно характеризовать как благоприятные для роста и развития клевера 1-го года пользования. Сумма активных температур 2187° С, ГТК – 0,73,

наблюдалась слабая засуха.

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. благоприятно повлияли на развитие озимой пшеницы. Осадков выпало 112,2 % от нормы. Сумма активных температур была несколько ниже климатической нормы и составила 1912° С, ГТК – 1,37 (влажный).

Результаты и их обсуждение. Большая часть культурных растений может хорошо произрастать лишь при слабой, слабокислой или нейтральной реакции почвенного раствора. Исследования показали, что изменение кислотности во времени в звене севооборота без известкования и минеральных удобрений происходит слабо с незначительным отклонением от исходного состояния на 0,13 ед. Некоторому повышению реакции почвенного раствора способствует поступление в почву растительных остатков, в том числе клевера 1-го г.п. (табл. 2). Минеральные удобрения без СаСО₃ постепенно способствуют изменению реакции среды в сторону подкисления. Следует отметить, что растительные остатки в виде клевера 1-го г.п. несколько замедляют подкисление почвы.

В опытах применение минеральных удобрений и известки привело к положительным изменениям в плодородии почвы. На это указывает реакция почвенного раствора. Повторное внесение известки способствовало существенному увеличению значений pH_{кол.} на 0,22 ед. относительно исходного значения pH в варианте без удобрений, на 0,41 ед. на фоне минеральных удобрений.

В течение трёх лет после внесения мелиоранта величина гидролитической кислотности плавно снижается: в вариантах без удобрения на 0,46, а с (NPK)₉₀ на 0,61 мг-экв/100 г почвы (табл. 3).

2. Динамика изменения реакции среды (pH_{кол.}) в звене севооборота под влиянием повторного известкования

Вариант опыта		pH _{кол.}						
		исходная, 2017 г.	ячмень+ клевер, 2018 г.	± к исходной	клевер 1-го г.п., 2019 г.	± к исходной	озимая пшеница, 2020 г.	± к исходной
Без удобрений	0	4,98	5,01	+0,03	4,91	-0,07	5,11	+0,13
	СаСО ₃	5,36	5,44	+0,08	5,55	+0,19	5,58	+0,22
	(NPK) ₉₀	4,71	4,70	-0,01	4,63	-0,08	4,71	0
	СаСО ₃	5,23	5,41	+0,18	5,61	0,38	5,64	+0,41
HCP ₀₅ -уд.		0,31	0,11	-	0,10	-	0,15/	-
HCP ₀₅ -изв.		0,2	0,19	-	0,09	-	0,13	-

3. Динамика изменения гидролитической кислотности почвы (Н_г) в звене севооборота под влиянием повторного внесения известки

Вариант опыта		Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы						
		исходная, 2017 г.	ячмень+ клевер, 2018 г.	± к исходной	2019 г. клевер 1-го г.п.	± к исходной	озимая пшеница, 2020 г.	± к исходной
Без удобрений	0	3,9	3,7	-0,2	3,79	-0,11	3,72	-0,18
	СаСО ₃	2,95	2,79	-0,16	2,68	-0,27	2,49	-0,46
(NPK) ₉₀	0	5,05	5,04	-0,01	4,98	-0,07	5,08	+0,7
	СаСО ₃	3,25	2,97	-0,28	2,77	-0,48	2,64	-0,61
HCP ₀₅ -уд.		-	0,20	-	0,31	-	0,78	-
HCP ₀₅ -изв.		-	0,16	-	0,58	-	0,42	-

Концентрация содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} в опыте соответствует средней обеспеченности. Установлено, что под третьей культурой в звене севооборота концентра-

ция Ca^{2+} в растворе пахотного слоя 0-30 см без известки снизилась на 0,6 ед. на фоне без удобрений и на 0,5 ед. – с минеральными удобрениями (табл. 4).

4. Содержание Ca^{2+} в звене севооборота в слое 0-30 см, мг-экв /100 г почвы

Вариант опыта		Исходное, 2017 г.		Ячмень + клевер, 2018 г.		Клевер 1-го г.п., 2019 г.		Озимая пшеница, 2020 г.		Среднее за 3 года	
		Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Без удобрений	0	14,8	2,35	14,9	2,33	14,8	2,15	14,2	2,42	14,6	2,3
	CaCO_3	15,0	2,73	15,3	2,78	15,2	3,17	14,2	3,25	14,9	3,07
(NPK) ₉₀	0	14,4	2,29	14,4	2,28	14,5	2,14	13,9	2,16	14,3	2,19
	CaCO_3	15,1	2,91	15,3	3,14	15,1	3,18	16,0	3,38	15,5	3,23
НСП ₀₅ -уд.				0,91	0,25	0,46	0,15	0,59	0,089		
НСП ₀₅ -изв.				0,70	0,08	0,35	0,10	0,38	0,03		

Совместное применение $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ с известью в норме 1,5 г.к. привело к увеличению количества обменного катиона Ca^{2+} на 0,9 мг-экв/100 г почвы по сравнению с исходным значением.

При внесении доломитовой муки в почву поступает и магний, по сравнению с исходным содержанием 2017 г. прибавка Mg^{2+} в варианте без удобрений составила 0,52 мг-экв/100 г почвы, с минеральными удобрениями – 0,47 мг-экв/100 г почвы. Следует отметить, что на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ без доломитовой муки происходит некоторое снижение содержания магния под влиянием более активного выноса с урожаем культур севооборота по отношению к варианту без удобрений. Содержание магния на удобренном фоне с известью стало высоким.

Между почвенным раствором и почвенным поглощающим комплексом всегда имеется взаимодействие, реакция почвенной среды тесно связана с составом поглощенных катионов. Известь в сочетании с минераль-

ными удобрениями не только способствует обогащению почвы обменными катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , но и заметно повышает сумму поглощенных оснований (табл. 5).

В исследованиях наибольшая сумма поглощенных оснований отмечена на третий год после внесения известки, в вариантах без удобрений прибавка была меньше, чем с минеральными удобрениями.

Улучшение кислотно-химических свойств почвы под действием повторного внесения мелиоранта отразилось на урожайности сельскохозяйственных культур звена севооборота (табл. 6). Ячмень, клевер 1-го г.п., озимая пшеница увеличили урожайность на 8,6; 9,6; 10,4 % соответственно на фоне без удобрений и на 13,1; 20,3; 21,6 % соответственно на фоне с удобрением. Установлено, что эффективность известкования темно-серой лесной почвы под влиянием удобрений повышается в 2 раза.

5. Изменение суммы поглощенных оснований темно-серой почвы под влиянием минеральных удобрений и известкования

Вариант опыта		Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы					
		исходная, 2017 г.	ячмень+ клевер, 2018 г.	+ к 2017 г.	клевер 1-го г.п., 2019 г.	+ к 2017 г.	оз. пшеница, 2020 г.
Без удобрений	0	19,7	20,7	1,0	20,9	1,2	22,9
	CaCO_3	21,5	23,9	2,4	24,4	2,9	25,7
(NPK) ₉₀	0	18,0	18,2	0,2	19,9	1,9	21,3
	CaCO_3	20,8	25,3	4,5	26,2	5,4	27,4
НСП ₀₅ -уд.		-	1,05	-	1,08	-	1,17
НСП ₀₅ -изв.		-	0,34	-	1,31	-	1,37

6. Влияние известкования на урожайность культур звена севооборота, т/га

Вариант опыта		Ячмень + клевер, 2018 г.	+ к варианту без CaCO_3	Клевер 1-го г. п., сумма двух укосов, 2019 г.	+ к варианту без CaCO_3	Озимая пшеница, 2020 г.	+ к варианту без CaCO_3
Без удобрений	0	2,45	-	5,64	-	5,75	-
	CaCO_3	2,66	0,21	6,18	0,54	6,35	0,6
(NPK) ₉₀	0	3,12	-	6,44	-	6,49	-
	CaCO_3	3,53	0,41	7,75	1,31	7,89	1,4
НСП ₀₅ уд., т/га		0,110	-	0,81	-	1,34	-
НСП ₀₅ изв., т/га		0,096	-	0,42	-	1,75	-

Эффективное действие доломитовой муки, как источника улучшения магниевого и кальциевого питания растений, на продуктивность культур звена зернотравнопропашного севооборота зависит, прежде всего, от биологических особенностей растений, сочетания его с удобрениями и погодными условиями.

Заключение. В течение 3-летнего последствия доломитовой муки выявлено существенное изменение $\text{pH}_{\text{сол}}$, что способствовало переходу реакции почвенного раствора от слабокислой к близкой к нейтральной – с 5,23 до 5,64 ед., повышению в нем содержания кальция и магния. Отсутствие удобрений и известкования негативно влияет на реакцию почвенной среды.

Улучшение кислотности почвы под действием известкования отразилось на росте урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых в звене севооборота: 1 – ячмень с подсевом клевера; 2 – клевер 1-го г.п., 3 – озимая пшеница, соответственно, на 8,6 – 13,1; 9,6 – 20,3 и 10,4 – 21,6 % в зависимости от минерального фона. Рассчитанное количество известкового удобрения – 1,5 г.к. доломитовой муки на фоне применения минеральных удобрений – позволяет не только компенсировать естественные потери оснований, но и снизить площади темно-серых лесных почв с избыточной кислотностью вследствие положительного баланса кальция и магния. Проблему оптимизации содержания магния и кальция в почве можно решить за счет широкого

применения магнийсодержащих известковых удобрений.

Литература

1. Авдонин Н.Е. Влияние реакции среды на растения. Известкование кислых почв. – М.: Колос, 1976. – С. 72-115.
2. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Изменение реакции среды почвенного раствора при повторном внесении мелиоранта // Плодородие. – 2021. – № 2. – С. 45-46.
3. Державин Л.М. Научно-методическое обеспечение комплексного мониторинга плодородия почв, земель сельскохозяйственного назначения / Л.М. Державин // Плодородие. – 2010. – №6. – С. 6-9.
4. Дзюин А.Г. Динамика кислотности дерново-подзолистой суглинистой почвы в севообороте с удобрениями на разных фонах // Плодородие. – 2018. – №5. – С. 19-20.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
6. Корченкина Н.А., Гувеннов А. И., Богомолова Ю. А., Махалов Р.М. Последствие известкования и длительного внесения удобрений на динамику физико-химических свойств светло-серой лесной почвы // Агрохимический вестник. – 2017. – №5. – С. 2-3.
7. Лукманов А.А., Миннулин Р.М. Известкование кислых почв в Республике Татарстан местными известковыми удобрениями// Агрохимический вестник. – 2017. – №5. – С. 37-38.
8. Окороков В.В. Основные направления исследований по известкованию кислых почв // Владимирский земледелец. – 2011. – №4. – С. 17-18.
9. Рыбалкина А.В. К вопросу о выщелачивании кальция и магния осадками и балансе этих элементов в условиях дерново-среднеподзолистых почв левобережного Полесья УССР // Агрохимия. – 1984. – № 9. – С. 69-77.
10. Сокаев, К.Е. Мониторинг плодородия основных типов и подтипов почв Республики Северная Осетия-Алания на реперных участках / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев // Плодородие. – 2013. – № 6. – С. 31-33.
11. Сычев В.Г., Шильников В.А., Аканова Н.И. Состояние и эффективность химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие. – 2013. – №1. – С. 9-10.
12. Фирсов, С.А. Итоги химической мелиорации кислых почв в земледелии Тверской области / С. А. Фирсов // Плодородие. – 2010. – № 6 (57). – С. 2-3.
13. Чеботарев Н.Т. Применение местных агродуд в земледелии Республики Коми // Земледелие. – 2003. – № 6. – С. 7-8.
14. Чеботарев Н.Т., Шергина Н.Н. Влияние многолетнего комплексного применения удобрений на плодородие и продуктивность дерново-подзолистой почвы ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА // Плодородие. – 2020. – №4. – С. 19-20.
15. Шаповалова Н.Н. Кислотно-основные свойства чернозема обыкновенного после длительного внесения минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова, Е. П. Шустикова // Плодородие. – 2016. – № 4. – С. 15-18.

EFFICIENCY OF CHEMICAL RECLAIM ON DARK GRAY FOREST SOIL IN GRAIN-ROWED CROPPED ROTATION

O.V. Gladysheva¹, V.A. Svirina¹, V.G. Chernogaev¹

¹The Institute of Seed and Agrotechnologies is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (ISA – a branch of the FSBI FSAC VIM)
Russia, 390502, Ryazan region, Ryazan district, v. Podvyaze, st. Parkovaya, 1
E-mail: svirina-vera@mail.ru

The materials of studies on crops of the link of grain-grass-rowed crop rotation are presented. The dynamics of changes in the acidity of dark gray forest soils and the content of Ca^{2+} and Mg^{2+} exchangeable bases in them, as well as the sum of absorbed bases, have been revealed. It has been established that repeated liming at a dose of 1.5 Hr counteracts the process of soil acidification and improves its acidic properties, promotes the accumulation of exchange bases Ca^{2+} and Mg^{2+} , the sum of absorbed bases. It has been established that repeated liming is significantly manifested in the third year in the crop rotation link in the third year. The combined use of mineral fertilizers and liming increased the productivity of the crop rotation link in comparison with the control (without fertilizers and without CaCO_3) by 1.4 t/ha.

Key words: dark gray forest soil, physical and chemical properties, saline pH, amount of Ca^{2+} and Mg^{2+} exchangeable cations, mineral fertilizers, liming, productivity.

УДК 631.17; 539.122.04

DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.17

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН РАЙГРАСА ОДНОЛЕТНЕГО ^{60}Co НА УРОЖАЙ И ВЫНОС РАСТЕНИЯМИ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ

Ю.Е. Гусева, к.б.н., Г.А. Смолина, к.б.н., С.П. Торшин, д.б.н., Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА)
127434, Москва ул. Тимирязевская, 51

Изучено влияние облучения ^{60}Co (радиоактивный изотоп) семян райграсса однолетнего в дозах 4-20 Гр на урожай и вынос азота, фосфора и калия растениями в условиях вегетационного опыта. Установлено, что эффект радиационного гормезиса проявляется при поглощенной дозе 20 Гр, где получены наибольшая прибавка урожая райграсса однолетнего за счет увеличения сухой массы во втором укосе, а также максимальный вынос растениями азота и фосфора. Действие радиации на семена кормовой культуры в дозах 4-20 Гр снижало вынос райграсом калия.

Ключевые слова: райграсс однолетний, радиационный гормезис, облучение, урожайность.

Для цитирования: Гусева Ю.Е., Смолина Г.А., Торшин С.П. Влияние облучения семян райграсса однолетнего ^{60}Co на урожай и вынос растениями макроэлементов// Плодородие. – 2022. – №5. – С. 69-72.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.17.

Перспективным и экологически безопасным направлением повышения урожайности и улучшения качества растениеводческой продукции является предпосевное облучение семян ионизирующим излучением. Согласно исследованиям [2-5], воздействие гамма-лучей может

оказывать стимулирующее действие на определенные морфологические параметры растений, а также увеличивать выход зеленой массы сельскохозяйственных культур. Радиационный эффект воздействия ионизирующего излучения зависит, как правило, от полученной дозы.