

учебное пособие. – Barnaul: Altaiskii SKhI, 1988. – 72 с.

6. Makarychev S.V., Gefke I.V., Shishkin A.V. Teplofizicheskoe sostoyanie cherno-

zemov plodovykh sadov Altaiskogo Priob'ya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – S. 48-79.

7. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 с.



УДК 631.445.4:631.412:631.174

Н.А. Замотаева, М.В. Давыдов
N.A. Zamotayeva, M.V. Davydov

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ
НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКОГО ОПЫТА**

**THE EFFECT OF LONG-TERM USE OF CHEMICALS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
AND PRODUCTIVITY OF LEACHED CHERNOZEM IN A LYSIMETER EXPERIMENT**

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, лизиметр, картофель, Леди Клер, минеральные удобрения, средства защиты растений, урожайность, кальций, магний, гумус, плодородие, кислотность.

Изучено влияние длительного применения средств химизации на физико-химические свойства чернозема выщелоченного Республики Мордовия в условиях лизиметрического опыта. Применение минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания в почве катионов кальция и магния. При этом произошло возрастание кислотности, что указывает на негативное влияние высоких доз удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Обработка посадок и семян комплексом средств защиты растений на фоне применения высокой дозы удобрений способствовала повышению урожайности картофеля на 23,6 т/га. Наиболее экономически выгодным был вариант с внесением уме-

ренной дозы и комплексом химических препаратов (уровень рентабельности составил 89%).

Keywords: leached chernozem, lysimeter, potato, Lady Claire potato variety, mineral fertilizers, plant protection products, yielding capacity, calcium, magnesium, humus, fertility, acidity.

The effect of long-term use of chemicals on physicochemical properties of leached chernozem in the Republic of Mordovia was studied in a lysimeter experiment. The application of mineral fertilizers decreased the content of calcium and magnesium cations in the soil. At the same time there was acidity increase; that was indicative of a negative effect of high rates of fertilizers on the physicochemical properties of leached chernozem. The treatment of seeds and crops with plant protection products along with high fertilizer rates increased potatoe yield by 23.6 t ha. The variant with average rates of fertilizers and plant protection products was the most cost-effective one (the economic efficiency made 89%).

Замотаева Надежда Александровна, к.с.-х.н., доцент, каф. почвоведения, агрохимии и земледелия, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Тел.: (8342) 25-41-11. E-mail: zamotaeva_nadya@mail.ru.

Давыдов Максим Вячеславович, аспирант, каф. почвоведения, агрохимии и земледелия, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Тел.: (8342) 25-41-11. E-mail: davidovmaks2014@mail.ru.

Zamotayeva Nadezhda Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science, Agro-Chemistry and Agriculture, Natl. Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev. Ph.: (8342) 25-41-11. E-mail: zamotaeva_nadya@mail.ru.

Davydov Maksim Vyacheslavovich, post-graduate student, Chair of Soil Science, Agro-Chemistry and Agriculture, Natl. Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev. E-mail: davidovmaks2014@mail.ru.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности и импортозамещения в сельском хозяйстве является приоритетной задачей правительства Российской Федерации. Достижение поставленных целей невозможно без эффективного и рационального применения средств химизации. В связи с этим особую значимость приобретают комплексные исследования влияния различных доз минеральных удобрений и средств защиты растений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, а также важнейшие физико-химические свойства почвы, определяющие ее плодородие [1].

Научные данные и результаты агрохимического обследования показали, что при интенсивном сельскохозяйственном использовании черноземов кислотность их повышается. Это способствует изменению количественных и качественных характеристик возделываемых культур. Многие исследователи полагают, что это обусловлено применением физиологически кислых удобрений [2, 3].

В связи с этим целью исследований явилось изучение влияния различных доз минеральных удобрений и средств защиты растений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и на биопродуктивность почвы на примере картофеля в условиях лизиметрического опыта.

Объекты и методы исследования

С целью детального изучения баланса питательных веществ, почвенных режимов и процессов, круговорота биофильных элементов чернозема выщелоченного при длительном применении средств химизации в 1987 г. под руководством директора Аграрного института Ш.И. Ахметова на опытном поле учхоза Мордовского госуниверситета им. Н.П. Огарева построена лизиметрическая лаборатория, состоящая из 18 лизиметров, изготовленных из железобетона. Гидроизоляция с внешней стороны выполнена битумом, с внутренней – эпоксидной смолой. Полезная площадь каждого лизиметра 4 м² (2x2 м), глубина 1 м. Более подробное изложение схемы исследований изложено в наших предыдущих публикациях [4, 5].

В 2015 г. на базе лизиметрической лаборатории были проведены исследования по изучению влияния длительного применения средств химизации на физико-химические свойства чернозема выщелоченного, а также урожайность картофеля. Первый фактор (минеральные удобрения) изучался в трех вариантах: 1 – без удобрений (контроль); 2 – N₉₀P₉₀K₉₀ (умеренная доза); 3 – N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀ (высокая доза). При возделывании культуры в качестве удобрений применяли азофоску

(16:16:16), которую вносили осенью под основную обработку почвы. За 29 лет исследований в почву было внесено на варианте с умеренной дозой N₁₇₀₅P₁₈₆₀K₁₃₃₀ (среднее за 29 лет N₅₉P₆₄K₄₆ кг д.в.), с высокой дозой – N₂₂₃₀P₃₇₂₀K₃₁₈₀ (среднее за 29 лет N₇₇P₁₂₈K₁₁₀ кг д.в.).

Вторым изучаемым фактором было применение химических средств защиты растений, который изучался в двух вариантах: 1 – без средств защиты (контроль); 2 – комплекс защиты растений от вредных биофакторов (гербицид Фюзилад Форте, КЭ (150 г/л флуазифоп-п-бутила) с нормой расхода 1,0 л/га; инсектицид Децис Профи, ВДГ (250 г/кг дельтаметрина) с нормой расхода 0,03 кг/га и фунгицид Акробат МЦ, ВДГ (600+90 г/кг диметоморф+манкоцеб) 2 кг/га). Согласно схеме опыта пестициды вносили без учета порога вредоносности вредных биофакторов [6].

В 2015 г. в лизиметрическом опыте объектом исследования был картофель ранний (*Solanum tuberosum*) Леди Клер, посадка которого была осуществлена широкорядным способом (ширина междурядий 70 см) с нормой 2,38 т/га (47,6 тыс. раст/га).

Для характеристики почвы с участка в почвенных образцах определяли: гумус – по И.В. Тюрину (ГОСТ 26213-84), рН_{KCl} – ионометрическим методом по рекомендации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88); содержание подвижного кальция и обменного магния – методом ЦИНАО ГОСТ 26487-85, степень насыщенности почв основаниями и емкость катионного обмена – расчетным методом. Исследования почвенных образцов проводили в ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Мордовский». Урожайность картофеля устанавливали с учетом всего лизиметра (1 м²), затем определили структурные показатели культуры. Для удобства анализа пересчет урожайности привели в т/га.

Результаты исследований

Физико-химические (или агрохимические) свойства почвы включают в себя показатели, характеризующие уровень почвенного плодородия. Именно поэтому одной из задач исследования стало изучение влияния длительного применения средств химизации на изменение содержания гумуса, кислотности, ионов кальция и магния, а также суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности почв основаниями в метровом слое чернозема выщелоченного шагом 20 см (табл. 1).

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что с увеличением глубины почвенного профиля происходило снижение содержания гумуса в почве – с 6,3% в слое 0-20 см на абсолютном контроле исследуемый показатель уменьшился до 4,3% в слое 81-100 см. Аналогичная зависимость зафиксирована на всех вариантах опыта. Следует отметить, что применение средств химизации на содержание гумуса в черноземе выщелоченном не оказало влияния (все значения находились в пределах ошибки опыта).

При длительном применении минеральных удобрений произошло изменение обменной и гидролитической кислотности – ее повышение зафиксировано до слоя 21-40 см включительно (зона непосредственного внесения удобрений), ниже по почвенному профилю реакция среды снижалась. Подобная закономерность отмечена на всех вариантах. Обработка семян, почвы и посевов комплексом пестицидов существенного влияния на изучаемый показатель не оказало.

При исследовании содержания обменного магния, подвижного кальция, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности почв основаниями установлена закономерность, аналогичная при изучении кислотности чернозема выщелоченного. Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что длительное применение минеральных удобрений отрицательно сказывается на ряде физико-химических свойств чернозема выщелоченного. Средства защиты растений существенного влияния на данные свойства изучаемой почвы не оказали.

Была изучена структура урожая картофеля. Анализ полученных данных показал, что при применении различных доз минеральных удобрений произошло увеличение количества клубней крупной фракции (табл. 2). Применение химических средств защиты растений существенного влияния на фракционный состав урожая картофеля не оказало. Общее количество клубней зависело от изучаемых вариантов – минимальное значение зафиксировано на абсолютном контроле (144 шт/м²), максимальное – на варианте с внесением высокой дозы и обработкой растений комплексом химических препаратов (227 шт/м²).

Определенная зависимость была отмечена и при изучении массы клубней крупной и средней фракции – чем выше доза внесенных удобрений, тем выше ее значение. Анализируя полученные данные об общей массе клубней с лизиметра можно сделать вывод, что длительное применение средств химизации способствовало возрастанию изучаемого показателя – с 5,5 кг/4 м² на абсолютном

контроле общая масса увеличилась до 15,0 кг/м² на варианте с применением высокой дозы и комплексом средств защиты растений. Аналогичная зависимость была отмечена и при изучении товарности картофеля.

На количество стеблей ни один из изучаемых факторов существенного влияния не оказал.

Изучено влияние длительного применения средств химизации на урожайность картофеля (табл. 2). Анализ полученных данных показал, что применение минеральных удобрений способствовало увеличению исследуемого показателя. Так, если на контрольном варианте (N₀P₀K₀) урожайность картофеля была зафиксирована на уровне 13,8 т/га, то при внесении N₉₀P₉₀K₉₀ она возросла до 24,5 т/га, при внесении N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀ – до 3,42 т/га соответственно.

Применение средств защиты растений также оказало положительное влияние на продуктивность культуры – с 13,8 т/га на абсолютном контроле (без внесения средств химизации) она возросла до 37,4 т/га на варианте с применением высокой дозы удобрений и обработкой посевов комплексом химических препаратов. В среднем прибавка от исследуемых факторов составила 23,6 т/га, или 171% по отношению к контрольному варианту.

Изучение уровня рентабельности возделывания картофеля при различных уровнях техногенной нагрузки показал, что наиболее рентабельным оказался вариант с применением умеренной дозы на фоне обработки посевов комплексом пестицидов (89%). Остальные варианты оказались менее рентабельными. Скорее всего, это связано с монополизацией цен на энергоносители, удобрения и пестициды, именно поэтому прибавка урожая в достаточной степени не окупается [7].

Выводы

Длительное применение минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания обменного магния, подвижного кальция, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности почв основаниями. Одновременно с этим повышается обменная и гидролитическая кислотность по всему почвенному профилю. Комплекс применяемых на культуре пестицидов существенного влияния на исследуемые показатели не оказали. Экономически наиболее выгодным является возделывание картофеля на варианте с внесением N₉₀P₉₀K₉₀ на фоне обработки посевов комплексом пестицидов.

Таблица 1

Физико-химические показатели чернозема выщелоченного

Вариант			Показатель							
доза минеральных удобрений (А)	средства защиты растений (В)	слой почвы, см	Гумус	V	рН _{KCl}	Нг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	ЕКО
			%			ммоль/100 г почвы				
N ₀ P ₀ K ₀	Контроль	0-20	6,3	87	6,0	4,6	25,1	4,3	29,6	34,2
		21-40	6,3	85	5,8	4,9	23,9	4,3	28,3	33,2
		41-60	5,8	88	6,0	4,4	28,5	4,1	32,7	37,1
		61-80	5,4	90	6,2	3,4	28,1	3,7	32,0	35,4
		81-100	4,3	90	6,3	2,7	22,7	3,0	25,7	28,4
	Комплекс	0-20	6,2	88	6,0	4,0	25,5	3,6	29,3	33,3
		21-40	6,1	86	5,8	4,5	22,8	4,0	26,9	31,4
		41-60	5,6	85	6,2	4,4	21,3	4,4	25,8	30,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Контроль	0-20	6,3	84	5,5	5,6	25,1	3,4	28,6	34,2
		21-40	6,2	84	5,4	4,9	23,2	3,3	26,7	31,6
		41-60	5,7	89	5,6	3,0	21,8	3,6	25,5	28,5
		61-80	5,6	90	5,9	3,0	22,2	3,8	26,0	29,0
		81-100	4,2	89	6,2	3,3	23,3	3,6	26,9	30,2
	Комплекс	0-20	6,5	90	5,4	3,4	24,8	3,3	29,2	32,6
		21-40	6,3	90	5,4	3,1	23,1	3,6	26,9	30,0
		41-60	6,0	91	5,6	2,8	21,7	3,4	25,2	28,0
N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	Контроль	0-20	6,4	70	5,1	9,5	19,2	3,4	22,7	32,2
		21-40	6,3	76	5,1	8,3	22,2	3,6	25,9	34,2
		41-60	5,8	81	5,2	6,2	21,6	4,0	25,6	31,8
		61-80	5,1	84	5,5	4,8	20,8	3,8	24,6	29,4
		81-100	4,2	87	5,6	3,7	20,7	3,8	24,5	28,2
	комплекс	0-20	6,4	69	5,2	8,6	16,3	3,0	19,5	28,1
		21-40	6,3	80	5,1	5,8	19,5	3,0	22,7	28,5
		41-60	5,7	89	5,2	3,3	22,7	3,6	26,4	29,7
HCP ₀₅ ч.р.	A	0-20	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
		21-40	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
		41-60	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
	B	0-20	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
		21-40	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
		41-60	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
	C	0-20	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5
		21-40	4,3	93	5,6	2,1	23,4	3,7	27,4	29,5

Таблица 2

Структура урожая картофеля

Показатель		Вариант					
		N ₀ P ₀ K ₀		N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	
		контроль	комплекс	контроль	комплекс	контроль	комплекс
Количество клубней, шт/4 м ^{2*}	> 80 г	16	13	38	38	56	77
	50-80 г	19	25	60	59	55	46
	< 50 г	109	111	92	120	111	104
Общее количество клубней, шт/4 м ^{2*}		144	149	190	217	222	227
Число стеблей, шт/раст.		5	5	5	5	5	6
Масса клубней, кг/4 м ^{2*}	> 80 г	1,4	1,3	3,5	3,6	6,0	8,8
	50-80 г	1,2	1,2	3,5	3,5	3,4	3,2
	< 50 г	2,9	3,0	2,7	3,0	3,3	3,2
Общая масса клубней, кг/4 м ^{2*}		5,5	5,5	9,7	10,1	12,7	15,0
Товарность, %		47	45	72	70	74	79
Урожайность, т/га		13,8	13,8	24,3	24,3	31,8	37,5

Примечание. 4 м^{2*} – площадь одного лизиметра.

Библиографический список

1. Ахметов Ш.И. и др. Урожайность и технологические свойства пивоваренного ячменя в зависимости от применения макро- и микроудобрений в условиях юга Нечерноземья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3 (19). – С. 8-13.
2. Ивойлов А.В. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого под влиянием удобрений и различных способов основной обработки почвы // Агрохимия. – 1992. – № 4. – С. 64-68.
3. Богомазов Н.П., Шильников И.А., Солдатов С.М. и др. Изменение агрохимических свойств выщелоченного чернозема в зависимости от уровня кислотности // Агрохимия. – 1991. – № 4. – С. 71-75.
4. Замотаева Н.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и средств защиты растений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы и овса // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 11. – С. 21-24.
5. Замотаева Н.А., Ахметов Ш.И., Давыдов М.В. Влияние длительного применения средств химизации на урожайность и качество кукурузы и пивоваренного ячменя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 8 (130). – С. 32-38.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Ерочкина Н.В., Бутяйкин В.В. Проблемы и приоритетные направления устойчивого развития земледелия // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 468.

References

1. Akhmetov Sh.I. i dr. Urozhainost' i tekhnologicheskie svoistva pivovarenного yachmenya v zavisimosti ot primeneniya makro- i mikroudobrenii v usloviyakh yuga Nechernozem'ya // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2012. – № 3 (19). – S. 8-13.
2. Ivoilov A.V. Izmenenie agrokhimicheskikh svoistv chernozema vshchelochennogo tyazhelosuglinistogo pod vliyaniem udobrenii i razlichnykh sposobov osnovnoi obrabotki pochvy // Agrokimiya. – 1992. – № 4. – S. 64-68.
3. Bogomazov N.P., Shil'nikov I.A., Soldatov S.M. i dr. Izmenenie agrokhimicheskikh svoistv vshchelochennogo chernozema v zavisimosti ot urovnya kislotnosti // Agrokimiya. – 1991. – № 4. – S. 71-75.
4. Zamotaeva N.A. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenii i sredstv zashchity rastenii na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy i ovsа // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. – 2014. – № 11. – S. 21-24.
5. Zamotaeva N.A., Akhmetov Sh.I., Davydov M.V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sredstv khimizatsii na urozhainost' i kachestvo kukuruzy i pivovarenного yachmenya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvenного agrarnого universiteta. – 2015. – № 8 (130). – S. 34-38.
6. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
7. Erochkina N.V., Butyaikin V.V. Problemy i prioritetnye napravleniya ustoichivogo razvitiya zemledeliya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 6. – S. 468.

