

Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах

Г. Ю. Рабинович¹✉, Д. В. Тихомирова¹, В. Н. Лапушкина¹

¹ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Москва, Россия

✉ E-mail: vniimz@list.ru

Аннотация. Целью комплексного исследования, выполненного во ВНИИМЗ в 2016–2018 годах, была оценка метеорологических, агро- и биохимических факторов, способных оказывать воздействие на формирование урожайности картофеля. **Методология и методы исследования.** Методической основой исследования служил опыт, функционирующий в системе плодосменного четырехпольного севооборота, в котором картофель возделывали на грядах при различных схемах применения удобрений. Объектом исследований служил картофель столового назначения – средне-ранний сорт Гала. Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая почва характеризовалась pH_{KCl} 4,2–5,3, высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия, а также содержанием гумуса 2,2–2,5 %. Под картофель вносили органическое удобрение компост многоцелевого назначения (КМН) и минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат двойной и хлористый калий) либо совместно, либо по отдельности – лентой или вразброс. В качестве факторов, способных в течение каждого из вегетационных сезонов оказывать воздействие на формирование урожая культуры, использовали определение содержания в почве питательных элементов, уровня влажности, активности ферментов класса оксидоредуктаз – каталазы и дегидрогеназы. Параллельно проводили метеонаблюдения. **Результаты.** Уровень прибавки урожайности картофеля в удобренных вариантах относительно контрольного варианта (без удобрений) за трехлетний период исследования составил в среднем 31 %. Самый высокий урожай был отмечен в вариантах с запланированным урожаем 45 т/га при совместном использовании КМН и минеральных удобрений независимо от способа их внесения – вразброс или лентой в грядку соответственно. Самая высокая урожайность картофеля была получена в благоприятный по агроклиматическим условиям 2017 год. Статистическая обработка позволила выявить высокие уровни корреляции урожайности с содержанием в почве минерального азота, с ее окислительно-восстановительным коэффициентом и влажностью. **Научная новизна.** Урожайность картофеля зависит от метеорологических, агро- и биохимических факторов. Для получения высоких урожаев картофеля в условиях Нечерноземной зоны определяющее значение имеют сбалансированное внесение элементов питания с учетом их содержания в почве, погодные условия, а также активность окислительно-восстановительных процессов.

Ключевые слова: урожай, ферментативная активность, элементы питания, картофель, гряды.

Для цитирования: Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В., Лапушкина В. Н. Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22.

Дата поступления статьи: 30.04.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофелеводство считается одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса России, но его эффективность в настоящее время остается недостаточно высокой. И связано это как с низкой урожайностью и высокой себестоимостью, так и с плохим качеством данной культуры, что определяет в конечном итоге его цену и конкурентоспособность на рынке. Их нивелирование могут обеспечить разработка и внедрение более совершенных технологий выращивания картофеля.

На осушаемых землях Нечерноземной зоны, испытывающих временное переувлажнение, перспективной технологией возделывания картофеля является его выращивание на грядах, когда создаются благоприятный водно-воздушный и тепловой режимы почвы, посадки культуры достаточно освещены и хорошо продуваются, что снижает риск поражения растений фитофторозом и другими заболеваниями [1, с. 56].

Высокая потребность картофеля в питательных веществах обуславливает необходимость внесения под него повышенных доз удобрений с учетом их содержания в почве. Известно [2, с. 11], что внесение минеральных удобрений под картофель способствует увеличению развития его корневой системы в 2–2,5 раза. Использование только органических удобрений обеспечивает повышение урожайности и качества продукции, способствуя к тому же сохранению плодородия почвы [3, с. 114], [4, с. 58], [5, с. 175], [6, с. 81], [7, с. 64]. Тем не менее общепризнанной является необходимость совместного применения органических и минеральных удобрений. Такая комбинированная система, как показывают многочисленные опыты, обеспечивает наибольшую прибавку урожая, чем при раздельном внесении полной нормы каждого вида удобрений, а также улучшает качество почвы [8, с. 15], [9, с. 18], [10, с. 589], [11, с. 113], [12, с. 58], [13, с. 34].

Таблица 1
Агрохимическая характеристика участков, 2016–2018 гг.

Год	Агрохимические показатели почвы, мг на 1 кг почвы				
	pH _{сол.}	N _{лг.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
2016	5,3	43,0	157,0	93,0	2,2
2017	4,2	42,4	182,2	211,2	2,5
2018	4,5	41,7	262,0	328,9	2,5

Table 1
Agrochemical characteristics of the plots, 2016–2018

Year	Agrochemical parameters of the soil, mg per 1 kg of soil				
	pH _{KCL}	N _{ch.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Humus, %
2016	5.3	43.0	157.0	93.0	2.2
2017	4.2	42.4	182.2	211.2	2.5
2018	4.5	41.7	262.0	328.9	2.5

Существуют разнообразные способы оценки эффективности агротехнологий и агромелиоративных мероприятий. Наряду с оценкой урожайности как основного суммирующего критерия той или иной технологии проводят классические исследования климатического и агрохимического фона. Кроме того, оценку агромелиоративных мероприятий очень часто осуществляют за счет изучения динамики ферментативной активности, о чем свидетельствуют многочисленные исследования российских и зарубежных ученых [14, с. 91], [15, с. 41], [16, с. 288], [17, с. 2689], [18, с. 312], [19, с. 9], [20, с. 706]. Наши исследования как раз и были связаны с изучением влияния на урожайность картофеля выше упомянутых факторов.

Цель работы – выявить степень воздействия на урожай картофеля некоторых лимитирующих его факторов при возделывании на грядах с применением минеральных и органических удобрений.

Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проводились на стационарном полигоне ВНИИМЗ в 2016–2018 годах в четырехкратной повторности на участках, осушаемых закрытым гончарным дренажом (междреннее расстояние – 20 м, глубина заложения дрен – 0,9–1,2 м). Общая площадь делянки – 29,4 м², учетная – 10,0 м². Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, среднекислая с высоким содержанием обменного фосфора и калия, особенно на участке опыта 2018 года (таблица 1).

Из органических удобрений в опыте применялся компост многоцелевого назначения (КМН), технология которого была разработана и внедрена ВНИИМЗ¹. Из минеральных удобрений вносили аммиачную селитру (34,4 % д. в.), суперфосфат двойной (46,0 % д. в.) и хлористый калий (60,0 % д. в.). Расчет внесения минеральных удобрений проводился в эквивалентных КМН дозах, рассчитываемых по содержанию в нем подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову), по содержанию в почве гумуса [21, с. 5].

Удобрения вносились взбросом или лентой в грядку. Схема опыта включала следующие варианты (таблица 2).

В опытах возделывался сорт картофеля столового назначения, включенный в Госреестр по Северо-Западному региону – среднеранний сорт Гала [22, с. 47].

¹ Патент РФ № 2598041 МПК C05F 3/00 (2006.01), C05F 17/02 (2006.01) Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Способ приготовления компоста. ФГБНУ ВНИИМЗ. Заяв. № 2015141267/13, 28.09.2015. Оpubл. 20.09.2016.

Норма посадки картофеля – 45 тыс. клубней на гектар. Возделывание культуры осуществлялось по рекомендованной ВНИИМЗ грядковой технологии в плодосменном четырехпольном севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г. п. – озимая рожь – картофель.

Агротехнические мероприятия по уходу за картофелем соответствовали общепринятым рекомендациям. Во время вегетации велись фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, а также за фитосанитарным состоянием посадок картофеля.

Отборы проб для определения ферментативной активности почвы проводились в фазу всходов, бутонизации и начала естественного отмирания ботвы. Для лучшего понимания направленности процессов распада и синтеза органического вещества в почве рассчитывали окислительно-восстановительный коэффициент (ОВК) как отношение активности фермента каталазы к активности фермента дегидрогеназы, выраженных в условных единицах. Почвенные пробы на определенные агрохимические показатели были отобраны до закладки опыта и после уборки урожая.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ Excel, пакетов программ «Ландшафт» и Statgrafics.

Результаты (Results)

Картофель потребляет влаги меньше многих овощных культур, но больше, чем зерновые культуры. Потребности как во влаге, так и в тепле в разные периоды развития картофеля неодинаковы. А поскольку метеорологические условия в годы проведенных исследований различались, они, безусловно, оказали существенное влияние на рост и развитие данной культуры. Известно [2, с. 21], что в Нечерноземной зоне высокие урожаи картофеля получают в те годы, когда за вегетацию выпадает не менее 300 мм осадков с преобладанием их в июне, июле и первой половине августа.

Так, вегетационный период 2016 года в целом был теплым и влажным. Сумма средних активных положительных температур (больше +10 °С) за вегетационный период составила 110,9 % нормы, сумма осадков – 292 мм, или 106 % от нормы. Но в течение вегетации и подекадно периоды переувлажнения чередовались с периодами недостатка влаги в почве. ГТК за период вегетации составил 1,48. В фазы бутонизации и цветения при максимальной

Таблица 2
Схема опыта

№ варианта опыта	Наименование варианта
1	Без удобрений (контроль)
2	КМН (12 т/га) – вразброс
3	НПК – доза, эквивалентная КМН (12 т/га) – вразброс
4	КМН (12 т/га) + НПК – планируемый урожай 45,0 т/га – вразброс
5	КМН (12 т/га) + НПК – планируемый урожай 45,0 т/га – лентой в грядку
6	КМН (6 т/га) + НПК 50 % от варианта 5 – лентой в грядку

Table 2
Scheme of experience

Experience option number	Name of option
1	Without fertilizer (control)
2	Multi-purpose compost (12 t/ha) – randomly
3	NPK – dose equivalent to multi-purpose compost (12 t/ha) – randomly
4	KMN (12 t/ha) + NPK – the planned yield of 45.0 t/ha – randomly
5	KMN (12 t/ha) + NPK – the planned yield of 45.0 t/ha – tape in the ridge
6	KMN (6 t/ha) + NPK 50 % from option 5 – tape in the ridge

Таблица 3
Урожайность картофеля (т/га), 2016–2018 гг.

Вариант	Год			Среднее за 3 года	± к контролю, т/га
	2016	2017	2018		
1	19,30	20,20	26,00	21,83	–
2	25,00	33,20	30,10	29,43	+7,6
3	24,00	33,80	32,60	30,13	+8,3
4	28,20	44,70	28,60	33,83	+12,0
5	30,10	47,30	28,00	35,13	+13,3
6	23,50	41,20	25,30	30,00	+8,17
HCP _{0,5}	2,7	3,5	3,1	–	–

Примечание: варианты опыта – см. табл. 2.

Table 3
Potato yield (t/ha), 2016–2018

Option	Year			The average for 3 years	± to control, t/ha
	2016	2017	2018		
1	19.30	20.20	26.00	21.83	–
2	25.00	33.20	30.10	29.43	+7.6
3	24.00	33.80	32.60	30.13	+8.3
4	28.20	44.70	28.60	33.83	+12.0
5	30.10	47.30	28.00	35.13	+13.3
6	23.50	41.20	25.30	30.00	+8.17
LSD _{0,5}	2.7	3.5	3.1	–	–

Note: experience options – see table 2.

испаряющей поверхности листьев картофеля влагообеспеченность растений резко колебалась от 200 до 34 % от нормы соответственно. В начале фазы бутонизации (I декада июля) влажность почвы была ниже нормы и составила 69 % нормы, или 43,6 % от наименьшей влагоемкости (НВ), в фазу цветения сумма осадков в 2 раза превысила норму, в конце фазы цветения (III декада июля) – 34 % нормы. Всего за июль выпало 88 % месячной нормы осадков.

Вегетационный период 2017 года в целом по температурному режиму был близким к норме и влажным. Сумма средних активных температур составила 97,7 % от нормы.

Сумма осадков в целом за вегетацию составила 335 мм, или 118 % от нормы. Особенно переувлажненным был период от посадки до начала ветвления стебля. Количество осадков в этот период было в 1,2–2,3 раза выше нормы и составило от 228 до 167 %. ГТК данного вегетационного периода был равен 1,88.

Вегетационный период 2018 года оказался в целом теплым (108,7 % активных температур от нормы) и засушливым. За вегетационный период выпало 188 мм осадков, или 67,5 % от нормы. И только в первой декаде июля и в начале фазы бутонизации влажность была выше опти-

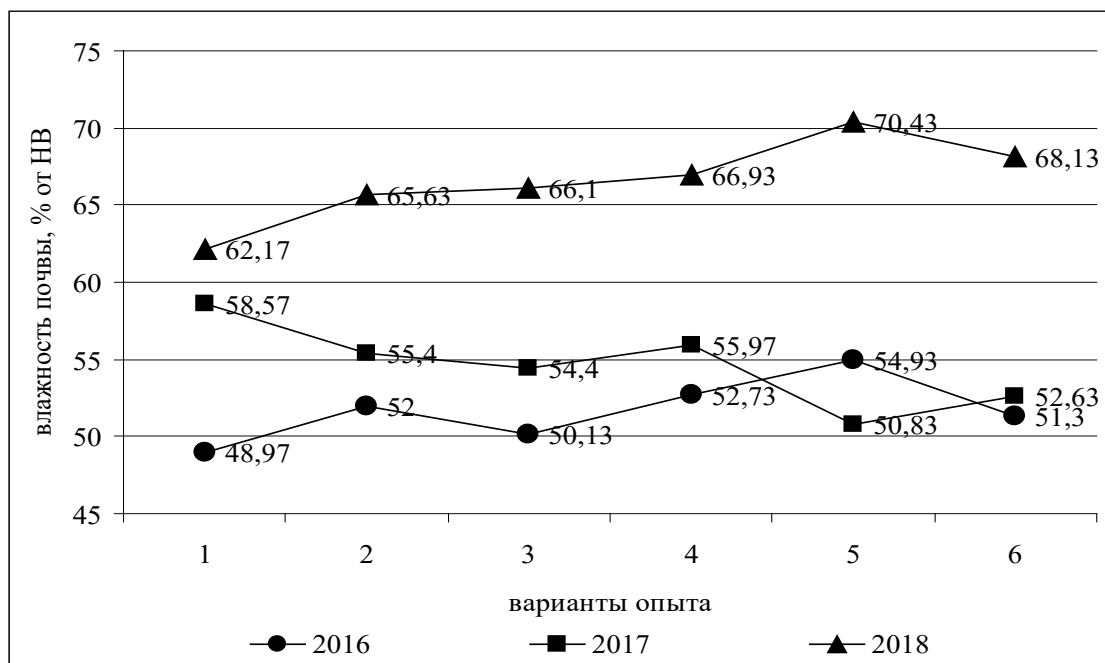


Рис. 1. Динамика влажности почвы, 2016–2018 г.г.
Наименьшая влагоемкость (НВ) – 23 % от абсолютно сухой почвы. Варианты опыта – см. табл. 2

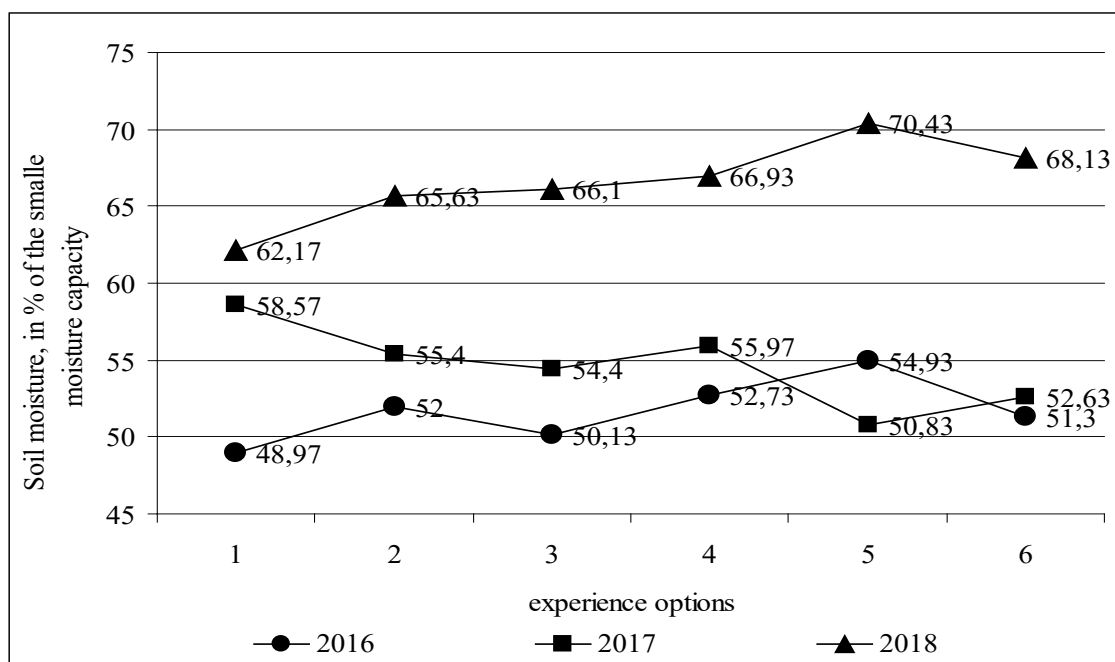


Fig. 1. Dynamics of soil moisture, 2016–2018.
The smallest moisture capacity – 23 % of absolutely dry soil. Experience options – see table 2

мальной и достигала 93,9 % от НВ (таблица 4). ГТК за вегетационный период составил 0,96.

На рис. 1 отражена средняя за сезон вегетации динамика влажности почвы за каждый год исследования. Общеизвестно, что лимитирующим фактором для роста и развития картофеля, а также накопления будущего урожая является влажность. Многие литературные данные подтверждают, что более благоприятное состояние водно-воздушного режима пахотного слоя почвы влияет на эффективность применения вносимых удобрений и получения максимального урожая картофеля [23, с. 29], [24, с. 34], [25, с. 25], [26, с. 27]. Действительно, в нашем исследо-

вании математическая связь между влажностью почвы и урожайностью картофеля была подтверждена высокими коэффициентами корреляции между этими показателями в более благоприятные по погодным условиям 2016 и 2017 годах ($R = 0,97$ и $R = 0$ соответственно при $p \leq 0,05$).

Урожайность вариантов опыта существенно различалась по годам в связи с различиями в метеоусловиях. Однако на ее уровень влияют не только погодные условия, но и вносимые в почву удобрения. Так, в варианте-контроле без использования удобрений (б/у) урожайность оказалась самой низкой. В то же время в вариантах с применением и органических, и минеральных удобрений прибавка уро-

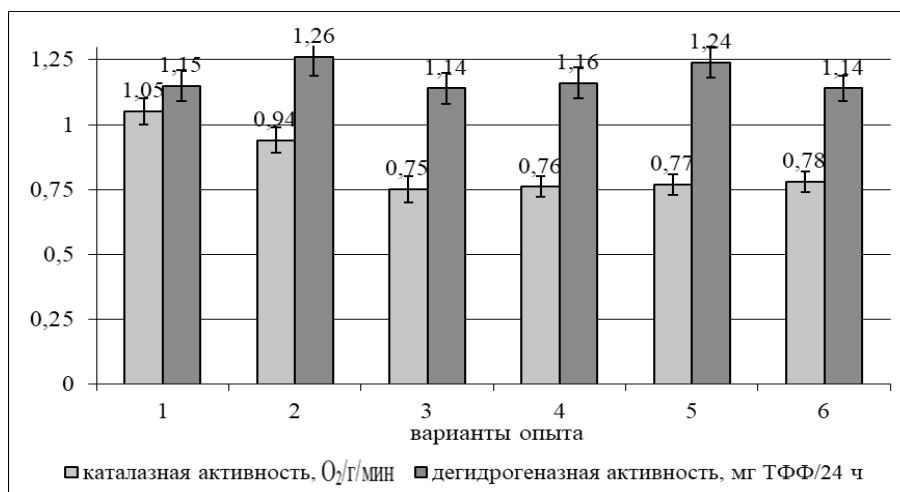


Рис. 2. Ферментативная активность почвы под картофелем (средние величины за 3 года).
Варианты опыта – см. табл. 2

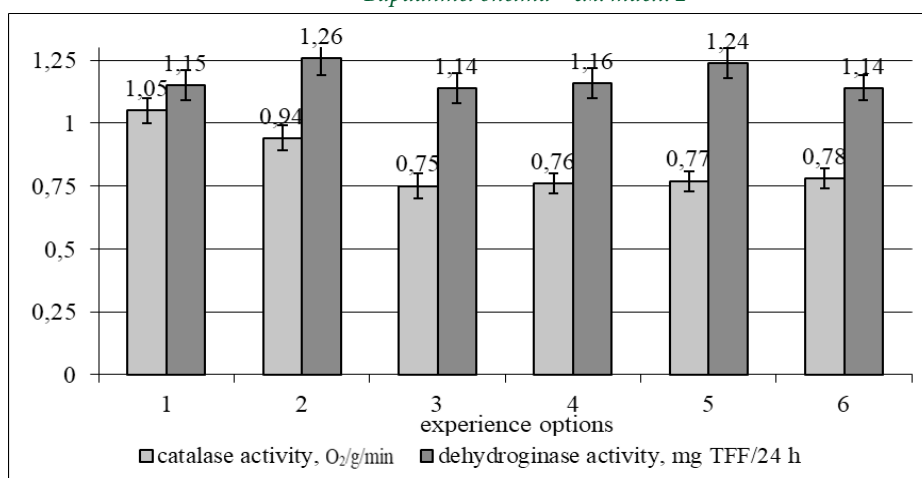


Fig. 2. Enzymatic activity of the soil under the potato (average values for 3 years)
Experience options – see table 2

жая составила в среднем от 7,6 до 13,3 т/га (таблица 3). В вариантах с планируемым урожаем 45 т/га (варианты опыта № 4 и № 5) независимо от способа внесения удобрений в среднем за три года исследований была получена самая высокая урожайность. В остальных вариантах опыта с использованием удобрений урожайность картофеля была несколько ниже.

Судя по данным рис. 2, при подсчете средних по вариантам трех лет вегетации величин каталазной активности наибольшей она была в вариантах без использования удобрений, а также с внесением КМН (вариант № 2) в дозе 12 т/га. Ее прирост в варианте б/у, косвенно свидетельствующий об активизации микроорганизмов-минерализаторов, способствовал обеспечению почвы дополнительными элементами питания для растений картофеля. В то же время тот же эффект в варианте с КМН был обусловлен активным развитием микрофлоры, присущей самому удобрению. Однако микроорганизмы-минерализаторы как в варианте б/у, так и в варианте с КМН в дозе 12 т/га не смогли обеспечить формирование урожайности на уровне вариантов № 4 и 5, где фактически складывался синергетический эффект воздействия органики и минералов на развитие растений картофеля.

Применив ту же тактику подсчета величин дегидрогеназной активности (как среднее по годам относительно каждого варианта), получаем результирующую, свидетельствующую о повышенной активности фермента, отражающего уровень накопления почвой синтетических соединений (в том числе, очевидно, и гумуса) в вариантах № 2 (КМН в дозе 12 т/га вразброс) и № 5 (КМН в дозе 12 т/га + NPK лентой в гряде). Повышенная дегидрогеназная активность этих вариантов очевидна – воздействие КМН, направляющего не только процессы распада за счет присущей микрофлоры, но и процессы синтеза. В то же время в одном из лучших по урожайности вариантов № 4 (КМН + NPK вразброс) дегидрогеназная активность (синтетическая активность) оказалась на уровне с другими вариантами. Данный результат обусловили пониженные результаты активности этого фермента относительно других вариантов в 2017 г.

Соотношение процессов распада и синтеза, происходящих в почве на протяжении вегетации, продемонстрировал повышенный окислительно-восстановительный коэффициент (ОВК) почвы в варианте без удобрений (таблица 4).

В меньшей степени в элементах питания нуждались варианты № 4 и 5, что подтверждалось самым низким показателем ОВК в благоприятные по влажности 2016 и

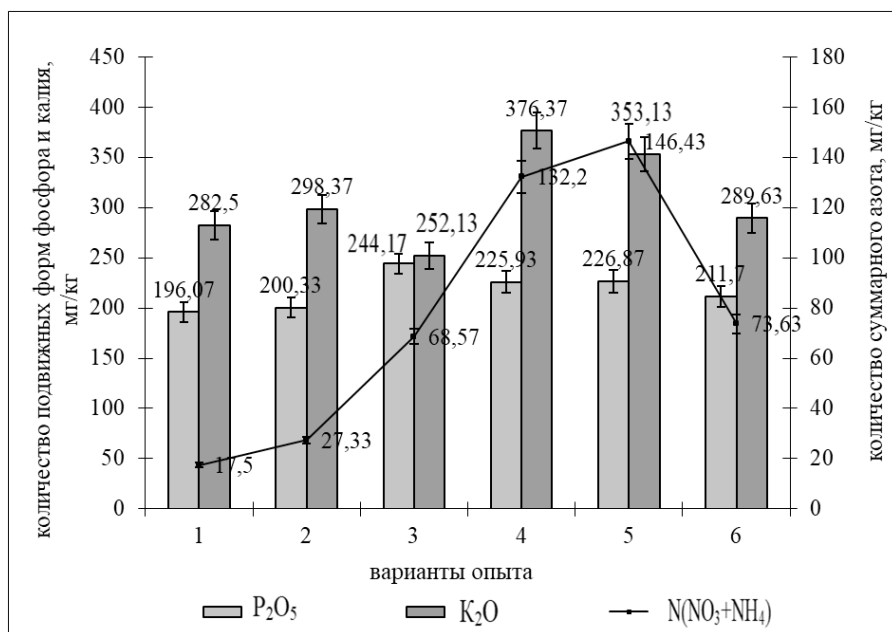


Рис. 3. Среднее (2016–2018 гг.) содержание элементов питания в почве.
Варианты опыта – см. табл. 2

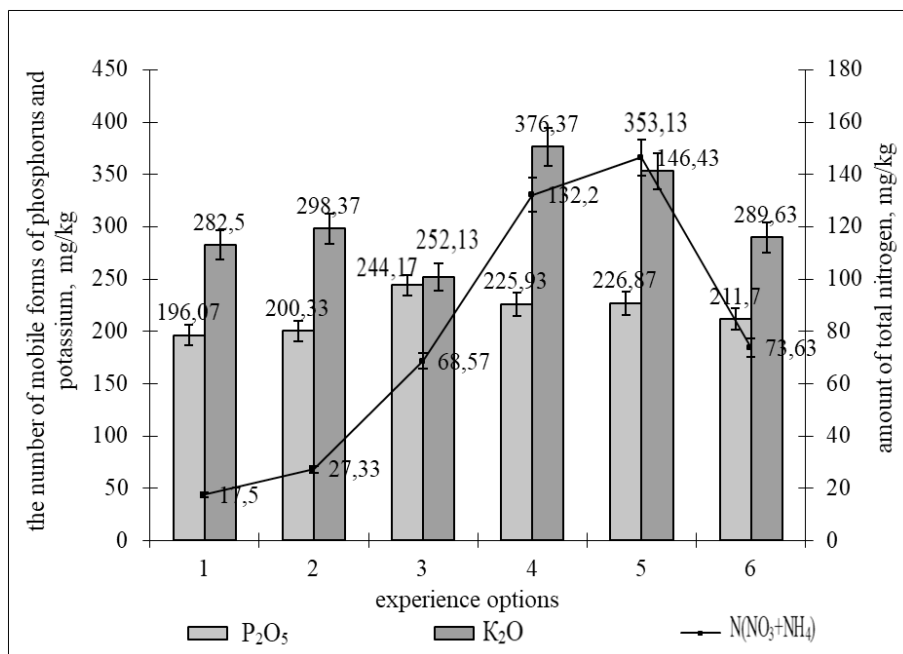


Fig. 3. Average (2016–2018 years) the content of nutrients in the soil.
Experience options – see table. 2

2017 годы. Таким образом, в этих вариантах сформировались самые благоприятные условия для развития картофеля, поэтому их урожайность оказалась самой высокой. Именно в 2016 и 2017 годах между ОВК и влажностью были обнаружены достоверные обратные коэффициенты корреляции: $R = -0,95$ и $R = -0,82$ соответственно при $p \leq 0,05$.

В результате обменных реакций, обусловленных содержащимися в почве ферментами, происходила мобилизация элементов питания растений. На высокое содержание в почве вариантов опыта питательных элементов оказывает влияние не только их изначально повышенный уровень в самой почве (таблица 1), происходит это также за счет внесенных органических (КМН) и минеральных удобрений.

На рис. 3 представлено среднее за три года количество азота (в виде суммы $N-NO_3 + N-NH_4$), а также подвижных форм калия и фосфора в почве вариантов опыта под картофелем. Среднее за три года содержание минерального азота и обменной формы калия в почве оказалось тесно связанным с влажностью почвы, что подтверждалось высокими коэффициентами корреляции между ними: $R = 0,84$ и $R = 0,91$ соответственно при $p \leq 0,05$.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Итак, в результате проведенных нами трехлетних исследований было установлено, что наибольшая урожайность картофеля сорта Гала при его возделывании на грядах была получена в вариантах с совместным внесением удобрений, что подтверждается литературными данными

Таблица 4
Окислительно-восстановительный коэффициент почвы, 2016–2018 гг.

Вариант \ Год	2016	2017	2018
1	1,19	1,21	1,17
2	0,90	0,99	1,13
3	0,95	0,86	1,24
4	0,77	0,87	1,15
5	0,66	0,84	1,36
6	0,88	0,81	1,24

Примечание: варианты опыта – см. табл. 2.

Table 4
Oxidative and reducing coefficient of soil, 2016–2018

Option \ Year	2016	2017	2018
1	1.19	1.21	1.17
2	0.90	0.99	1.13
3	0.95	0.86	1.24
4	0.77	0.87	1.15
5	0.66	0.84	1.36
6	0.88	0.81	1.24

Note: experience options – see table 2.

[8, с. 15], [9, с. 18], [10, с. 589], [11, с. 113], [12, с. 58], [13, с. 34]. Урожайность зависела от множества факторов, к которым можно отнести не только сбалансированное внесение элементов питания с учетом их содержания в почве, но и погодные условия, а также активность окислительно-восстановительных процессов, которые оказывают сильнейшее влияние на формирование почвенного профиля и таким образом определяют питательный режим почвы, который, в свою очередь, оказывает воздействие на рост и развитие растений.

Статистическая обработка позволила обнаружить достоверно высокие связи урожайности картофеля всех вариантов за три года проведенных опытов:

- 1) с влажностью почвы ($R = 0,87$ при $p \leq 0,05$);
- 2) с окислительно-восстановительным коэффициентом ($R = 0,96$ при $p \leq 0,05$);
- 3) с содержанием минерального азота в почве ($R = 0,88$, при $p \leq 0,05$).

Библиографический список

1. Митрофанов Ю. И., Анциферова О. Н., Лукьянов С. А. Обработка осушаемой почвы при грядовой технологии возделывания картофеля // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2016. С. 56–61.
2. Васьюк В. Т., Оболюк Н. В. Технология возделывания картофеля в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. СПб.: Профи-информ, 2004. 224 с.
3. Kareem I., Akinrinde E. A., Oladosu Y., Eifediyi E. K., Abdulmalik S. Y., Alasinrin S. Y. & Adekola O. F. (2020) Influence of organic, inorganic and organo-mineral fertilizers on yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas*) // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. No. 24 (1). Pp. 111–118. DOI: 10.4314/jasem.v24i1.16.
4. Митрофанов Ю. И., Артемьев А. Е., Лапушкина В. Н., Казьмин А. Е. Урожайность картофеля при ленточном внесении органических удобрений на грядах // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2017. С. 56–60.
5. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Урожайность картофеля как показатель эффективного плодородия при использовании нового биоудобрения БиГуЭм // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2016. С. 172–177.
6. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Скрининговые исследования по выбору лучшего варианта удобрения БиГуЭм и его апробация на картофеле // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2017. С. 78–82.
7. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В., Кузьмин Е. А. Апробация нового биоудобрения при возделывании картофеля сорта «Жуковский» // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2015. С. 61–66.
8. Pospíšil, A., Pospíšil, M. & Švencbir, M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljoprivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/poljo.23.1.2.

9. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize. *Annals of Agricultural Science // Moshtohor*. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
10. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM.2019*. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
11. Гасанова Р. Т. Влияние густоты посадки и удобрения на продуктивность клубней картофеля // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т. 5. № 10. С. 107–114.
12. Чеботарев Н. Т., Конкин П. И., Юдин А. А. Эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве севера // *Аграрная наука*. 2018. № 6. С. 56–59.
13. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Снижение проявления фитофтороза на посадках картофеля при совместном применении удобрений // *Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ*. Тверь, 2019. С. 31–35.
14. Khaziev F. K. Ecological relations of the enzymatic activity of soil // *Ecobiotech*. 2018. No. 1 (2). Pp. 80–92. DOI: 10.31163/2618-964x-2018-1-2-80-92.
15. Куликова А. Х., Антонова С. А., Козлов А. В. Ферментативная активность почвы в зависимости от системы удобрения // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал*. 2017. № 4 (40). С. 36–43. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-36-43.
16. Grozav A. Hydric soils in the south west Romania. Enzymatic activity // *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017*. Sofia, Bulgaria, 2017. Pp. 283–290. DOI: 10.5593/sgem2017/32/s13.037.
17. Bielińska E. J., Futa B., Ukalska-Jaruga A., Weber J., Chmielewski S., Wesołowska S. & Mielnik L. Mutual relations between PAHs derived from atmospheric deposition, enzymatic activity, and humic substances in soils of differently urbanized areas // *Journal of Soils and Sediments*. 2018. No. 18 (8). Pp. 2682–2691. DOI: 10.1007/s11368-018-1937-z.
18. Hossain M. Z., Karim M. R., Majumder B. R., Akter F. Microbial and enzymatic activity as influenced by existing cropping pattern in the soils of Ganges floodplain // *Plant Science Today*. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 309–314. DOI: 10.14719/pst.2019.6.3.545.
19. Гафурова Л. А., Саидова М. Е. Рассмотрено влияние почвенно-экологических факторов на изменение ферментативной активности засоленных почв южного Приаралья // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2019. № 3. С. 5–10. DOI: 10.17513/srbs.1153.
20. Liang G., Wu H., Houssou A. A., Cai D., Wu X., Gao L. & Li S. Soil respiration, glomalin content, and enzymatic activity response to straw application in a wheat-maize rotation system // *Journal of Soils and Sediments*. 2017. No. 18 (3). Pp. 697–707. DOI: 10.1007/s11368-017-1817-y.
21. Фирсов С. А., Терпугов И. И. Определение возможной урожайности сельскохозяйственных культур по результатам агрохимического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения: методические рекомендации. Тверь: Сахарово, 2009. 18 с.
22. Сортовые ресурсы картофеля для возделывания в регионах России – 2018: справочное издание М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2018. 172 с.
23. Гаспарян И. Н., Дыйканова М. Е. Как повысить урожай раннего картофеля // *Картофель и овощи*. 2018. № 2. С. 29–31.
24. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Артемьев А. Е., Первушина Н. К., Лапушкина В. Н. Влияние удобрений и осушения на эффективность выращивания картофеля // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2016. № 5. С. 30–34.
25. Молявко А. А., Марухленко А. В., Еренкова Л. А., Борисова Н. П. Резервы местных удобрений под картофель // *Плодородие*. 2017. № 2. С. 22–25.
26. Гунар Л. Э., Черенков А. А., Хлопков М. С. Сорты картофеля в условиях дефицита влаги // *Картофель и овощи*. 2014. № 4. С. 26–27.

Об авторах:

Галина Юрьевна Рабинович¹, доктор биологических наук, профессор, директор ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233; +7 (4822) 37-85-44, vniimz@list.ru
 Дарья Васильевна Тихомирова¹, научный сотрудник отдела биотехнологий ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0003-2866-176X, AuthorID 695049; +7 910 830-30-02, daresha79@mail.ru
 Валентина Николаевна Лапушкина¹, младший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-9531-1498, AuthorID 1074445; +7 952 068-80-74, 2016vniimz-noo@list.ru

¹ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Москва, Россия

Factors that ensured the formation of potato yields when cultivated on ridges

G. Yu. Rabinovich[✉], D. V. Tikhomirova¹, V. N. Lapushkina¹

¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

[✉]E-mail: vniimz@list.ru

Abstract. The purpose of a comprehensive study carried out at All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands in 2016–2018 was to assess meteorological, agro- and biochemical factors that could affect the formation of potato yields. **Research methodology and methods.** The methodological basis of the study was the experience operating in the system of crop rotation, in which potatoes were cultivated on ridges under various patterns of fertilizer application. The object of research was table potatoes – the mid-early variety Gala. Sod-podzolic light loamy gleyous soil was characterized by pH_{KCl} 4.2–5.3, high content of mobile phosphorus and potassium compounds, and also humus content 2.2–2.5 %. Organic potato fertilizer multi-purpose compost and mineral fertilizers (ammonium nitrate, double superphosphate and potassium chloride) were introduced under the potato either together or separately – with tape or scattered. As factors capable of influencing the formation of the crop yield during each of the growing seasons, we used the determination of nutrient content in the soil, moisture level, activity of enzymes of the oxidoreductase class – catalase and dehydrogenase. In parallel, meteorological observations were carried out. **Results.** The level of increase in potato yield in fertilized variants relative to the control variant (without fertilizers) for the three-year study period averaged 31 %. The highest yield was observed in the variants with the planned yield of 45 t/ha with the combined use of multi-purpose compost and mineral fertilizers regardless of the method of their application: scatter or ribbon in the ridge, respectively. The highest potato yields were obtained in 2017 favorable for agroclimatic conditions. Statistical processing revealed high levels of correlation of productivity with the content of mineral nitrogen in the soil, with its redox coefficient and moisture. **Scientific novelty.** Potato yield depends on meteorological, agro- and biochemical factors. To obtain high potato yields in the Non-Chernozem zone, the balanced introduction of nutrients taking into account their content in the soil, weather conditions, and the activity of redox processes is of decisive importance.

Keywords: crop, enzymatic activity, nutrients, potatoes, ridges.

For citation: Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V., Lapushkina V. N. Faktory, obespechivshie formirovanie urozhaynosti kartofelya pri vozdelevanii na gryadakh [Factors that ensured the formation of potato yields when cultivated on ridges] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22. (In Russian.)

Paper submitted: 30.04.2020.

References

1. Mitrofanov Yu. I., Antsiferova O. N., Luk'yanov S. A. Obrabotka osushayemoy pochvy pri gryadovoy tekhnologii vozdelevaniya kartofelya [Processing of drained soil with the ridge technology of potato cultivation] // Innovatsionnye agro- i biotekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2016. Pp. 56–61. (In Russian.)
2. Vas'ko V. T., Obolonik N. V. Tekhnologiya vozdelevaniya kartofelya v usloviyakh Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii [Potato cultivation technology in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation]. Saint Petersburg: Profi-inform, 2004. 224 p. (In Russian.)
3. Kareem I., Akinrinde E. A., Oladosu Y., Eifediyi E. K., Abdulmalik S. Y., Alasinrin S. Y. & Adekola O. F. (2020) Influence of organic, inorganic and organo-mineral fertilizers on yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas*) // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. No. 24 (1). Pp. 111–118. DOI: 10.4314/jasem.v24i1.16.
4. Mitrofanov Yu. I., Artem'yev A. E., Lapushkina V. N., Kaz'min A. E. Urozhaynost' kartofelya pri lentochnom vnesenii organicheskikh udobreniy na gryadakh [Potato productivity during the tape application of organic fertilizers on ridges] // Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2017. Pp. 56–60. (In Russian.)
5. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Urozhaynost' kartofelya kak pokazatel' effektivnogo plodorodiya pri ispol'zovanii novogo bioudobreniya BiGuEm [Potato productivity as an indicator of effective fertility when using the new biofertilizer BiGu-Em] // Innovatsionnye agro- i biotekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2016. Pp. 172–177. (In Russian.)

6. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Skringovyye issledovaniya po vyboru luchshego varianta udobreniya BiGuEm i yego aprobatsiya na kartofele [Screening studies on the selection of the best variant of BiGuEM fertilizer and its testing on potatoes] // Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2017. Pp. 78–82. (In Russian.)
7. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V., Kuz'min E. A. Aprobatsiya novogo bioudobreniya pri vozdeleyvaniy kartofelya sorta Zhukovskiy [Testing a new biofertilizer in the cultivation of potato varieties “Zhukovsky”] // Ispol'zovaniye meliorirovannykh zemel' – sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya meliorativnogo zemledeliya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2015. Pp. 61–66. (In Russian.)
8. Pospišil, A., Pospišil, M. & Švencbir, M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljoprivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/poljo.23.1.2.
9. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize. Annals of Agricultural Science // Moshtohor. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
10. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
11. Gasanova R. T. Vliyaniye gustoty posadki i udobreniya na produktivnost' klubney kartofelya [Influence of planting density and fertilizer on the productivity of potato tubers] // Byulleten' nauki i praktiki. 2019. T. 5. No. 10. Pp. 107–114. (In Russian.)
12. Chebotarev N. T., Konkin P. I., Yudin A. A. Effektivnost' kompleksnogo primeneniya organicheskikh i mineral'nykh udobreniy v kormovom sevooborote na dernovo-podzolistoy pochve severa [The effectiveness of the integrated use of organic and mineral fertilizers in fodder crop rotation on sod-podzolic soil of the north] // Agrarian science. 2018. № 6. Pp. 56–59. (In Russian.)
13. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Snizheniye proyavleniya fitoftoroza na posadkakh kartofelya pri sovместnom primeneni udobreniy [Reducing the manifestation of late blight on potato plantings with the combined use of fertilizers] // Vysokoproduktivnoye i ekologicheskoye chistoye agrokhozyaystvo na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2019. Pp. 31–35. (In Russian.)
14. Khaziev F. K. Ecological relations of the enzymatic activity of soil // Ecobiotech. 2018. No. 1 (2). Pp. 80–92. DOI: 10.31163/2618-964x-2018-1-2-80-92.
15. Kulikova A. Kh., Antonova S. A., Kozlov A. V. Fermentativnaya aktivnost' pochvy v zavisimosti ot sistemy udobreniya [Enzymatic activity of the soil depending on the fertilizer system] // The scientific-theoretical journal “Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy”. 2017. No. 4 (40). Pp. 36–43. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-36-43. (In Russian.)
16. Grozav A. Hydric soils in the south west Romania. Enzymatic activity // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017. Sofia, Bulgaria, 2017. Pp. 283–290. DOI: 10.5593/sgem2017/32/s13.037.
17. Bielińska E. J., Futa B., Ukalska-Jaruga A., Weber J., Chmielewski S., Wesołowska S. & Mielnik L. Mutual relations between PAHs derived from atmospheric deposition, enzymatic activity, and humic substances in soils of differently urbanized areas // Journal of Soils and Sediments. 2018. No. 18 (8). Pp. 2682–2691. DOI: 10.1007/s11368-018-1937-z.
18. Hossain M. Z., Karim M. R., Majumder B. R., Akter F. Microbial and enzymatic activity as influenced by existing cropping pattern in the soils of Ganges floodplain // Plant Science Today. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 309–314. DOI: 10.14719/pst.2019.6.3.545.
19. Gafurova L. A., Saidova M. E. Rassmotreno vliyaniye pochvenno-ekologicheskikh faktorov na izmeneniye fermentativnoy aktivnosti zasolennykh pochv yuzhnogo Priaral'ya [The influence of soil-ecological factors on the change in the enzymatic activity of saline soils in the southern Aral Sea region is considered] // Scientific Review. Biological science. 2019. No. 3. Pp. 5–10. DOI: 10.17513/srbs.1153. (In Russian.)
20. Liang G., Wu H., Houssou A. A., Cai D., Wu X., Gao L. & Li S. Soil respiration, glomalin content, and enzymatic activity response to straw application in a wheat-maize rotation system // Journal of Soils and Sediments. 2017. No. 18 (3). Pp. 697–707. DOI: 10.1007/s11368-017-1817-y.
21. Firsov S. A., Terpugov I. I. Opredeleniye vozmozhnoy urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po rezul'tatam agrokhimicheskogo obsledovaniya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: metodicheskiye rekomendatsii [Determination of possible crop yields based on the results of an agrochemical survey of agricultural soils: methodological recommendations]. Tver: Sakharovo, 2009. 18 p. (In Russian.)
22. Sortovyye resursy kartofelya dlya vozdeleyvaniya v regionakh Rossii: spravochnoye izdaniye [Varietal resources of potatoes for cultivation in the regions of Russia: reference publication]. Moscow: OOO “Redaktsiya zhurnala “Dostizheniya nauki i tekhniki APK”. 2018. 172 p. (In Russian.)
23. Gasparyan I. N., Dyykanova M. E. Kak povysit' urozhay rannego kartofelya [How to increase the yield of early potatoes] // Potatoes and vegetables. 2018. No. 2. Pp. 29–31. (In Russian.)
24. Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Artem'yev A. E., Pervushina N. K., Lapushkina V. N. Vliyaniye udobreniy i osusheniya na effektivnost' vyrashchivaniya kartofelya [Effect of fertilizers and drainage on potato cultivation efficiency] // Melioration and Water Management. 2016. No. 5. Pp. 30–34. (In Russian.)

25. Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Erenkova L. A., Borisova N. P. Rezervy mestnykh udobreniy pod kartofel' [Reserves of local fertilizers for potatoes] // Plodorodiye. 2017. No. 2. Pp. 22–25. (In Russian.)
26. Gunar L. E., Cherenkov A. A., Khlopyuk M. S. Sorta kartofelya v usloviyakh defitsita vlagi [Potato varieties in conditions of moisture deficiency] // Potatoes and vegetables. 2014. No. 4. Pp. 26–27. (In Russian.)

Authors' information:

Galina Yu. Rabinovich¹, doctor of biological sciences, professor, director of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233; +7 (4822) 37-85-44, vniimz@list.ru

Darya V. Tikhomirova¹, researcher of biotechnology department of of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0003-2866-176X, AuthorID 695049; +7 910 830-30-02, daresha79@mail.ru

Valentina N. Lapushkina¹, junior researcher of department of land reclamation agriculture of of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0002-9531-1498, AuthorID 1074445; +7 952 068-80-74, 2016vniimz-noo@list.ru

¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia